



FICHA TÉCNICA

TÍTULO DEL DESAFÍO

Desarrollo de capacidades y soluciones nacionales para el modelamiento, testeo, validación, certificación y escalamiento de tecnologías asociadas a baterías, sistemas híbridos, retrofitting, H₂V y electromovilidad en minería.

DESCRIPCIÓN DEL DESAFÍO

La descarbonización de la minería demanda acelerar la adopción de tecnologías de propulsión y suministro energético de bajas emisiones, incluyendo sistemas híbridos, retrofitting de equipos existentes, hidrógeno verde (H₂V) y electromovilidad. Sin embargo, existe una brecha país en capacidades para modelar, probar, validar, certificar y escalar estas soluciones bajo las condiciones extremas de operación minera (altitud, polvo, vibración, temperaturas, ciclos de carga pesados y seguridad operacional).

El desafío busca madurar tecnologías ($\geq$ TRL 4) y consolidar capacidades nacionales mediante el desarrollo de metodologías de modelamiento, bancos de ensayo, protocolos de validación y rutas de certificación, junto con pilotos de escalamiento en ambientes relevantes y semiindustriales. Se prioriza la interoperabilidad, la seguridad (eléctrica e hidrógeno), el desempeño energético, la confiabilidad y la viabilidad técnico-económica para acelerar la adopción en faenas mineras.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y validar capacidades y soluciones nacionales integrales para el modelamiento, testeo, validación, certificación y escalamiento de tecnologías de sistemas híbridos, retrofitting, H₂V y electromovilidad aplicada a la minería, reduciendo tiempos y costos de adopción y asegurando desempeño, seguridad e interoperabilidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.	Ejecutar modelos multiescala (vehículo-sistema-operación) para desempeño, seguridad y costo total de soluciones híbridas, retrofitting, H ₂ V y/o eléctricas en ciclos mineros.
2.	Diseñar e implementar bancos de ensayo, protocolos de pruebas funcionales, ambientales y de seguridad, y pilotos en entornos relevantes/semiindustriales.
3.	Definir rutas de certificación y homologación alineadas con estándares internacionales; establecer metodologías de verificación de interoperabilidad entre componentes y sistemas.



- | | |
|-----------|---|
| 4. | Ejecutar pilotos de escalamiento con socios industriales, generar guías de ingeniería y modelos de negocio, y desarrollar programas de formación y transferencia tecnológica. |
|-----------|---|

RESULTADOS ESPERADOS

- Modelos y herramientas de simulación validados para dimensionamiento, control y optimización de sistemas híbridos, retrofitting, H₂V y EV en minería.
- Protocolos de ensayo y validación (ambientales, funcionales, seguridad, interoperabilidad) y bancos de prueba (p. ej., HIL para tren motriz, ciclado de baterías, combustión/uso de H₂, powertrain híbrido).
- Rutas de certificación/homologación documentadas y preacuerdos con organismos pertinentes; matrices de cumplimiento normativo.
- Pilotos semiindustriales demostrativos ($\geq$ TRL 6) con indicadores de desempeño, seguridad y costo en operación minera.
- Repositorio de datos de pruebas y modelos (datasets curados) y manuales/guías para escalamiento y operación segura.
- Plan de capacidades nacionales sobre brechas, roadmap de infraestructura de ensayo y acreditación, y plan de sostenibilidad.

ALCANCE

Incluye:

- Demostraciones en ambiente relevante controlado, pilotaje y validación semiindustrial y operacional.
- Ejecución de modelos, bancos de ensayo y protocolos de test, validación y verificación de interoperabilidad.
- Definición de rutas de certificación y prevalidación con organismos de certificación y/o laboratorios acreditables.
- Pilotos con flotas/equipos mineros (retrofitting, híbridos, H₂V, BEV) y evaluación técnica, económica y ambiental.
- Estrategias de seguridad (eléctrica e hidrógeno) y planes de respuesta ante emergencias en piloto.

No incluye:

- Pruebas de concepto y/o pruebas a escala de laboratorio.



- Tecnologías con madurez TRL igual a 9.
- Soluciones que impliquen riesgos para la seguridad de trabajadores, equipos o medio ambiente.
- Tecnologías que incrementen el consumo de recursos estratégicos como agua o energía.
- Intervenciones que alteren o interfieran con la continuidad del proceso productivo.
- Fabricación comercial de vehículos, packs de baterías o stacks de celdas a escala industrial.
- Construcción de plantas de producción de H₂ a escala comercial (se permite uso de H₂ suministrado o producción piloto).
- Homologación final comercial (sí se incluyen preauditorías y ensayos de preconformidad).
- Adquisición de flotas comerciales completas (salvo unidades de demostración/piloto).

INDICADORES DE RENDIMIENTO CLAVES (KPIs)

1.	Reducción del tiempo de validación y pre-certificación (% vs. línea base) por tecnología.
2.	Porcentaje de interoperabilidad verificada entre componentes/sistemas (%).
3.	Mejora del rendimiento energético y disponibilidad operacional en pilotos (%).
4.	Tecnologías escaladas y nivel de madurez alcanzado (nº de soluciones que avanzan $\geq$ 1–2 niveles TRL) y nº de protocolos formalizados.

DESEABLE CONTRIBUCIÓN A LA INSTALACIÓN DE CAPACIDADES DEL ITL

- Protocolos y metodologías de validación, verificación e interoperabilidad reutilizables por la industria nacional.
- Ruta de acreditación (p. ej., ISO/IEC aplicables) y alianzas con organismos certificadores, universidades y centros de I+D.
- Capacitación especializada en seguridad de H₂, alta potencia, diagnóstico avanzado, análisis de datos y modelamiento.

Corporación Instituto de Tecnologías Limpias (ITL)

Giro: Investigación y Desarrollo (I+D)

Localidad: Antofagasta

Dirección: Carrera #1615



Instituto de
**Tecnologías
Limpias**

- Gobierno de datos e infraestructura digital para trazabilidad, gemelos digitales y repositorios de resultados de ensayo.