



DEBrief

- La adopción tecnológica definirá la competitividad minera de ALC:** El despliegue acelerado de tecnologías como IA, automatización, gemelos digitales y blockchain optimiza la extracción y el procesamiento de minerales, impulsando la productividad, la sostenibilidad y la transparencia. Los países que avancen más rápido capturarán mayor inversión y posicionamiento global.
- Impacto real en eficiencia y costos:** La digitalización puede mejorar la tasa de rendimiento de la mina del 10-20%, incrementar la productividad en las operaciones de perforación del 20 al 30% y reducir los costos generales en aproximadamente un 30%. Además, permite explotar depósitos que antes se consideraban inviables.
- Seguridad, sostenibilidad y gobernanza son prioritarias:** La automatización y monitoreo en tiempo real reducen riesgos laborales y ambientales, mientras que marcos sólidos de gobernanza digital son esenciales para gestionar riesgos éticos, operativos y de ciberseguridad.
- Colaboración y ecosistema local como motores:** Los startups, proveedores regionales y centros de investigación complementan la oferta global. Se requiere coordinación público-privada y financiamiento para escalar la adopción tecnológica.



Minería inteligente en América Latina y el Caribe: acelerar la inversión para la transformación del sector

1. INTRODUCCIÓN

En una publicación reciente de BID Invest¹, analizamos el papel estratégico del sector minero en la transformación energética y tecnológica de la región. América Latina y el Caribe concentran una parte significativa de las reservas globales de los recursos necesarios para la descarbonización y la innovación tecnológica, lo que convierte a la región en un actor estratégico en la carrera por los minerales críticos. Esta publicación amplía ese análisis, enfocándose en cómo la transformación digital y las tecnologías emergentes están redefiniendo la minería de minerales críticos, y por qué es urgente acelerar su adopción para maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales.

¿QUÉ SON LOS MINERALES CRÍTICOS? DEFINICIÓN Y CONTEXTO GLOBAL

En este documento, el término 'minerales críticos' se usa para incluir tanto minerales como metales que son esenciales para la transformación energética y tecnológica. Los minerales son materiales naturales que se extraen de la tierra. Algunos contienen elementos metálicos, como el cobre, el litio o la plata, que se obtienen mediante procesos de extracción y refinación para su uso en distintas industrias.

La transformación energética y el avance tecnológico mundial dependen cada vez más de minerales críticos. Estos minerales son esenciales para la fabricación de baterías, vehículos eléctricos, paneles solares y tecnologías digitales². Impulsada por estos sectores, se proyecta que la demanda de minerales críticos podría más que duplicarse para 2030 y cuaduplicarse para 2050³.

La definición de minerales críticos varía según el país y sus prioridades estratégicas. En términos generales, se refiere a aquellos recursos que son vitales para la economía o la seguridad nacional y cuya cadena de suministro presenta vulnerabilidades. Por ejemplo, en Estados Unidos, el Servicio Geológico (USGS) define como críticos aquellos minerales indispensables para la industria y la defensa, y cuya oferta puede verse comprometida. En 2025, el USGS incluye 60 minerales críticos⁴, entre ellos el cobre, el litio, la plata, el zinc, así como 15 tierras raras.

En América Latina y el Caribe, la definición de minerales críticos responde al contexto geológico y económico local. Se priorizan recursos como el cobre, litio, níquel y plata, no solo por su valor estratégico global, sino también por su potencial para generar encadenamientos productivos, valor agregado y desarrollo sostenible a nivel regional.

A medida que la demanda de minerales críticos crece, las nuevas tecnologías se vuelven clave para que los mineros enfrenten presiones crecientes: aumentar la producción, cumplir estándares más altos en sostenibilidad y seguridad, así como fortalecer el relacionamiento comunitario y desarrollo local. La adopción de tecnologías de la Industria 4.0 —incluida la inteligencia artificial (IA), la automatización, los sensores avanzados, la gobernanza digital y el análisis de datos, así como las nuevas tecnologías enfocadas en optimizar el procesamiento, como la biotecnología y el direct lithium extraction (DLE), ha ganado impulso durante los últimos años, transformando la manera en que se exploran, extraen, procesan y comercializan los minerales estratégicos. El avance de estas tecnologías ha acelerado la transformación operativa, reconfigurando funciones tradicionalmente manuales e incrementando la capacidad del sector para operar de manera remota, automatizada y más sostenible⁵.

¹ El sector minero como motor del progreso energético y tecnológico: Desafíos y factores habilitantes para la inversión privada y sostenibilidad. *Development Effectiveness and Strategy Briefs N°34 / abril 2025*.

² Idem.

³ WRI, 2025

⁴ USGS, 2025

⁵ Chatterjee et al., 2025.

El sector minero global ha sido históricamente más lento que otros sectores en adoptar innovaciones digitales —para 2021 era entre 30% y 40% menos maduro digitalmente que otras industrias⁶—. Sin embargo, en América Latina se observa un avance sostenido en los últimos años. Países como Chile, Perú, México, Argentina y Brasil lideran proyectos que incorporan tecnologías para mejorar la eficiencia, reducir los impactos ambientales y fortalecer la resiliencia operativa.

Si bien muchas innovaciones mineras se originan fuera de la región, América Latina se ha convertido en un espacio estratégico para probar tecnologías avanzadas y transferir conocimiento. En los últimos años, ha surgido un ecosistema dinámico de startups, proveedores locales y centros de investigación que impulsan el desarrollo de soluciones tecnológicas adaptadas a los desafíos regionales y complementan la oferta global. Con el tiempo, estos proveedores evolucionan, exportan y alcanzan estándares de clase mundial, y generan mayor valor agregado, al fortalecer los encadenamientos productivos y crear nuevas oportunidades económicas y sociales.

Para que América Latina fortalezca su posición como actor clave en la carrera por los minerales críticos, es fundamental acelerar la adopción de estas tecnologías avanzadas. Existen oportunidades para fortalecer la industria, tanto en el ámbito privado como en el público, abordando desafíos como la infraestructura insuficiente, las operaciones heredadas intensivas en capital, la resistencia institucional al cambio, las brechas en las habilidades digitales, los vacíos en la gobernanza de datos y las limitaciones en la conectividad. Superar estas barreras es esencial para que la región capture plenamente el valor económico, social y ambiental asociado a la minería del futuro.

2. ¿POR QUÉ ES TAN IMPORTANTE ACELERAR LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA MINERÍA?

La pronta incorporación de innovaciones como la IA, la automatización, los gemelos digitales y el blockchain no solo mejora el rendimiento económico y reduce impactos ambientales y sociales, sino que también refuerza la confianza de inversionistas, las comunidades y otros actores clave. Estas tecnologías permiten aumentar la productividad, reducir costos, anticipar riesgos operativos y ambientales, mejorar la trazabilidad y elevar los estándares de transparencia en un sector históricamente asociado a impactos.

La electrificación, automatización y digitalización están transformando la operación minera, al reemplazar equipos analógicos por sistemas autónomos integrados que minimizan emisiones y reducen la huella ambiental. Este cambio impulsa modelos más eficientes, predictivos y seguros y eleva la productividad, la seguridad y el desempeño ambiental. Los avances digitales permiten incrementar la tasa de rendimiento de una mina del 10 al 20%, mejorar la productividad de operaciones clave (como la perforación) entre un 20% y un 30%, y reducir los costos operativos generales en torno a un 30%. Además, habilitan el aprovechamiento de depósitos complejos o de baja ley que antes eran considerados económicamente inviables⁸, lo que amplía significativamente las posibilidades de desarrollo en la región.

La innovación tecnológica también desempeña un papel crítico en la seguridad laboral. La automatización, la operación remota y las herramientas autónomas permiten retirar a los trabajadores de zonas de alto riesgo, alineándose con las metas globales de cero fatalidades⁹. Paralelamente, drones, sensores y sistemas de visión artificial fortalecen el monitoreo estructural, la gestión de explosivos y la detección de contaminantes¹⁰ y generan información ambiental continua que permite una gestión más precisa de los indicadores críticos como el agua, el aire, las relaves y las emisiones¹¹. Esta capacidad de medición en tiempo real facilita una toma de decisiones más informada y reduce significativamente los riesgos operativos y ambientales.

En los últimos años, América Latina ha visto una expansión notable de startups y proveedores locales especializados en tecnologías mineras, así como el fortalecimiento de centros de investigación y pilotaje. Estos actores aportan flexibilidad, conocimiento local y capacidad de respuesta rápida a los retos operativos y ambientales, complementando la oferta de los proveedores internacionales. Su integración en la cadena de valor minera no solo fomenta la innovación y la eficiencia, sino que también contribuye al desarrollo regional, a la generación de empleo y a la diversificación productiva, lo que fortalece la sostenibilidad y la licencia social para operar. En Chile, existen más de 1.500 empresas proveedoras¹² que ofrecen soluciones innovadoras para la minería 4.0 y apoyo a emprendimientos tecnológicos¹³ para contribuir a una minería más sostenible.

Finalmente, para asegurar una adopción responsable y sostenible de estas tecnologías, es fundamental fortalecer los marcos de gobernanza corporativa. Esto permite definir políticas claras, anticipar y gestionar riesgos éticos y operativos, y garantizar la transparencia y la rendición de cuentas en toda la cadena de valor.



⁶ BCG, 2021.

⁷ *Idem*.

⁸ Cucuzza, J., 2021.

⁹ BHP, 2024.

¹⁰ MCH, 2022.

¹¹ Cacciuttolo et al., 2024.

¹² Olave, R., 2025.

3. ¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES TENDENCIAS TECNOLÓGICAS QUE ESTÁN TRANSFORMANDO LA MINERÍA EN ALC?

A continuación, se presentan seis categorías de tendencias tecnológicas—tanto digitales como físicas—que buscan optimizar el uso de los recursos y reducir el impacto ambiental en la minería. Cada sección incluye ejemplos concretos de cómo estas tecnologías se están incorporando en proyectos mineros de América Latina y el Caribe.

i) La inteligencia artificial (IA) y analítica avanzada

La IA y la digitalización permiten procesar grandes volúmenes de datos operativos, ambientales y laborales, que facilitan la toma de decisiones más informadas y ágiles. En Chile, BHP y Microsoft integraron IA y aprendizaje automático (machine learning) en la nube de Azure¹⁴ para optimizar la recuperación de cobre en la mina Escondida. Con esto, han logrado reducir el consumo de agua y energía y mejorar la eficiencia operativa. En México, la empresa XControl Technologies ha implementado soluciones basadas en inteligencia artificial generativa (genAI) para el control de explosivos en minas¹⁵ subterráneas, la seguridad operativa y el cumplimiento normativo.

ii) Automatización y robótica

La automatización y la robótica ya son una realidad en la minería regional. Las flotas autónomas, los drones y los sistemas de teleoperación están reduciendo la exposición de trabajadores a zonas de riesgo y mejorando la productividad. Vale, en Brasil, opera más de 90 camiones autónomos¹⁶ y ha automatizado más de 350 procesos, consolidando así su posición como líder en innovación minera en la región. En Chile, la mina Spence utiliza drones autónomos¹⁷ para inspección de correas, reduciendo en un 90% el tiempo de inspección y eliminando la exposición de trabajadores a áreas peligrosas. Asimismo, Scania¹⁸ inició un piloto de camiones eléctricos y autónomos para transporte de material, orientado a reducir emisiones y costos operativos. En Colombia, Cerro Matoso ha implementado la teleoperación de bulldozers¹⁹, lo que ha aumentado la productividad y reducido riesgos laborales.

iii) Gemelos digitales

Los gemelos digitales permiten crear representaciones virtuales de los sistemas eléctricos de una mina, facilitando la simulación y la predicción para anticipar posibles fallas. Su uso contribuye a disminuir costos operativos y tiempos de inactividad, al mismo tiempo que refuerza la resiliencia de las operaciones²⁰. En Perú, Anglo American utiliza gemelos digitales²¹ en Quellaveco para simular escenarios de producción, anticipar riesgos y coordinar mantenimiento predictivo, lo que ha reducido paradas no programadas y mejorado la seguridad.

También en Perú, Ferreyros ha desarrollado un gemelo digital²² diseñado para optimizar el transporte de flotas de camiones en operaciones mineras que permiten simulaciones para incrementar la eficiencia. Ahoran combustible y disminuyen costos, lo que reduce su impacto ambiental.

En Chile, se han incorporado gemelos digitales en la mina Escondida²³, para mejorar la gestión de sus operaciones, optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental.

iv) Sensores, redes, internet de las cosas (IoT)

El uso de sensores, redes, y el IoT permite el monitoreo en tiempo real y mejora la eficiencia y seguridad. En México, la mina Peñasquito, una de las principales productoras de plata en el país—mineral valioso para la energía solar, la electrónica y los vehículos eléctricos—, ha renovado su Centro de Control, integrando Wi-Fi y GPS para coordinar en tiempo real su flota²⁴ minera, reducir el uso de combustible, disminuir las emisiones y optimizar los ciclos de carga. La digitalización también avanza rápidamente en México, Perú y Chile mediante el despliegue de redes privadas 4G/5G para operaciones mineras. En México, las empresas Ericsson y Epiroc²⁵ implementaron una red celular privada que permite operar equipos autónomos, realizar el monitoreo de seguridad en tiempo real y mejorar la trazabilidad de datos. En Perú y Chile, Ericsson²⁶ desarrolla redes 5G para impulsar la automatización, el análisis de datos y el IoT. Conecta las minas con los centros de control remoto y optimiza la eficiencia energética y operativa.

El caso de Goldcorp en Quebec, Canadá²⁷, productor de oro (actualmente propiedad de Newmont Goldcorp), ilustra cómo la digitalización y el uso de sensores de ventilación inteligente han transformado la minería subterránea. Mediante sistemas de *ventilation-on-demand*, capaces de detectar en tiempo real las necesidades de ventilación en distintas zonas de la mina, se ha logrado reducir el consumo de energía eléctrica y mejorar las condiciones de seguridad, al garantizar aire limpio en zonas críticas. Este tipo de tecnología podría replicarse en minas subterráneas de cobre en América Latina, donde la seguridad y eficiencia son prioritarias.

v) Blockchain y trazabilidad digital

La gobernanza digital está emergiendo como una nueva frontera de valor en la minería de minerales críticos. Soluciones como el *blockchain* y las plataformas digitales de cumplimiento están fortaleciendo la trazabilidad y la transparencia comercial²⁸, el cumplimiento normativo y la licencia social para operar. Estas plataformas ayudan a las empresas mineras a cumplir con regulaciones ambientales, sociales y operativas, mediante la automatización de reportes, auditorías y trazabilidad de datos. En Chile, la estatal Codelco utiliza la plataforma Waybridge para digitalizar y trazar cada transacción de cobre, lo que mejora la transparencia comercial. En Colombia, la plataforma estatal Zeta²⁹ digitaliza el envío y evaluación de documentos técnicos mineros, lo que mejora la eficiencia regulatoria y asegura una mayor trazabilidad en los procesos de supervisión.

Más allá de las herramientas tecnológicas, la gobernanza digital implica no solo el uso de sistemas avanzados, sino también el establecimiento de estructuras claras para la toma de decisiones y la asignación de responsabilidades y mecanismos efectivos de rendición de cuentas. El objetivo no es solo contar con marcos de gobernanza sólidos, sino también con sistemas adaptativos capaces de responder con agilidad a nuevas realidades y formas de ejercer la actividad minera. Esto incluye el fomento de procesos de toma de decisiones más dinámicos, basados en principios de transparencia, responsabilidad y rendición de cuentas. Así como las tecnologías digitales y la IA están transformando la operación minera, también requieren actualizar las prácticas de gobernanza para abordar de manera efectiva los desafíos éticos, operativos y de generación de valor que estas herramientas traen consigo.



¹³ Revista Nueva Minería y Energía, 2025.

¹⁴ BHP, 2023.

¹⁵ BNamericas, 2025a.

¹⁶ Ibid.

¹⁷ BHP, 2022.

¹⁸ BNamericas, 2025b.

¹⁹ El Universal, 2024.

²⁰ América Minera, 2024.

²¹ Anglo American, 2025.

²² Ferreyros, 2025.

²³ Tecnología Minera, 2025.

²⁴ Rumbo Minero Internacional, 2025.

²⁵ Ericsson, 2025.

²⁶ Idem.

²⁷ BID, 2022.

²⁸ Guía Chile Energía, 2019.

²⁹ Agencia Nacional de Minería Colombia, 2025.

³⁰ Bunel, E. E. CEPAL, 2025.

³¹ Jovine, R. F., & Paz, M. J., 2025.

³² Bunel, E. E., CEPAL, 2024.

³³ Mining.com, 2024.

³⁴ Bunel, E. E., CEPAL, 2025.

vi) Innovaciones en procesos

Las innovaciones tecnológicas en los sistemas de extracción, energía y agua —incluidas la extracción directa de litio (DLE), la desalinización, la electrificación de flotas, la biotecnología y la economía circular— están reduciendo el impacto ambiental y generando valor compartido en la minería. La innovación en procesos de extracción³⁰ es fundamental para reducir el impacto ambiental.

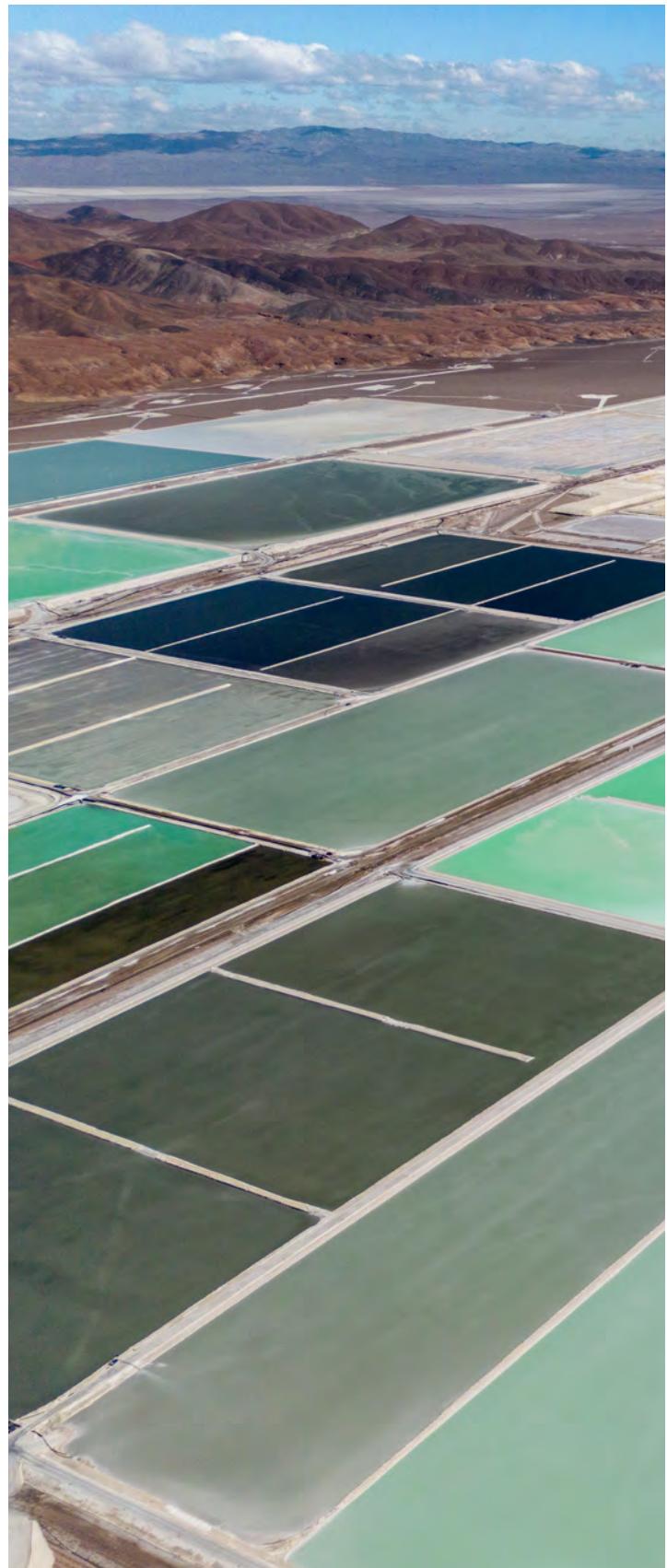
Uno de los avances más relevantes en América Latina es la adopción creciente de la extracción directa de litio (DLE)³¹, una tecnología que permite recuperar el litio de las salmueras con menor consumo de agua, mayor velocidad de procesamiento y sin generación de residuos sólidos. Argentina lidera con proyectos como Pozuelos-Pastos Grandes, Sal de Oro, Rincón y el histórico Proyecto Fénix en el Salar del Hombre Muerto, donde empresas como FMC, Livent, Arcadium y ahora Río Tinto han aplicado DLE desde los años noventa, cuando la tecnología presentaba limitaciones en eficiencia y pureza. Hoy, las versiones más avanzadas³² incorporan adsorción selectiva, intercambio iónico y membranas, lo que permite lograr recuperaciones superiores al 90%, menor huella hídrica y tiempos de procesamiento que se reducen de meses a días. También destaca la planta piloto de Lilac Solutions en Jujuy. En Chile, la estatal ENAMI ha iniciado pruebas con salmueras altoandinas en colaboración con empresas internacionales para evaluar tecnologías DLE como adsorción, intercambio iónico y electrodiálisis. En Bolivia, el consorcio CATL–Brupn está desarrollando métodos electroquímicos avanzados³³ para la extracción de litio a partir de salmueras naturales y geotérmicas. A pesar de su potencial, DLE enfrenta desafíos técnicos³⁴ (como la selectividad de materiales), energéticos (consumo eléctrico) y ambientales³⁵ (gestión de residuos líquidos), que requieren evaluación rigurosa para garantizar su escalabilidad y sostenibilidad.

La desalinización de agua de mar y la electrificación de flotas en el sector del cobre también destacan por su contribución a la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental. En Chile, Quebrada Blanca Fase 2 (Teck Resources) cuenta con una planta desalinizadora a gran escala y utiliza agua desalinizada en el 100% de sus procesos productivos, mientras que avanza hacia el uso de energía 100% renovable, evitando cerca de 1,6 millones de toneladas de CO₂ por año. Además, Teck ha implementado un Centro Integrado de Operaciones (IOC) con control en tiempo real de toda la cadena mina-puerto, apoyado en muros de video 360°, conectividad inalámbrica y toma de decisiones centralizada, lo que optimiza la logística, reduce los tiempos de transporte y mejora la eficiencia energética. Otro ejemplo es la alianza entre ABB y Codelco, que busca descarbonizar las operaciones mediante vehículos eléctricos y sistemas digitales³⁶ de control. Estas iniciativas optimizan el uso de recursos y responden a exigencias ESG, al reducir emisiones y mejorar el desempeño ambiental.

En los salares andinos, un proyecto regional apoyado por la Unión Europea y liderado por instituciones científicas de Chile, Argentina y Uruguay³⁷. Se utilizan imágenes satelitales, sensores remotos e IA para monitorear el impacto de la extracción de litio en acuíferos, ecosistemas y comunidades locales. Estas iniciativas fortalecen la gobernanza ambiental y promueven una gestión más transparente y sostenible, y exigen reglas claras para el uso de datos y algoritmos en toda la cadena de valor.

La economía circular está generando valor compartido y reduciendo pasivos ambientales. En Brasil, Vale ha desarrollado la empresa Agera para transformar relaves de hierro en arena sustentable³⁸, generando subproductos útiles para la construcción. Este tipo de innovación es replicable en la minería de minerales críticos y demuestra cómo los residuos pueden convertirse en oportunidades de valor.

La biotecnología también está avanzando en la restauración de ecosistemas afectados por la minería. Foreslab³⁹, empresa peruana, utiliza técnicas de bioingeniería vegetal —como inmersión temporal, organogénesis y embriogénesis— para producir especies nativas destinadas a la rehabilitación de áreas degradadas. Estas soluciones contribuyen a la recuperación de suelos y biodiversidad, integrándose en la planificación de cierre de minas y fortaleciendo la sostenibilidad del sector.



³⁵ Jiménez, D., & Saenz, M. 2022.

³⁶ Mining Digital. 2024.

³⁷ AGCID Chile. 2024.

³⁸ Vale. 2023.

³⁹ Foreslab. 2025.

Casos destacados de innovación tecnológica en minerales críticos en América Latina y el Caribe.

Categoría de Tecnología/Innovación (Definición)	Ejemplos de Tecnología e implementación	Países	Minerales/Metales Asociados	Funciones y Propósitos clave
 IA y analítica avanzada (Técnicas para procesar grandes conjuntos de datos utilizando algoritmos, modelos estadísticos y aprendizaje automático)	<ul style="list-style-type: none"> Plataformas de optimización de procesos Aprendizaje automático para modelado de recursos Herramientas predictivas para exploración 	Chile, Colombia, Perú	Cobre, litio y otros	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la seguridad de los trabajadores Apoyar la toma de decisiones Optimizar procesos mineros
 Automatización y robótica (Sistemas autónomos y controlados remotamente)	<ul style="list-style-type: none"> Camiones y perforadoras autónomas Equipos y drones controlados remotamente Sistemas robóticos para muestreo 	Chile, México, Perú	Cobre, otros	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la seguridad en operativa al minimizar la exposición humana en zonas de alto riesgo Incrementar la eficiencia y productividad
 Gemelos digitales (Réplicas digitales de activos y procesos físicos)	<ul style="list-style-type: none"> Modelos virtuales de operaciones mineras Monitoreo remoto integrado 	Chile, Perú	Cobre	<ul style="list-style-type: none"> Simular procesos mineros - Optimizar operaciones y mantenimiento Coordinar y monitorizar activos remotamente
 Blockchain y trazabilidad digital (Tecnología de registro distribuido para transacciones seguras y transparentes)	<ul style="list-style-type: none"> Plataformas digitales para la cadena de suministro Sistemas de trazabilidad de minerales 	Chile	Cobre	<ul style="list-style-type: none"> Permitir la trazabilidad de los minerales y las transacciones Garantizar cadenas de suministro seguras y transparentes Digitalizar y automatizar los procesos de cumplimiento
 Sensores, redes, IoT (Sensores conectados y redes)	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivos portátiles inteligentes para salud y seguridad Drones de inspección de cinta transportadora Sistemas centralizados de control de acceso 	Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Jamaica, México, Perú	Cobre, Litio, Zinc, y otros	<ul style="list-style-type: none"> Monitorizar equipos y operaciones en tiempo real y recoger datos Controlar el acceso y garantizar la seguridad Detectar actividades no autorizadas y anomalías operativas
 Innovaciones en procesos (Mejoras tecnológicas en los sistemas de extracción, energía y agua)	<ul style="list-style-type: none"> Control automatizado de procesos Monitorización en tiempo real de la planta Extracción directa de litio 	Argentina, Bolivia, Chile, Perú	Cobre, litio y plata y otros	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar la sostenibilidad y la eficiencia Suministrar energía y agua limpias Mejorar la extracción y la recuperación de recursos

Nota: Este cuadro resume el análisis de proyectos mineros en los países productores de minerales críticos en la región, donde se identificaron decenas de instancias puntuales de innovación tecnológica con múltiples propósitos

4. ¿EN QUÉ ÁREAS ESTÁN GENERANDO MAYOR IMPACTO LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA MINERÍA?

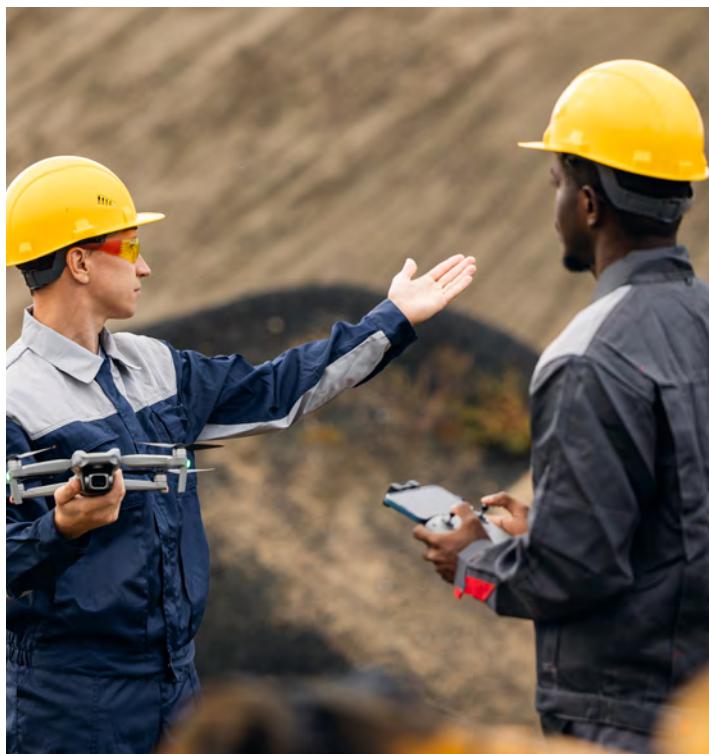
El análisis de una muestra de proyectos mineros de minerales críticos revisados en los principales países productores de la región⁴⁰ permitió identificar las tendencias en la adopción tecnológica y su impacto en la industria. Los resultados indican que la mayoría de las iniciativas tecnológicas se orientan a mejorar la eficiencia operacional (40%), seguidas por aquellas dirigidas al desempeño ambiental (36%) y a la seguridad física (18%). En comparación, solo una pequeña proporción de las soluciones identificadas está asociada explícitamente con mejoras en gobernanza (6%).

Esta distribución indica que la adopción tecnológica en la minería de minerales críticos en ALC se ha orientado principalmente a mejorar la productividad y reducción de costos, complementada por esfuerzos crecientes en gestión ambiental y seguridad de los trabajadores. No obstante, la limitada presencia de iniciativas vinculadas a gobernanza y trazabilidad revela una oportunidad estratégica para impulsar soluciones digitales que promuevan la transparencia, aseguren la integridad de los datos y fortalezcan la rendición de cuentas a lo largo de la cadena de valor.

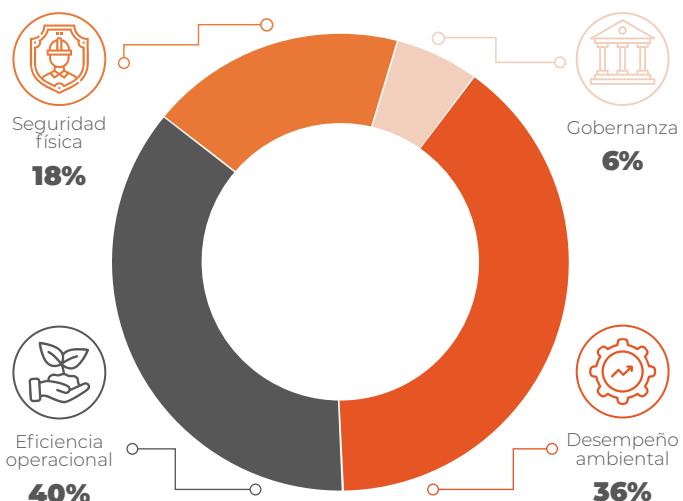
5. ¿QUÉ SE NECESA PARA UNA ADOPCIÓN TECNOLÓGICA SEGURA, INCLUSIVA Y A GRAN ESCALA EN LA MINERÍA?

Las innovaciones digitales y físicas están creando nuevas oportunidades de negocio y de generación de valor al habilitar modelos operativos más eficientes, sostenibles y conectados. Estas tecnologías no solo optimizan procesos existentes, sino que transforman la manera en que se toman decisiones, se gestiona el riesgo y se crean encadenamientos productivos dentro y fuera del sector.

A pesar de los avances, la adopción de tecnologías emergentes es heterogénea en la región. Mientras algunos países muestran liderazgo y madurez tecnológica, otros enfrentan rezagos por brechas de conectividad, financiamiento, regulación e institucionalidad, así como falta de habilidades técnicas especializadas. Esta disparidad limita la capacidad de la región para capturar plenamente el valor económico y ambiental que ofrecen estas innovaciones.



Iniciativas tecnológicas en proyectos mineros de minerales críticos: distribución por países y categorías



El sector privado desempeña un papel central en impulsar estas tecnologías. Sin embargo, para lograr impactos a escala, se requiere una colaboración más estrecha entre empresas, Gobiernos, proveedores de tecnología, instituciones académicas y financieras. La coordinación intersectorial es clave para reducir barreras de entrada, compartir riesgos y acelerar la transferencia tecnológica. En este contexto, los bancos de desarrollo —como el Grupo BID— pueden contribuir como catalizadores, ofreciendo financiamiento, asistencia técnica y marcos de referencia para la adopción responsable de innovaciones.

Gobernanza y gestión de riesgos digitales

Para que los beneficios de la transformación digital se materialicen plenamente, es indispensable fortalecer los marcos de gobernanza corporativa y sectorial. La digitalización acelera procesos y amplía capacidades, pero también introduce nuevos riesgos éticos, operativos y de ciberseguridad que deben gestionarse desde el inicio.

Un proceso de innovación acelerada requiere estructuras claras de toma de decisiones, una asignación explícita de responsabilidades y mecanismos sólidos para anticipar y mitigar riesgos. Esto incluye criterios robustos para el uso responsable de datos y algoritmos, protocolos de privacidad y ciberseguridad, y sistemas de monitoreo que aseguren la transparencia en toda la cadena de valor. Sin estos pilares, la adopción tecnológica puede generar asimetrías de información, vulnerabilidades digitales o impactos no previstos en trabajadores, comunidades y ecosistemas.

La gobernanza debe funcionar como habilitadora y guardiana de la innovación responsable. No basta con contar con infraestructura y talento especializado: es necesario construir una arquitectura organizacional que articule la estrategia digital, la gestión de riesgos y la supervisión continua. Este enfoque integrado permite escalar tecnologías de manera segura y confiable, y así aumentar la legitimidad social de las operaciones mineras y fortalecer la confianza entre empresas, comunidades y reguladores.

⁴⁰ Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México, Perú.



6. CONCLUSIÓN

La demanda global de minerales críticos seguirá creciendo, y la transformación digital y sostenible de la minería representa una oportunidad única para América Latina y el Caribe. Su adopción permite mejorar la productividad, elevar sus estándares ambientales y posicionarse como referente global en minería responsable. Sin embargo, el tiempo apremia: la velocidad de adopción tecnológica será determinante para captar inversiones, reducir impactos negativos y fortalecer la confianza social.

Aprovechar esta oportunidad requiere acelerar la inversión, consolidar la colaboración público-privada, fortalecer las capacidades técnicas y definir roles de supervisión claros. En este proceso, resulta fundamental potenciar el ecosistema de innovación regional, al integrar activamente a startups, proveedores locales y centros de investigación. Estos actores aportan soluciones tecnológicas adaptadas a los desafíos de la región, promueven el desarrollo económico y social y contribuyen a la diversificación productiva y la sostenibilidad. Actuar con rapidez y responsabilidad, aprovechando el talento y la creatividad locales, será esencial para que América Latina y el Caribe escalen estas innovaciones y se conviertan en un referente global en minería responsable.



Información Adicional

Autores: Adriana M. Valencia J., Fabián Montemiranda, Karina Fernandez-Stark, Penny Bamber, y Osmel E. Manzano

Agradecimientos: Agradecemos a Marta Gutierrez F., Andrés Afanador, Bruno Sbardellini C., Juan Flores, Rodrigo Navas, y Usdin L. Martinez O. por sus valiosas revisiones y aportes, así como a Norah Sullivan y Wendy Barnet por su apoyo en la edición del documento.

Para más información, contactar con: adrianava@iadb.org

La publicación analiza cómo la transformación digital está redefiniendo la minería de minerales críticos en América Latina y el Caribe. Presenta seis tendencias clave: IA y analítica avanzada, automatización y robótica, gemelos digitales, blockchain y trazabilidad, sensores y redes IoT, e innovaciones en procesos. Estas tecnologías son esenciales para aumentar la eficiencia, reducir impactos ambientales y fortalecer la competitividad regional en la carrera por los minerales críticos.

Fotografías: Shutterstock

Diseño: Greta Design

Las ideas expresadas aquí pertenecen a los autores y no refleja necesariamente las opiniones del Grupo BID, de sus respectivos directorios o de los países que representan.

Los proyectos y empresas mencionados en esta publicación no son patrocinados por BID Invest ni existe relación contractual ni proyectos en curso con ellos. Los ejemplos se presentan únicamente con fines ilustrativos y no implican aprobación, patrocinio, participación en procesos ni financiamiento por parte de BID Invest. La información contenida ha sido recopilada a partir de fuentes disponibles públicamente. Conforme a la Política de Acceso a la Información, BID Invest mantiene la confidencialidad de los datos sensibles y no asume responsabilidad por la exactitud de la información proveniente de terceros.