BRÚJULA SESIÓN 04

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 7ª EDICIÓN



Invertir más no cierra la brecha: por qué unas industrias capturan más valor de sus activos que otras

Emilio G. Sarno S.

Director Gestión de Activos – Outliers Mining Solutions

1

La pregunta que queremos responder

¿Por qué la minería está rezagada en la gestión de activos frente a industrias como petróleo y gas, energía eléctrica, infraestructura o gestión del agua, aun invirtiendo montos relativamente comparables o incluso mayores?

PROCESOS
Cómo, dónde y en qué invertir

ACTIVOS
Tipo y criticidad

PERSONAS
Asignación del talento experto y experiencia de las personas

TECNOLOGÍA
Potenciar a las personas, los procesos y los activos

El porqué de la pregunta

Más de 35 años en industrias intensivas en activos

Distribución del esfuerzo profesional por industria

75% entre dos de las industrias que compara esta sesión

Minería
40%
ÚLTIMOS 17 AÑOS

Petróleo y gas
35%

Otros sectores intensivos en activos

Energía eléctrica	10%
Infraestructura	5%
Gestión del agua	5%
Otros	5%

3

La definición de VALOR depende de cada industria

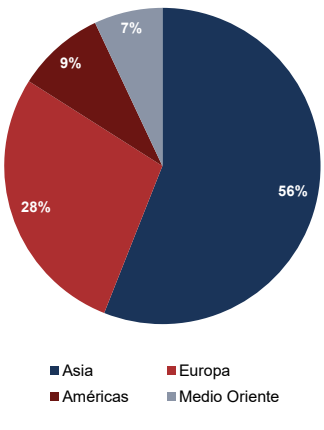
Industria	Quién define principalmente el valor	Cómo se define el VALOR	Indicadores típicos	Horizonte de tiempo
Petróleo y gas	Accionistas y reguladores de seguridad	**Eficiencia productiva** dentro de una envolvente de integridad de activos	Eficiencia productiva o tiempo en servicio, costo de extracción por barril equivalente, eventos de seguridad de procesos, integridad de equipos críticos para la seguridad	Vida del yacimiento; regulación de riesgos mayores durante todo el ciclo 25–75 años
Energía eléctrica	Reguladores, clientes y accionistas	**Suministro confiable y seguro** a un costo regulado o competitivo	Generación: disponibilidad, tasa de salidas forzadas, consumo específico, costo por MWh. Redes: índices de frecuencia y duración de interrupciones.	30–60 años
Infraestructura (transporte, instalaciones públicas)	Gobiernos, usuarios y ciudadanía	**Niveles de servicio exigidos y beneficio** público al menor costo de ciclo de vida	Índices de condición (puentes, pavimentos, instalaciones), disponibilidad de la red, seguridad, backlog de mantenimiento	50–100 años
Gestión del agua	Reguladores económicos y ambientales, clientes, autoridades sanitarias	**Servicio seguro, continuo y asequible**, con cumplimiento ambiental	Cumplimiento de calidad del agua, cortes de suministro, pérdidas o agua no facturada, roturas de matrices por km, asequibilidad	50–100 años
Minería	Dueños y accionistas; cada vez más, las comunidades (licencia social para operar)	**Margen al extraer** un yacimiento finito: producir al menor costo por tonelada mientras los precios son favorables	Toneladas movidas y procesadas, disponibilidad y utilización, costo por tonelada, costo sostenido total (AISC), recuperación, VAN	Vida de la mina (finita), sujeta a los ciclos de precios de las materias primas 5–25 años

4

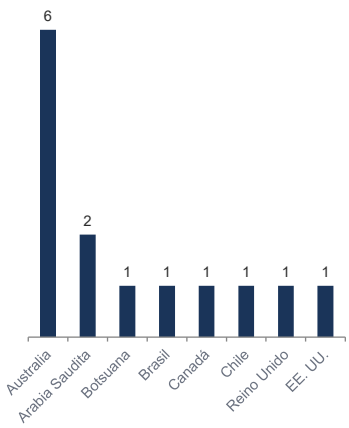
Certificaciones ISO 55001

441 certificaciones ISO 55001 a nivel mundial hasta junio de 2026

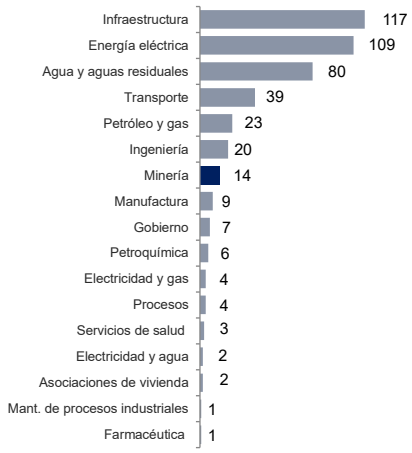
Certificaciones por región



Mineras certificadas por país



Empresas certificadas por sector



5

Comparando distintas industrias intensivas en activos

Dimensión	Minería	Petróleo y gas	Energía eléctrica	Infraestructura	Gestión del agua
Foco en productividad	★★★★★	★★★★★	★★★★☆	★★☆☆☆	★★☆☆☆
Rentabilidad vulnerable al mercado	★★★★★	★★★★★	★★☆☆☆	★★☆☆☆	★★☆☆☆
Horizonte de la inversión	★★★☆☆	★★★★☆	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Agresividad del entorno para los activos	★★★★★	★★★★★	★★☆☆☆	★★★★☆	★★★☆☆
Flexibilidad geográfica	★☆☆☆☆	★★☆☆☆	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★☆☆
Estabilidad de la fuerza laboral	★★★☆☆	★★★★☆	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Entorno regulatorio	★★★★☆	★★★★☆	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Madurez del mantenimiento predictivo	★★★☆☆	★★★★★	★★★★★	★★★☆☆	★★★☆☆
Escrutinio público	★★★★★	★★★★★	★★★☆☆	★★★★☆	★★★★☆
Riesgo de fatalidad para los trabajadores	★★★★★	★★★★★	★★☆☆☆	★★★★☆	★★★☆☆

Valoración basada en la experiencia del autor.

6

Horizonte de inversión

Las operaciones mineras requieren una inversión inicial significativa en maquinaria, equipos, infraestructura y mano de obra. Los costos de exploración, desarrollo y extracción pueden ser considerables, y se exige que el retorno de la inversión llegue en plazos relativamente cortos.


Exploración


Desarrollo de la mina


Construcción de infraestructura


Equipos móviles


Infraestructura eléctrica


Comunicaciones

Flexibilidad geográfica

La minería extrae minerales valiosos y otros materiales geológicos de la tierra, en una amplia variedad de climas y ubicaciones y durante un período finito. Por eso, la estrategia de gestión de activos debe considerar todas estas variaciones y condiciones, y adaptarse para tener éxito.


Círculo Polar Ártico


Desierto


Gran altitud


Aguas profundas


Minería espacial

Estabilidad de la fuerza laboral

La minería compite por talento en un mercado laboral cada vez más restringido; los jóvenes no se sienten atraídos por profesiones que impliquen trabajo físico o vivir alejados de las grandes ciudades.

Chile: la gran minería necesitará 36.895 nuevos trabajadores entre 2025 y 2034; el 87,4% para reemplazar retiros. Los perfiles más demandados son mantenedores mecánicos y eléctricos, operadores de equipos móviles y fijos, y profesionales de mantenimiento.

Fuente: Alianza CCM–Eleva, Estudio de Fuerza Laboral de la Gran Minería Chilena 2025–2034 (diciembre de 2025)

Global: el 75% de los altos ejecutivos mineros encuestados no confía en poder resolver la escasez de mano de obra. La fuerza laboral subió del puesto 13 al 6 entre los riesgos del sector; los cargos sin cubrir en planificación, ingeniería, sostenibilidad y cierre de faenas ya afectan la productividad.

Fuente: EY, Top 10 Riesgos y Oportunidades Empresariales para Minería y Metales 2026 (encuesta a 500 altos ejecutivos, junio–julio de 2025)

Madurez del mantenimiento predictivo

Los activos son distintos: el problema no es el conocimiento de herramientas predictivas convencionales o modernas; el desafío es que el mantenimiento predictivo y el intervalo P-F requieren tiempo para actuar. Adicionalmente, debido a la agresividad del ambiente minero y la complejidad de los activos (que resulta en un significativamente mayor número de fallas posibles), el nivel de sofisticación requerido es mucho mayor.

Una indicación de este desafío se ilustra con los MTBF (TPEF) de algunos equipos característicos de industrias.

Industria	Equipo	MTBF (horas)	Fuente
Petróleo y gas	Turbogenerador a gas 28 MW	**773**	Langseth, Haugen & Sandtorv, Analysis of OREDA data for maintenance optimisation, Reliability Engineering & System Safety 60 (1998)
Petróleo y gas	Bombas centrífugas API	**31.500**	Bloch, Breaking the Cycle of Pump Repairs, Pump & Turbo Symposia, Texas A&M (2014)
Petróleo y gas	Turbina a gas	**2.924**	Fioravanti et al., Compressor Station Facility Failure Modes, EC JRC, EUR 30265 EN (2020), Table 9, citing OREDA 2009
Energía eléctrica	Aerogenerador offshore (2–4 MW)	**1.055**	Carroll, McDonald & McMillan, Failure rate, repair time and unscheduled O&M cost analysis of offshore wind turbines, Wind Energy (2016)
Energía eléctrica	Turbogenerador hidráulico	**1.980**	IEEE Reliability Test System (RTS-79/96) unit data, as tabulated in Attya, Hegazy & Mostafa, Open Electrical & Electronic Eng. J. 3:9–16 (2009), Table A.1
Agua	Estación de bombeo	**775**	Briggs & Hodkiewicz, Maintenance and Reliability of a Water Pumping Station, ICOMS-2005, Paper 019, University of Western Australia
Minería	Camión de 290 toneladas (diésel-eléctrico)	**90**	HolisticAM, Komatsu 930E maintenance strategy optimisation (consultancy case study)
Minería	Camión de 360 toneladas	**37**	Villanueva Paredes, L.M., Evaluación técnico-financiera de estrategias de mantenimiento aplicables a una flota de camiones mineros 797F..., MSc thesis, Univ. Católica de Santa María, Perú (2019)

¿Y entonces qué podría cerrar la brecha?

PERSONAS

- Estructurar los procesos de formación de mediano y largo plazo, en lugar de depender de personas con experiencia.

TECNOLOGÍA

- Una visión conectada de la integridad, historial y costo del activo. (ERP-EAM-Salud de la Máquina)
- Maximizar el uso de flotas autónomas
- Gestión autónoma del trabajo, la identificación del trabajo no depende de las personas

PROCESOS

- Adoptar el concepto de Plan Estratégico de Gestión de Activos (SAMP) y el Plan de Gestión de Activos (AMP)
- Evaluar la madurez actual (GFMAM / ISO 55001) y cerrar brechas según prioridades del negocio. (Certificación no es el objetivo sino una consecuencia)
- Operadores responsables de la atención básica, operando dentro de los límites y reportando defectos de forma temprana, con KPIs compartidos.

ACTIVOS

- Las decisiones basadas en el costo total y la condición del activo, alineadas con la vida útil restante de la mina.

Comentario Final

Saber dónde estamos, definir adónde queremos llegar y sostener el camino.



SESIÓN 04

ESCANEA EL CÓDIGO QR

RESPONDE UNA BREVE ENCUESTA

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 7ª EDICIÓN

¡GRACIAS!

Emilio G. Sarno S.

emilio.sarno@outliersminingsolutions.com

13