

TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA MINERÍA EN CHILE

1. Introducción

La minería en todo el mundo está cambiando aceleradamente y la brecha entre la innovación tecnológica y la preparación de los equipos de trabajo se hace cada vez más evidente. La industria minera chilena, motor clave de la economía nacional, no se encuentra ajena a este cambio. Por este motivo, se encuentra en un proceso de modernización mediante la adopción de tecnologías digitales.

Incorporar tecnologías digitales en la minería tradicional implica la integración de herramientas como inteligencia artificial (IA), drones, sensores, modelado 3D, automatización de faenas, *big data*, *blockchain*, internet de las cosas (IoT) y gemelos digitales en los procesos productivos, con el fin de mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad. **Ejemplos sobre la aplicación de estas tecnologías son los siguientes:**

- **Inteligencia Artificial (IA)** para predecir y optimizar el rendimiento de las operaciones y los equipos.
- **Drones y modelado 3D** para mapear terrenos, recopilar datos precisos y modelar áreas subterráneas de forma segura.
- **Internet de las Cosas (IoT)**, mediante sensores instalados en equipos, permite registrar y compartir datos sobre el rendimiento de la operación.

Toda esta tecnología permite a las empresas mineras ser más eficientes, tomar mejores decisiones, reducir costes y mejorar la seguridad de los trabajadores al automatizar tareas y anticipar problemas antes de que ocurran.

Un estudio reciente de MDPI sobre la adopción de tecnologías 4.0 en la minería chilena destaca que las grandes empresas han avanzado más rápidamente que la mediana y pequeña minería, donde persisten importantes barreras de inversión y formación. Según la SONAMI, un 60% de los pequeños y medianos operadores aún no maneja tecnologías digitales, lo que convierte a la minería digital en un desafío de inclusión tecnológica y capital humano.

TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA MINERÍA EN CHILE

2. Marco jurídico aplicable en Chile

Este proceso de transformación debe enmarcarse en el cumplimiento de normativas laborales, ambientales, de ciberseguridad, de datos personales y de seguridad minera, ya vigentes en Chile.

a) Seguridad y Salud en el Trabajo:

- Código del Trabajo y su reglamentación en seguridad laboral.
- Ley N°16.744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, que obliga a los empleadores a garantizar la seguridad de los trabajadores.
- Reglamento de Seguridad Minera (DS N°132/2002, Ministerio de Minería), aplicable también al uso de maquinaria autónoma y sistemas automatizados.

El Roadmap Digitalización Minería 4.0 (Consejo Minero, Fundación Chile, Alta Ley, Corfo) recomienda actualizar las normativas de seguridad para incluir protocolos sobre la operación de camiones autónomos, perforadoras inteligentes y sistemas robotizados.

b) Regulación Ambiental:

- Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).
- Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

Las tecnologías pueden integrarse para sensores y monitoreos en tiempo real para control de emisiones y descargas, así como para la mitigación de impactos ambientales.

El informe de COCHILCO (Gestión 2024) señala que el uso de sensores e IA para control ambiental se perfila como un estándar obligatorio en futuras modificaciones del SEIA, reforzando la trazabilidad ambiental de la producción.

TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA MINERÍA EN CHILE

c) Protección de datos y ciberseguridad:

- **Ley N°19.628 sobre Protección de la Vida Privada**, aplicable a geolocalización, biometría y control digital de trabajadores.
- **Ley N°21.459 sobre Delitos Informáticos (2022)**, que sanciona ataques cibernéticos y protege infraestructuras críticas.
- **Política Nacional de Ciberseguridad** (2017, actualizada 2023), que incluye la minería como sector estratégico.

El estudio MDPI 2025 sobre madurez digital en el clúster minero chileno advierte que la ciberseguridad constituye una de las principales limitaciones estructurales —un verdadero cuello de botella— para alcanzar la plena digitalización de la industria.

d) Responsabilidad empresarial y Compliance:

- **Ley N°20.393 sobre responsabilidad penal de las personas jurídicas**, que exige modelos de prevención de delitos (compliance), hoy aplicables a riesgos de ciberataques y fallos de IA.
- **Ley de compras públicas y trazabilidad minera**: el *blockchain* podría consolidarse como mecanismo de certificación de origen y sostenibilidad de los minerales.

El informe de CESCO (Minería Emergente, 2024) plantea que la trazabilidad digital será un requisito clave para que la mediana minería pueda insertarse en cadenas de valor internacionales cada vez más exigentes en transparencia.

TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA MINERÍA EN CHILE

3. Desafíos Identificados

Los distintos informes revisados coinciden en lo siguiente:

- a) Vacíos normativos en materia de IA, robótica y vehículos autónomos en faenas mineras.
- b) Brechas de formación en capital humano: el 60% de los profesionales en mediana y pequeña minería aún no maneja estas tecnologías.
- c) Ciberseguridad insuficiente para proteger la minería digitalizada.
- d) Desigualdades en la adopción tecnológica entre grandes empresas y PYMEs.

4. Recomendaciones

a) Recomendaciones normativas y regulatorias:

- Actualizar el Reglamento de Seguridad Minera (DS N°132/2002): Incorporar protocolos específicos sobre uso de vehículos autónomos, IA en control de faenas y robots en ambientes de riesgo.
- Integrar tecnologías digitales al SEIA: Establecer la obligatoriedad del monitoreo en tiempo real de emisiones y descargas mediante sensores certificados, con trazabilidad digital de los reportes ambientales.
- Fortalecer la Ley N°19.628 sobre Protección de la Vida Privada ampliando expresamente su alcance a datos generados por IoT y biometría laboral.
- Avanzar en una Ley de Minería Digital, inspirada en el Roadmap Minería 4.0, que articule estándares de ciberseguridad, interoperabilidad de sistemas, certificación de origen (blockchain) y resguardo de datos personales.

b) Recomendaciones empresariales (compliance y gestión interna):

- Modelos de prevención de delitos adaptados (Ley N°20.393), incluyendo riesgos asociados a fallos de IA, ciberataques y manipulación de datos.
- Contratos con proveedores tecnológicos con cláusulas claras sobre propiedad de los datos, responsabilidad en caso de incidentes y obligación de certificaciones en ciberseguridad.

TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA MINERÍA EN CHILE

- Planes de ciberseguridad certificados y alineados con la Política Nacional de Ciberseguridad y auditados por la Agencia Nacional de Ciberseguridad.
- Protocolos de higiene y seguridad interna, con capítulos sobre interacción con sistemas autónomos, drones y sensores, incluyendo simulacros de fallos tecnológicos.

c) Recomendaciones de política pública:

- Incentivos tributarios y de financiamiento dirigidos a la mediana y pequeña minería para reducir la brecha digital (SONAMI, 2022; CESCO, 2024).
- Programas de capacitación nacional enfocados en capital humano minero en IA, robótica, big data y ciberseguridad, en alianza con universidades y centros tecnológicos.
- Estándares de trazabilidad y sostenibilidad: Exigir el uso de blockchain u otras tecnologías en certificaciones de minerales destinados a exportación.
- Espacios de innovación regulatoria: Permitir que empresas mineras piloto prueben tecnologías digitales bajo supervisión flexible de la SMA, Sernageomin y el Ministerio de Minería.

d) Recomendaciones estratégicas para el sector:

- Gobernanza de datos: Promover un marco claro sobre propiedad, intercambio y uso de datos generados en faenas mineras digitalizadas.
- Cooperación internacional: Aprovechar la experiencia de países líderes en minería digital (Australia, Canadá, Suecia) para armonizar normativas y estándares de seguridad.
- Alianzas público-privadas: Fomentar hubs de innovación minera (como el Roadmap Minería 4.0) para acelerar la adopción de IA y tecnologías emergentes.
- Comunicación transparente: Generar confianza social publicando informes de sostenibilidad digital con datos validados sobre seguridad, emisiones y productividad.

TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA MINERÍA EN CHILE

5. Conclusión

La transformación digital en la minería chilena abre enormes oportunidades para consolidar al país como referente mundial en eficiencia, seguridad y sostenibilidad. Sin embargo, este proceso solo será exitoso si se acompaña de:

- Un marco regulatorio moderno y anticipatorio, que aborde vacíos en IA, robótica y ciberseguridad.
- Modelos empresariales de compliance adaptados, que prevengan riesgos legales y tecnológicos.
- Políticas públicas de apoyo a la mediana y pequeña minería, reduciendo la brecha digital sectorial.
- Una visión estratégica compartida, que articule innovación, formación de capital humano y colaboración público-privada.
- La anticipación jurídica, acompañada de un fuerte compromiso formativo y tecnológico, serán clave para que nuestro país lidere la minería global en la era digital.



MYRIAM BAHER
Abogada
Claussen & Velasco
mbaher@claussenvelasco.cl