

3.7 INNOVACIÓN Y DIGITALIZACIÓN

La innovación es un habilitador de la estrategia de transformación corporativa, que apunta a abordar los desafíos particulares de nuestra compañía y generar ventajas comparativas en aquellos casos en que existen brechas de conocimiento. Para ello, se establecen focos de innovación disruptiva a largo plazo que buscan generar valor económico y sustentable, a través de la transformación de recursos mineros en reservas, junto con la búsqueda de formas para afrontar los desafíos medioambientales y sociales.

Además, constantemente nos ocupamos de identificar soluciones y desarrollos tecnológicos maduros de terceros para adaptarlos, adoptarlos y transferirlos a nuestras operaciones y proyectos como innovación incremental.

En Codelco definimos un Modelo de Innovación Abierta que en 2022 avanzó considerablemente en su materialización a través de los diversos convenios de desarrollo y colaboración tecnológica suscritos con universidades, centros tecnológicos, proveedores y otros actores de la industria. En esa línea, hicimos el lanzamiento de Open Codelco, iniciativa que a través de su programa de licenciamiento de propiedad intelectual, el módulo Conecta y el programa de tesis de doctorado Piensa Minería, empezó a consolidar su interacción y sinergia con los talentos y actores disponibles en la industria. De esta forma, estamos generando equipos con capacidades complementarias, que combinan el talento propio de la Corporación con aquel proveniente del ecosistema, para dar la mejor respuesta a los desafíos del negocio.

TIPO DE INNOVACIÓN	NOMBRE DEL PROYECTO	DESCRIPCIÓN	HITOS 2022
Disruptiva	Lixiviación clorurada para minerales de la División Radomiro Tomic (DRT)	El proyecto busca desarrollar un proceso para la lixiviación de sulfuros que permita utilizar la capacidad instalada que queda disponible por el término de minerales oxidados. Se consideró como una opción para el proyecto Fase 2 de DRT, como alternativa a la concentradora convencional. Entre otros beneficios, permite ahorrar agua y no produce relaves	Se presentó un solicitud de Aprobación para Inversión (API) para pila demostrativa de aplicación de lixiviación clorurada en DRT Se presentaron dos patentes de invención para la tecnología Codelco y se entregaron criterios de diseño de proceso para ingeniería de perfil de aplicación en Gabriela Mistral
Disruptiva	Reducción de pérdidas en relaves por mejoras en flotación de fracciones gruesas	El proyecto busca identificar y validar nuevas celdas de flotación para disminuir las pérdidas en flotación de cobre de las fracciones gruesas. Se está desarrollando con la División Chuquicamata (DCH)	Se realizó una ingeniería de perfil de flotación de gruesos de los relaves en DCH, de la cual se está evaluando el desarrollo de un estudio de prefactibilidad. Adicionalmente, se han desarrollado pruebas piloto en laboratorio Celdas Hydrofloat y Celda Jameson

TIPO DE INNOVACIÓN	NOMBRE DEL PROYECTO	DESCRIPCIÓN	HITOS 2022
Disruptiva	Desarrollo de túneles con equipos mecanizados	El proyecto busca validar a nivel industrial el uso de una máquina diseñada especialmente para construir túneles mineros. Su objetivo es sacar de operaciones de riesgo a los(as) trabajadores(as) y no requiere el uso de explosivos. Está planificado realizar una prueba industrial en Chuquicamata Subterránea	Se desarrollaron estudios de ingeniería para la prueba con el equipo Komatsu y se tomó la decisión de avanzar en ella con una activa participación del Distrito Norte en su ejecución
Disruptiva	Tecnologías para abatimiento de sulfatos en aguas de descarga	El proyecto busca validar, a nivel piloto, tecnologías para el abatimiento de sulfatos en aguas de descarga de las divisiones El Teniente y Andina	Se ejecutó pilotaje de tecnología de abatimiento de sulfatos en RIL Carén de El Teniente, con buenos resultados
Incremental	Tecnologías para reducir el material particulado en rajos	El proyecto busca identificar y validar tecnologías aplicables a los rajos de Codelco, para disminuir el material particulado emitido. Se han analizado distintas tecnologías con foco en las divisiones Radomiro Tomic, Ministro Hales y Gabriela Mistral	Se avanzó en la generación de una hoja de ruta que permitirá identificar soluciones tecnológicas e innovaciones para la reducción de material particulado. Adicionalmente, se validó el uso de tecnologías para optimizar el riego en caminos de mina, que minimiza los costos y mejora el desempeño del riego para disminuir la polución
Disruptiva	Pilotaje de LHD Eléctrico en División El Teniente	Desarrollo de primer pilotaje en Latinoamérica del inédito equipo de carga, transporte y descarga LHD 100% eléctrico. Busca validar tecnología de LHD cero emisiones	Inicio del piloto
Disruptiva	Estudio de electrificación de rajos	Desarrollo de estudio a todos los rajos de Codelco para visualizar impactos de nuevas tecnologías de descarbonización en camiones de extracción (CAEX), especialmente de los trenes de potencia en operación, así como la mejor ruta tecnológica hacia la descarbonización de nuestras operaciones	Inicio del estudio

TIPO DE INNOVACIÓN	NOMBRE DEL PROYECTO	DESCRIPCIÓN	HITOS 2022
Abierta	Ingreso de Codelco a H2 Chile	Ingreso de Codelco a la Asociación de Hidrógeno de Chile (H2 Chile), con el objetivo de participar del ecosistema del hidrógeno verde	Ingreso a asociación
Abierta	Propiedad intelectual – apertura de patentes Codelco al ecosistema	En marzo de 2022, presentamos Open Codelco, espacio que consiste en una convocatoria permanente, pública y abierta a los diferentes actores del mercado que estén interesados en convertirse en potenciales licenciatarios para el uso de las patentes de invención que Codelco ha desarrollado en los últimos años	Lanzamiento de la iniciativa y selección de potenciales licenciatarios. Actualmente, se está negociando un acuerdo de licenciamiento para la primera patente
Abierta	Ventanilla Única con el ecosistema - Plataforma Conecta	En noviembre de 2022, abrimos este canal para recibir propuestas desde proveedores, universidades, centros de investigación, <i>startups</i> y cualquier persona que quiera entregar ideas relacionadas con los actuales desafíos de la minera	Desarrollo y lanzamiento de la plataforma. Gracias a la difusión en distintos medios, se han recibido propuestas del ecosistema para evaluar su pertinencia con los desafíos de Codelco
Abierta	Programa - Piensa Minería	Cada año, convocamos a alumnos (as) de programas de doctorado a postular a este beneficio para desarrollar investigaciones disruptivas, relacionadas con los principales desafíos y focos estratégicos de innovación definidos en el proceso de transformación de Codelco	Entrega de beneficios de concurso del año anterior, y lanzamiento de nueva convocatoria



3.7.1 TRANSFORMACIÓN DIGITAL

La transformación digital forma parte de las prioridades estratégicas en nuestra Corporación, con foco en transformar la forma de operar para que sea más segura, sustentable y productiva para nuestros(as) trabajadores(as) y colaboradores(as), quienes podrán abordar sus rutinas de trabajo con nuevas competencias. Sus principales ejes son:

- Implementación de tecnología y automatización de procesos productivos en minas de rajo y subterráneas, plantas concentradoras e hidro, fundiciones y refinerías
- Analítica avanzada en procesos de mina y concentradora, recursos hídricos y mantenimiento predictivo
- Estrategia corporativa de Centros Integrados de Operaciones tácticos y estratégicos
- Proyectos fundacionales como redes LTE (*Long Term Evolution*, con tecnología de banda ancha inalámbrica), incorporación de tecnologías de simulación, gemelos digitales y virtualización en un ambiente permanente de ciberseguridad IT/OT (Tecnologías de la Información y Tecnologías Operacionales)
- Integración de las diversas componentes tecnológicas en las etapas tempranas de estudios e ingenierías de los proyectos estructurales de la Corporación
- Automatización de áreas de apoyo en ámbito SAP y de aplicaciones al negocio

La minería del futuro es una realidad que avanza en nuestras operaciones, con diversos proyectos que comenzamos a desplegar hace unos años y que han empezado su escalamiento. En esta línea, la actualización de los sistemas de control y el despliegue intensivo de sistemas de control avanzado en nuestras plantas que se ha materializado en 2022, permitirán apalancar la agregación de valor de los proyectos de la cartera 2023 y futuros, focalizados en el impacto a las personas, la seguridad y la productividad.

El uso de la analítica avanzada y los algoritmos matemáticos representa una oportunidad para generar predicciones y recomendaciones, y así operar en forma más eficiente distintos procesos, desde gestión de relaves a trazabilidad de minerales, pasando por oferta y demanda hídrica e, incluso, mantenimiento de equipos. En función de ello, estamos fortaleciendo nuestros equipos mediante atracción de talento y formación de capacidades. Además, en 2022 desarrollamos un gobierno de información único con procesos, estándares y roles definidos que permitan acceder a una sola fuente de información para todo Codelco, en el *Data Lake* Corporativo.

Estamos aplicando todo el conocimiento y experiencia de la Transformación Digital en las etapas tempranas de estudio e ingeniería de los nuevos proyectos de la Corporación, gracias a un trabajo coordinado entre la Vicepresidencia de Tecnología y Automatización, y la Vicepresidencia de Proyectos.

AUTOMATIZACIÓN, DIGITALIZACIÓN Y ANALÍTICA AVANZADA EN LOS PROCESOS DE NEGOCIO

TIPO DE PROYECTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	HITOS 2022
Tecnología y automatización mina subterránea	Palas LHD (Long Haul Dump) en la División El Teniente	Tras un tiempo de pilotaje entraron en operación las palas LHD en las minas de Pacífico Superior y Pilar Norte GTI, controladas desde el Centro Integrado de Operaciones (CIO) de Rancagua, a 80 kilómetros de la faena, donde se maneja el traslado y el vaciado del mineral sin intervención humana directa	Esta tecnología, junto con los camiones autónomos de mina Esmeralda y las pruebas de la flota completa de Pacífico Superior elimina la exposición de los(as) trabajadores(as) en zonas de riesgos, ubicándolos en ambientes laborales protegidos y seguros
Tecnología y automatización mina rajo	CAEX autónomos para Radomiro Tomic y Ministro Hales	En minería a rajo destaca la incorporación de ocho camiones de extracción autónomos, cuatro en la División Radomiro Tomic y cuatro en la División Ministro Hales, y sus respectivos ecosistemas autónomos. Otros proyectos abarcan perforadoras autónomas, así como control y seguimiento de frentes de carguío	Los nuevos CAEX autónomos se encuentran en operación y en medición de su desempeño, con el fin de definir durante 2023 la estrategia corporativa a seguir en esta materia
Tecnología y automatización de plantas: Sistemas de Control Avanzado en Plantas	Disminución de variabilidad en Radomiro Tomic, Chuquicamata y El Teniente	En cuanto a procesos de planta, continuamos aplicando de manera intensiva herramientas digitales para reducir variabilidades y así aportar mayor capacidad de control a quienes tienen funciones de operación	En Radomiro Tomic conseguimos disminuir variabilidad en 66%, con una baja de 2mm en granulometría y un aumento de 0,36% en tratamiento. La misma tecnología se aplica en las plantas de Chuquicamata y El Teniente en la implementación del coordinador de aguas recuperadas, con mejoras en la concentración de sólidos Cp de 3% y 0,24% respectivamente, y el coordinador de molienda SAG con mejoras en tratamiento de 0,74% y 1,0%
Analítica avanzada	Sistema de alertas de mantenimiento en Radomiro Tomic	En la División Radomiro Tomic se implementó un sistema de alertas de mantenimiento que, en base al análisis de vibraciones y otras variables operacionales logra detectar fallas incipientes	Detección de fallas con 90 días de anticipación en motores, reductores y poleas de las correas transportadoras de la división, reduciendo la indisponibilidad de los equipos en 81 horas, equivalentes a US\$ 5,6 millones al año. Los resultados del proyecto permitieron iniciar durante el segundo semestre dos nuevos mantenimientos predictivos en las divisiones Chuquicamata y El Teniente

En 2022 escalamos productos que lograron generar impacto en las divisiones donde fueron implementados, y optimizamos los existentes para aumentar los beneficios logrados en años anteriores, asociados a producción de cobre fino, horas de disponibilidad de activos, ahorro de costos operacionales y seguridad.

A lo largo del año, más de 1.650 personas aprobaron alguno de los cursos que ofrece la Academia Digital, la oferta formativa parte de la UCodelco que busca desarrollar talentos y competencias tecnológicas en los(as) trabajadores(as), un habilitador importante de la estrategia corporativa de Codelco.

TECNOLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS

TIPO DE PROYECTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	HITOS
Automatización planta	Coordinador Control Avanzado Proceso Molienda SAG	La campaña de control avanzado 2022 para la planta concentradora de Chuquicamata tuvo como objetivo el control de granulometría de molienda semiautógena (SAG)	Incremento en tratamiento y reducción de variabilidad
Automatización planta	Coordinador Control Avanzado de Aguas Recuperadas	El proyecto aplicado en la División Chuquicamata maximiza la concentración de sólidos en descarga, en función de la holgura en espesadores y del control del pozo y bombeo de impulsión	Incremento en concentración de sólidos en descarga
Automatización planta	Coordinador Control Avanzado Molienda SAG	La campaña para la planta concentradora de El Teniente busca maximizar el tratamiento, coordinando la operación SAG y secundaria para asegurar la calidad del producto a flotación	Incremento de tratamiento y reducción de variabilidad de granulometría de pulpa a flotación
Automatización planta	Coordinador Control Avanzado Aguas Recuperadas	Maximizar el porcentaje de sólidos en el Tranque Barahona sujetos a restricciones de cada espesador y niveles en las estaciones de bombeo	Incremento porcentual de sólidos en Tranque Barahona
Automatización mina subterránea	Automatización de Camiones en Mina Pacífico Superior	Proyecto que contempla la automatización de la flota completa de cuatro camiones de transporte de mineral en la mina para ser operados desde el Centro Integrado de Operaciones de Rancagua	Flota completa con pruebas con tres camiones en línea. Se avanza a la validación industrial operativa
Automatización mina subterránea	Actualización de Plataforma de Automatización Ferrocarriles Mina	Actualización de la tecnología del sistema de automatización de los Ferrocarriles (Sistema <i>Interflow</i>) con reemplazo de la tecnología de Comunicaciones vía LTE (banda ancha inalámbrica)	Generación de contrato de soporte con fabricante y proceso de licitación del contrato

APLICACIONES DEL NEGOCIO

TIPO DE PROYECTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	HITOS 2022
Automatización y digitalización de los procesos de negocio	Mejoras SAP PM	<p>Dentro del proyecto SAP PM se simplificaron y estandarizaron los procesos de mantenimiento de la Corporación y adicionalmente se habilitaron funcionalidades mediante la nueva experiencia de usuario de SAP (ambiente más amigable y centrado en la usabilidad), permitiendo operar en terreno mediante aplicativos móviles y generando mayor productividad en el proceso</p> <p>Ejemplos de las aplicaciones disponibles, son: solicitud aprobación de datos maestros, creación y modificación de avisos, notificación y cierre de órdenes, y quiebre de programa, entre otros</p>	Desplegado y en uso desde agosto de 2022
Automatización y digitalización de los procesos de negocio	Programa Transformación S/4HANA	<p>Durante 2022 se preparó el <i>upgrade</i> de SAP en Codelco, programa que impacta a todos los procesos de negocio de la Corporación. S/4HANA es un nuevo sistema reescrito por SAP aprovechando los avances tecnológicos del procesamiento en memoria (HANA), con procesos más simples y productivos, con un nuevo modelo de datos, y con una nueva experiencia de usuario personalizada (FIORI)</p>	En agosto de 2022 se inició el proceso de licitación del servicio de migración a S/4HANA. En el año también se llevó a cabo una serie de iniciativas para cumplir con pre-requisitos técnico / funcionales requeridos para el proyecto de migración