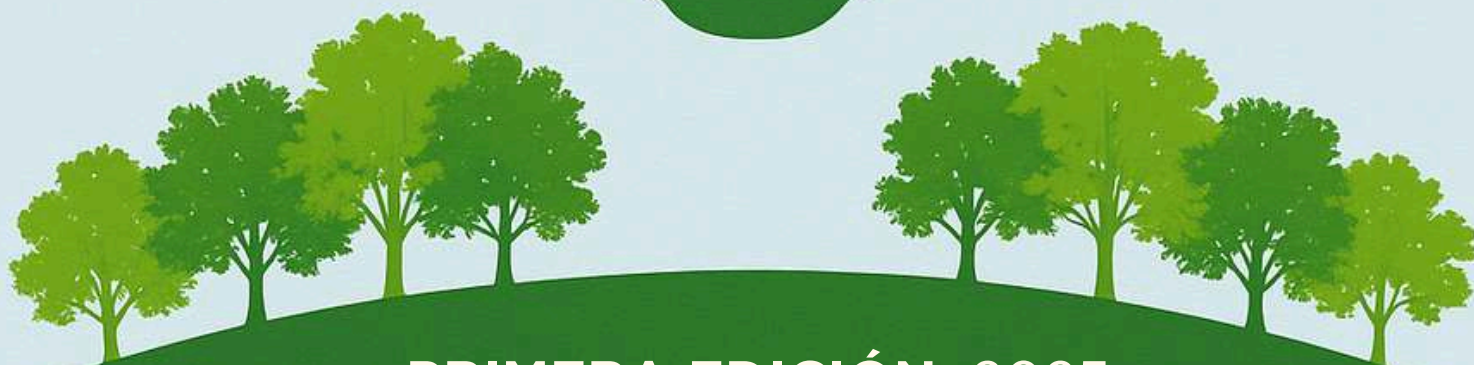




HUELLA CENTRAL

Transición hacia la sostenibilidad



PRIMERA EDICIÓN 2025

Ingeniería para un desarrollo consciente



EQUIPO 02

EDITORIAL 03

ARTÍCULOS 05

ENTREVISTAS 29

**COLUMNAS DE
OPINIÓN 36**

**PALABRAS
FINALES 47**

ÍNDICE

Nuestro Equipo



Sebastián Rojas



Michelle Chepo



Vanessa Fuenzalida



Matías Carrasco

Desde la Universidad Central se ha conformado un grupo de estudiantes de Ingeniería Civil Industrial comprometidos con promover el pensamiento sostenible. Su misión es investigar de manera rigurosa la temática transversal “Transición hacia la sostenibilidad: desafíos y oportunidades para la ingeniería en contextos de cambio climático y digitalización industrial”, con la finalidad de producir contenido que contribuya al debate académico y profesional, buscando acercar la ingeniería a los desafíos reales de nuestro entorno. Juntos, trabajamos para ofrecer una edición que informe, conecte y motive a avanzar hacia un futuro más sostenible.



Jorge Guzmán



Camila González



Luciano Vásquez



Juan Labra



Simón Henríquez



Diego Cárcamo

Editorial

MSc. María Ignacia Rivera Vargas

Nos encontramos en un punto de inflexión histórico que nos obliga a replantear cómo nosotros vivimos, producimos y nos desarrollamos.

A medida que los efectos del cambio climático se intensifican, las sociedades demandan mayor transparencia, las empresas asumen nuevas responsabilidades y la tecnología redefine, a gran velocidad, los límites de lo posible. En medio de estas tensiones, y de las oportunidades que surgen, la sostenibilidad deja de ser una aspiración deseable para convertirse en un imperativo que reconfigura la manera en que concebimos el desarrollo y el futuro.

Las organizaciones, especialmente aquellas vinculadas a sectores estratégicos como la energía, la minería y la industria manufacturera, atraviesan un proceso de transformación profunda. Las crecientes exigencias regulatorias, las expectativas de los mercados internacionales, los criterios ESG y los compromisos de carbono neutralidad no sólo establecen nuevos estándares: impulsan una auténtica transformación cultural en la que la sostenibilidad deja de ser un complemento discursivo para convertirse en un eje estructural de la gestión. Hoy, la sostenibilidad ya no es solo un compromiso ético, sino un verdadero eje de competitividad, capaz de definir el posicionamiento de una empresa en su industria.



En este escenario, la gestión eficiente de los recursos, el uso inteligente de datos, la innovación tecnológica y la responsabilidad social se han consolidado como pilares inseparables del desempeño organizacional. En Chile, estos sectores viven esta transición con especial intensidad: avanzar hacia operaciones más limpias, eficientes y trazables exige innovación constante, gobernanza sólida y una mirada sistémica que integre las dimensiones ambiental, social y económica en cada etapa de la cadena de valor.

En este escenario, surge la Revista de Sustentabilidad, elaborada por estudiantes de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad Central de Chile. Su propósito es aportar a la comprensión crítica de los desafíos que enfrentan las organizaciones, fomentar el diálogo entre la academia y el mundo productivo, y visibilizar experiencias reales de liderazgo, gestión del cambio, eficiencia ambiental, digitalización responsable y toma de decisiones basada en evidencia.

Asimismo, esta revista pretende ser un espacio donde convergen diversas voces. Creemos firmemente que la sostenibilidad requiere conversación, reflexión y colaboración;

requiere además integrar perspectivas técnicas, sociales y éticas en un diálogo permanente.

Por ello, esta edición incorpora entrevistas con líderes empresariales, columnas de opinión y análisis de casos

que muestran cómo distintas organizaciones están avanzando hacia modelos más responsables, resilientes y orientados al bienestar común.

La formación de nuestros estudiantes tiene lugar en un momento histórico en el que la ingeniería se ve interpelada a redefinir su propósito. Ya no es suficiente diseñar sistemas eficientes; hoy se requiere crear sistemas justos, regenerativos y adaptativos, capaces de responder a contextos e

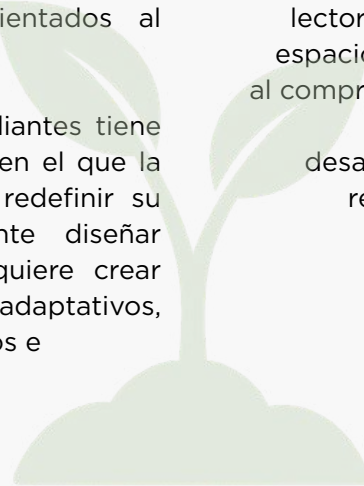
incierto. La ingeniería debe situarse en el centro de las transiciones ecológicas, tecnológicas y sociales, desarrollando soluciones que no solo atiendan las necesidades inmediatas,

sino que contribuyan de manera efectiva a la sostenibilidad y resiliencia del largo plazo.

Esta versión de la revista busca aportar, desde una perspectiva rigurosa y formativa, una mirada analítica y

propositiva frente a estos desafíos. Es por lo anterior, que invitamos a nuestras lectoras y lectores a recorrer estas páginas como un espacio de reflexión y diálogo, y a sumarse al compromiso institucional de avanzar hacia prácticas, decisiones y modelos de desarrollo que promuevan un futuro más responsable, equilibrado y sostenible.

“La sostenibilidad ya no es un valor agregado, es la base desde la cuál las organizaciones construyen su futuro”



DIGITAL Y VERDE: EL NUEVO ROL DE TI EN LA SOSTENIBILIDAD CHILENA



DIGITAL Y VERDE



El crecimiento digital atraviesa un momento decisivo: cada año, los países procesan más datos, despliegan nuevas plataformas y dependen con mayor intensidad de tecnologías que requieren infraestructura energética, conectividad robusta y sistemas de almacenamiento cada vez más complejos. En este escenario, el área de Tecnología de la Información (TI) ha dejado de ser un soporte operativo para transformarse en un eje estratégico de la sostenibilidad. En Chile, esta evolución ocurre dentro de un marco regulatorio amplio y en constante desarrollo, que orienta la gestión de los diferentes sectores: la Ley REP, que exige la correcta gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos; la Ley de Eficiencia Energética, que establece estándares y metas que inciden en la operación de edificaciones y centros de datos; y el Plan Nacional de Data Centers (PDATA), que establece lineamientos para garantizar que la expansión del ecosistema digital se realice bajo criterios de eficiencia energética, uso responsable de recursos y coherencia con los compromisos climáticos del país. Así, TI no solo acompaña la transición digital: la orienta y la redefine, consolidándose como un pilar fundamental para avanzar hacia un desarrollo verdaderamente sostenible.

A junio de 2024, la capacidad instalada de data centers en Chile aumentó un 66 %, pasando de 119 MW a 198 MW, mientras que la superficie construida alcanzó los 670.000 m². Paralelamente, proyecciones nacionales estiman que la demanda eléctrica atribuible

a estas instalaciones podría cuadruplicarse hacia 2030, superando los 1.200 MW, lo que posiciona a la industria de data centers como un actor energéticamente relevante dentro de la planificación nacional. Estas cifras representan tanto una oportunidad como un riesgo: si la infraestructura opera con altos estándares de eficiencia y utiliza energía renovable, puede contribuir significativamente a la reducción de emisiones; si no, podría tensionar al sistema eléctrico e incrementar la huella de carbono asociada al crecimiento digital.

La relación entre digitalización y descarbonización es directa. La migración de procesos físicos a plataformas digitales reduce transporte, uso de insumos y tiempos operativos; la automatización permite controlar consumos en tiempo real; y la inteligencia artificial posibilita optimizar sistemas complejos, desde logística hasta consumo energético industrial. De este modo, la transformación digital se convierte en un mecanismo de reducción de emisiones siempre que la infraestructura tecnológica que la soporta, redes, servidores, plataformas cloud y sistemas de procesamiento esté alineada con las políticas energéticas nacionales y con criterios sólidos de sostenibilidad.

Como señala Ángel Medina, Director de Sostenibilidad Corporativa de Dell, **el rediseño eficiente del hardware y la optimización del consumo energético permiten que la digitalización genere beneficios ambientales reales y medibles.**

El paradigma de los data centers sustentables en Chile



En el plano internacional, el consumo eléctrico asociado a los centros de datos sigue siendo relevante: según la International Energy Agency (IEA), en 2024 los data centers consumieron aproximadamente 415 TWh de electricidad, lo que representó cerca del 1,5 % del consumo eléctrico mundial. Las proyecciones de la IEA indican que para 2030 esa demanda global podría más que duplicarse, alcanzando cerca de 945 TWh, lo que equivaldría a poco menos del 3 % del consumo eléctrico global proyectado para ese año, información difundida por S&P Global Commodity Insights.

En Chile, el crecimiento del sector es evidente. Tal como se mencionó previamente, la capacidad instalada y la superficie construida de data centers han experimentado un fuerte aumento en los últimos años, reflejando un dinamismo que responde en gran parte a los lineamientos del Plan Nacional de Data Centers 2024-2030 (PDATA). Este plan, elaborado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, busca articular la expansión de la infraestructura digital bajo criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y uso responsable de recursos.

El Plan establece medidas como la promoción de energías renovables, evaluación ambiental de proyectos, uso de áreas del país con condiciones favorables y un marco regulatorio claro para nuevos data centers.



Sin embargo y esto es parte del desafío el crecimiento de la infraestructura implica también un fuerte aumento en la demanda energética.

Una proyección estima que la demanda atribuible a data centers en Chile podría pasar de unos 325 MW actuales a cerca de 1.207 MW en 2030.

Sobre este punto, Ángel enfatiza que la sostenibilidad debe incorporarse desde el diseño, utilizando componentes eficientes y estrategias de optimización energética que eviten que esta expansión incremente la huella ambiental.

Más allá de los datos: TI como motor de eficiencia en industrias tradicionales

Este giro hacia el paradigma de “data centers verdes” incluye prácticas como el uso preferente de energía renovable, sistemas de enfriamiento más eficientes, gestión responsable del hardware y políticas de operación conscientes del impacto ambiental. Esto coincide con la visión de Medina, quien subraya que la modularidad, la reparación y la recuperación de materiales son pilares de una infraestructura digital diseñada realmente bajo criterios de economía circular.

En este mismo marco de digitalización sostenible, la industria salmonera también ha comenzado a incorporar tecnologías que buscan reducir su huella ambiental y optimizar el uso de recursos. El despliegue de sensores IoT, sistemas de análisis predictivo y plataformas basadas en inteligencia artificial no solo permite anticipar variaciones en parámetros críticos y mejorar la eficiencia productiva, sino que también se alinea con principios de economía circular al minimizar pérdidas, disminuir impactos ecosistémicos y fortalecer la trazabilidad requerida para demostrar estándares de sostenibilidad.



Estas soluciones contribuyen a un uso más racional de los recursos, optimizando consumos y generan información continua sobre los centros de cultivo.

Como destaca el director de Sostenibilidad Corporativa de Dell , la trazabilidad digital y la disponibilidad de datos verificables son hoy elementos fundamentales para asegurar prácticas ambientales responsables en cualquier industria.

Sin embargo, este enfoque también plantea desafíos significativos: consumo energético elevado, procesos de refrigeración intensivos y gestión del e-waste asociado al recambio tecnológico.

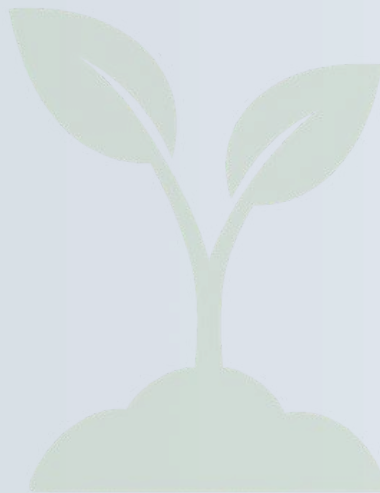
El entrevistado advierte que la transición hacia modelos tecnológicos sostenibles requiere abordar de manera prioritaria la recuperación de materiales, el reciclaje y la reducción del impacto del e-waste en la cadena de valor.

Un llamado a las empresas: transformar TI en apuesta climática

Para las empresas chilenas, la sostenibilidad digital se está consolidando como eje estratégico de competitividad. La eficiencia energética, uso de energías renovables, automatización inteligente y gestión del e-waste fortalecen la resiliencia productiva y cumplen exigencias regulatorias crecientes.

En esta línea, Ángel Medina subraya que la gobernanza de datos y la transparencia en los indicadores ESG son esenciales para mantener credibilidad y demostrar que las prácticas digitales aportan realmente a las metas ambientales corporativas.

Para avanzar sostenidamente, Chile necesita desarrollar capacidades que permitan sostener un ecosistema de TI verde: profesionales con competencias en eficiencia energética digital, ciberinfraestructura sostenible, gestión de datos ambientales, arquitectura de sistemas de baja emisión y auditorías ESG.





**ELIGE CIRCULAR:
MENOS BASURA, MÁS VIDA**

CODELCO Y LA MINERÍA DEL COBRE EN TRANSFORMACIÓN

La Nueva Agenda de Sustentabilidad que Reconfigura el Futuro del Sector (2025–2050)

En un momento en que el mundo avanza velozmente hacia la descarbonización y la electrificación, la minería del cobre se posiciona en el centro de un debate estratégico:

¿cómo producir el metal que habilita la transición energética sin replicar los impactos ambientales del pasado?

La pregunta no es menor. Sin cobre no hay energías renovables a gran escala, no hay redes eléctricas inteligentes, no hay electro movilidad.

Pero producirlo implica intervenir territorios frágiles, gestionar recursos escasos y enfrentar demandas sociales cada vez más exigentes.

Codelco, la principal productora de cobre del mundo y uno de los activos estratégicos más relevantes para Chile, ha iniciado un proceso de transformación profundo que rebasa la escala tecnológica u operativa. En su Reporte de Sustentabilidad 2024 y el primer Reporte de Cambio Climático 2025, la empresa no sólo actualiza compromisos: redefine la relación entre minería, territorio, Estado y ciudadanía. La compañía parece comprender una premisa esencial: la minería del siglo XXI se juega tanto en el rendimiento productivo como en la legitimidad social y ambiental, y ese equilibrio será decisivo para el país.



Un sector bajo tensión: productividad, clima y expectativas sociales

La minería chilena vive un cuadro de tensiones estructurales. La disminución natural de las concentraciones de mineral obliga a mover mayores volúmenes para obtener el mismo concentrado; las operaciones envejecen y requieren inversiones importantes en modernización; la competencia global aumenta y la presión por reducir emisiones es transversal. Al mismo tiempo, el país enfrenta un estrés hídrico sostenido y una ciudadanía que exige procesos más transparentes, responsables y articulados con las necesidades del territorio.



Codelco opera desde dentro de esta matriz de complejidad. Sus divisiones se emplazan en zonas donde el agua se encuentra en niveles críticos, donde los ecosistemas demandan protección prioritaria y donde las comunidades esperan que la actividad minera se traduzca en un desarrollo local más equitativo. En este escenario, la empresa ha debido reformular su aproximación estratégica: hoy, la sustentabilidad no aparece como un eje complementario, sino como el punto de partida para garantizar continuidad operacional y viabilidad económica.

Tal como señala Macarena Donoso, Especialista Senior en Desempeño Sustentable de la corporación ***“los riesgos ambientales y climáticos ya no pueden tratarse como variables externas; forman parte integral de la planificación minera y condicionan la capacidad de operar con estabilidad en el largo plazo”***. Su reflexión sintetiza el tipo de presión estructural que enfrenta el sector: un cruce simultáneo entre exigencias ambientales, regulatorias y sociales que obliga a replantear modelos operativos tradicionales.

En consecuencia, la adaptación a condiciones climáticas adversas, la gestión eficiente del agua, la protección de ecosistemas y la generación de valor compartido con las comunidades se han convertido en dimensiones estratégicas, ineludibles y determinantes para el futuro de la minería chilena.



MACARENA DONOSO
ESPECIALISTA SENIOR
EN DESEMPEÑO SUSTENTABLE



Una nueva arquitectura de sostenibilidad: metas, gobernanza y transparencia

La publicación del ESG Databook, junto con los reportes climáticos y de sostenibilidad, constituye un avance significativo en materia de rendición de cuentas. Al adoptar estándares GRI y los marcos del International Council on Mining and Metals (ICMM), Codelco envía una señal inequívoca al mercado: ***“La producción minera que quiera seguir siendo competitiva en un contexto de impuestos verdes y compras públicas sostenibles deberá adaptarse a requisitos internacionales cada vez más estrictos”.***

Este enfoque no sólo responde a una tendencia global, sino también a una convicción interna. Como afirma Macarena, ***“la transparencia dejó de ser un valor agregado para convertirse en un requisito operativo; los mercados quieren datos verificables, trazabilidad y evidencia del desempeño ambiental real”.*** Su reflexión conecta directamente con el escenario regulatorio internacional, donde el Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM), las exigencias de debida diligencia y los estándares de trazabilidad para minerales críticos están redefiniendo el acceso a los mercados.

En este contexto, Donoso enfatiza que ***“Codelco debe prepararse para un entorno donde los impuestos al carbono, los reportes obligatorios y la trazabilidad completa de procesos serán parte de la competitividad”.*** un planteamiento que se articula con la construcción de una arquitectura de sostenibilidad capaz de anticipar regulaciones y asegurar cumplimiento. Para la empresa, esto implica robustecer sistemas de medición y verificación, integrar variables fiscales internacionales en la planificación estratégica y sostener un modelo de gobernanza que exponga avances y brechas de manera transparente.

Este nivel de visibilidad no es trivial para una compañía estatal, pero sitúa a Codelco dentro de una tendencia global en la que los minerales deben demostrar origen, huella ambiental y coherencia regulatoria. En este nuevo escenario fiscal, normativo y de mercado, la minería sin datos ya no es viable.

El desafío energético: electrificar, descarbonizar y volver eficiente lo que históricamente fue intensivo

La estrategia climática de Codelco plantea una meta ambiciosa: reducir en un 70% las emisiones de alcance 1 y 2 al 2030 y avanzar hacia la carbono neutralidad en 2050. **Este objetivo no descansa únicamente en compromisos declarativos, sino en transformaciones estructurales que modifican la forma tradicional de operar.**

Durante 2024 y 2025, la empresa consolidó contratos que aseguran una matriz eléctrica 100% renovable hacia 2030, reduciendo uno de los componentes más significativos de su huella de carbono. Paralelamente, la electrificación interna avanza con fuerza: Codelco opera la mayor flota de buses eléctricos del sector 271 unidades y ha iniciado la sustitución de equipos en minería subterránea mediante cargadores frontales eléctricos, ventilación inteligente y maquinaria híbrida orientada a disminuir emisiones directas.

En procesos críticos como molienda, ventilación y bombeo, la compañía ha incorporado tecnologías que permiten optimizar el uso energético. Variadores de frecuencia, sensores IoT y sistemas de control basados en inteligencia artificial regulan consumos en tiempo real, mientras que los modelos de Ventilation on Demand y los gemelos digitales permiten ajustar la operación a condiciones dinámicas y anticipar escenarios de eficiencia. Tal como lo señala Macarena, **“la descarbonización profunda requiere integrar tecnologías que mejoren eficiencia sin sacrificar productividad; ya no basta con electrificar equipos, es necesario rediseñar procesos completos sobre la base de datos y automatización”.**

La medición del impacto de estas iniciativas se realiza mediante indicadores de intensidad energética, emisiones por tonelada de cobre fino y sistemas MRV (Medición, Reporte y Verificación) auditados bajo estándares internacionales.

El Reporte de Cambio Climático 2025 destaca que la integración digital es fundamental para validar resultados, comparar avances con líneas base y sostener la credibilidad de la transición energética.

Sin embargo, los desafíos persisten. La electrificación masiva demanda infraestructura robusta en zonas remotas, estabilidad en el suministro eléctrico y compatibilidad tecnológica entre distintos proveedores. Además, la transición exige nuevas capacidades técnicas, planificación de largo plazo y reconfiguración logística. En palabras de la Especialista, **“el camino hacia la carbono neutralidad solo es viable si la eficiencia energética y la digitalización se consolidan como pilares permanentes de la operación”**, una afirmación que sintetiza tanto las oportunidades como las tensiones que enfrenta el rubro.



Litio: una nueva frontera en la agenda estratégica

La incorporación del litio marca un cambio cualitativo en la proyección futura de Codelco. A partir de 2026, la empresa iniciará sondeos para pozos de producción en el Salar de Maricunga, avanzando hacia un modelo de desarrollo que busca compatibilizar competitividad, resguardo ecosistémico y participación territorial. Sin embargo, el desafío no reside únicamente en producir litio, sino en hacerlo bajo estándares técnicos y ambientales que respondan a las exigencias de un mercado altamente regulado y a los riesgos intrínsecos asociados a su utilización.

En términos operacionales, la industria del litio enfrenta crecientes desafíos de seguridad y manejo de riesgos, especialmente en lo relativo a la estabilidad térmica de los compuestos utilizados en baterías. Fenómenos como las fugas térmicas, la posibilidad de incendios o la degradación acelerada de celdas energéticas han llevado a los países consumidores y a los fabricantes de baterías a exigir trazabilidad exhaustiva, controles más estrictos sobre la pureza del mineral y protocolos avanzados de manejo en toda la cadena de valor. Para Codelco, esto implica diseñar una estrategia que integre desde el origen estándares de seguridad química, monitoreo en tiempo real y sistemas que garanticen que la materia prima cumpla rigurosamente con los parámetros que demandan mercados altamente sensibles al riesgo.

Al mismo tiempo, la expansión del litio se vincula directamente con los desafíos de la economía circular. Dado que este recurso es utilizado principalmente en vehículos eléctricos, sistemas de almacenamiento energético y dispositivos electrónicos, su creciente masificación plantea interrogantes sobre el fin de vida útil de las baterías, la capacidad de reciclaje y la disponibilidad futura de materiales críticos. En este punto, la trazabilidad ambiental y el diseño de procesos orientados a la recuperación de litio, níquel y cobalto se vuelven esenciales. Para una empresa estatal como Codelco, que ya ha avanzado en la incorporación de materiales reciclados en procesos como la molienda, la inclusión del litio ofrece la oportunidad de ampliar este enfoque circular e integrar desde el inicio estrategias de retorno, reutilización y reciclaje de baterías.

En un mercado impulsado por la electromovilidad, el litio se proyecta como un vector estratégico complementario al cobre, pero también como un campo donde las exigencias de seguridad, transparencia y circularidad definirán la competitividad de los próximos años. Su incorporación posiciona a Codelco en un rol clave dentro de la cadena global de tecnologías limpias, siempre y cuando sea capaz de articular producción responsable, innovación tecnológica y una gobernanza ambiental que responda a los desafíos emergentes de este mineral crítico.



Página Web | El mostrador

Economía circular: de los residuos industriales a la regeneración de materiales

El tránsito hacia modelos circulares representa uno de los cambios más cualitativos de la estrategia de Codelco. En 2024 la empresa valorizó casi la mitad de sus residuos no peligrosos, recicló 5.835 toneladas de neumáticos y recauchó cerca de mil toneladas. Se trata de avances concretos que comienzan a modificar patrones históricos de disposición.

Pero el hito más simbólico es reciente: Codelco anunció la incorporación de material reciclado en la molienda de bolas en la División El Teniente, reduciendo la demanda de insumos primarios y avanzando hacia una cadena de suministro más sostenible. La noticia, reportada internacionalmente (Reuters, enero 2025), refuerza la idea de que la minería puede operar en ciclos materiales más regenerativos.

En este contexto, la especialista en desempeño sustentable señala que ***“la economía circular no se limita a reciclar materiales; implica evaluar el ciclo de vida completo de los insumos y asegurar que las decisiones de abastecimiento integren criterios ambientales verificables”***. Su reflexión ofrece una dimensión estructural al desafío: la circularidad minera no depende sólo de proyectos piloto, sino de sistemas capaces de rastrear impactos, estandarizar procesos y articular proveedores que trabajen con materiales secundarios de alta calidad.

A renglón seguido, la entrevistada enfatiza que ***“el desafío es escalar estas prácticas y convertirlas en parte del modelo productivo, de modo que la circularidad no opere como un conjunto de iniciativas aisladas, sino como un principio que guíe todas las decisiones operacionales”***. Sus palabras sintetizan el reto central que enfrenta Codelco: consolidar procesos donde la regeneración de materiales sea parte del diseño y no un resultado complementario.

Elaborado Con IA.



El objetivo ahora es avanzar desde hitos puntuales hacia una economía circular integrada, capaz de influir en la eficiencia de recursos, la reducción de impactos y la competitividad futura de la empresa.

Hacia una minería que garantice valor más allá del metal

La transformación de Codelco refleja un cambio civilizatorio más amplio: la minería ya no es únicamente un motor económico, sino un componente crítico de la transición climática. Sin embargo, su legitimidad dependerá de su capacidad para operar con menos agua, menos emisiones, menos residuos y más tecnología, transparencia y participación.

Codelco no está simplemente adaptándose; está redefiniendo el estándar de lo que significa hacer minería en un país que depende del cobre para financiar su desarrollo y, simultáneamente, para contribuir a la lucha global contra el cambio climático.

El resultado final aún está por escribirse. Pero lo que está claro es que la próxima década será la más determinante en la historia moderna de la minería chilena: aquella en que se demostrará si es posible producir el mineral del futuro sin repetir los errores del pasado.





CHILE SUSTENTABLE:
NUESTRA TIERRA, NUESTRO FUTURO.
CONCIENCIA AHORA.

TECNOLOGÍA, SUSTENTABILIDAD Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN CAMANCHACA

Cómo la salmonicultura chilena está adoptando IA, Big Data, nube y ciberseguridad para operar con menos impacto ambiental y mayor eficiencia.



En la actualidad, Camanchaca S.A. ha consolidado su posición como una de las compañías acuícolas y pesqueras más relevantes de Chile mediante un proceso de transformación tecnológica profundamente alineado con su estrategia de sostenibilidad. En un mercado global que exige trazabilidad y reducción de impactos ambientales, el área de tecnología ha dejado de ser un simple soporte operativo para transformarse en un motor estratégico que contribuye directamente a los compromisos Ambiental, Social and Governance (ESG) de la compañía. A través de tres pilares fundamentales eficiencia operativa, trazabilidad y digitalización de procesos la empresa ha logrado fortalecer la toma de decisiones basada en datos y avanzar hacia una producción más limpia y transparente. Un factor esencial para su posicionamiento internacional.

Innovación en la Cadena de Suministro y Bienestar Animal

Uno de los avances más significativos se observa en la gestión de materias primas, donde la tecnología actúa como garante de la ética ambiental. Camanchaca ha implementado sistemas digitales de evaluación y homologación que incorporan criterios ambientales verificables y auditorías para confirmar que sus insumos provienen de fuentes sostenibles. Este compromiso se traduce en el uso de materias primas libres de deforestación, un estándar crítico para proteger ecosistemas terrestres que indirectamente impactan la salud de los océanos.

Para robustecer esta estrategia, la compañía utiliza el Análisis de Ciclo de Vida (LCA), una metodología científica que permite medir la "huella" ambiental total de un ingrediente, desde su extracción hasta su consumo. Bajo este enfoque, la empresa explora el uso de proteínas alternativas —como harinas de insectos o proteínas vegetales avanzadas— e insumos que no dependen de la pesca extractiva tradicional. Esta diversificación no solo disminuye la presión sobre los bancos de peces silvestres, sino que asegura una dieta acuícola con una menor huella de carbono y mayor eficiencia hídrica.

“Big Data para anticipar blooms de algas y mejorar el bienestar animal”

El uso de Big Data se ha convertido en una herramienta esencial para el cuidado de los ecosistemas marinos. Mediante la integración de datos de sensores, cámaras y monitoreos oceanográficos, la compañía aplica modelos predictivos para detectar condiciones de riesgo, como las Floraciones Algales Nocivas (FAN). Gracias a esta capacidad analítica, la empresa no solo identifica cambios tempranos en el bienestar animal, sino que logra reducir la mortalidad y optimizar la producción al coordinar contingencias operacionales con anticipación. De esta manera, la información ambiental se transforma en un activo crítico para aumentar la resiliencia y disminuir los impactos ecológicos en las zonas donde operan.

Una Hoja de Ruta para el Cambio: Los Ejes de la Estrategia

Para que esta transformación sea exitosa, Camanchaca no solo ha invertido en máquinas, sino que ha diseñado una estrategia basada en cinco pilares que guían cada avance tecnológico. El primero de ellos se enfoca en el capital humano, buscando mejorar la experiencia de los trabajadores para fomentar una cultura interna donde la innovación sea parte del día a día. Este cambio cultural se sustenta en un diagnóstico claro que permite a la empresa actuar bajo un plan de acción concreto y medible.

El tercer y cuarto eje apuntan a la eficiencia pura: por un lado, se busca integrar los datos en cada etapa de la producción para que las decisiones no sean por intuición, sino basadas en información real de la cadena de valor. Por otro lado, la digitalización y automatización de tareas repetitivas permite que los colaboradores puedan enfocarse en labores que aporten mayor valor, dejando los procesos mecánicos en manos de la tecnología. Finalmente, todo este esfuerzo converge en un objetivo externo: transformar la experiencia de los clientes, asegurando que reciban productos de mayor calidad y con una trazabilidad garantizada en todo momento.

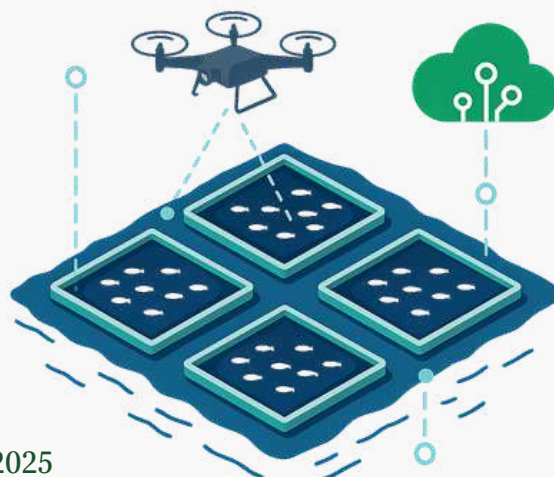
La estrategia de Transformación Digital, actualmente en marcha, considera cinco ejes estratégicos, transversales y habilitantes para un resultado exitoso:

- 1 **Mejorar la experiencia interna de los colaboradores y avanzar hacia una cultura de innovación.**
- 2 **Contar con un diagnóstico y un plan de acción.**
- 3 **Implementar la digitalización y automatización de tareas repetitivas.**
- 4 **Integrar datos a la cadena de valor para la toma de decisión.**
- 5 **Mejorar la experiencia de los clientes a lo largo de toda la cadena de valor.**

“Las tecnologías nos abren nuevas posibilidades, muchas que no soñamos y que hoy nos permiten hacer un mejor uso de los recursos y enfocarnos en tareas que antes no se podían realizar. De esta manera ser más competitivos, respetando de mejor manera el medioambiente y la comunidad en las que operamos, nos va a llevar a ser más eficientes y sostenibles”

—Pablo Hernández, Gerente de Capital Humano, en sus palabras de bienvenida frente a 432 personas conectadas desde todas las operaciones.

Al exponer detalles de la propuesta, Jorge Carvajal, jefe de proyectos senior, líder de transformación digital, dijo que “en Camanchaca estamos convencidos que la transformación digital nos permitirá contar con herramientas tecnológicas para enfocar nuestro trabajo en actividades que generen valor para nosotros y para nuestros clientes”.



Modernización de la Infraestructura: La Potencia de la Nube

Para dar soporte a esta ambiciosa estrategia, Camanchaca inició en 2021 un proceso crítico de migración hacia la nube de Google, logrando traspasar el 80% de sus sistemas corporativos. Este cambio no fue solo una actualización técnica, sino una transformación radical en la eficiencia: la empresa logró dotarse de una infraestructura seis veces más poderosa, estable y segura, lo que benefició directamente a más de 3.700 colaboradores. Gracias a esta nueva arquitectura, los tiempos de respuesta de los sistemas mejoraron significativamente y los plazos para implementar nuevas plataformas tecnológicas se redujeron a la mitad.



Este proceso se ejecutó de manera integral en cuatro etapas simultáneas: comenzó con el traslado de los correos y herramientas de colaboración a Google Workspace, para luego dar paso a la migración de SAP (el sistema central que gestiona los recursos de la empresa) y el resto de sus plataformas operativas. Por su rapidez y éxito en este avance, Camanchaca fue reconocida en 2021 internacionalmente con los Google Cloud Customer Awards, tras ser nominada por la propia firma tecnológica mundial por su espíritu innovador.

Más allá de la velocidad, el manejo inteligente de los datos marcó un antes y un después. Mediante el uso de BigQuery, la compañía construyó un Data Lake corporativo, un repositorio centralizado que unifica la información de múltiples sistemas en una "fuente única". Para acelerar aún más este proceso, utilizaron una herramienta llamada Cortex Framework, convirtiéndose en la primera empresa de Latinoamérica en implementarla. El resultado ha sido una capacidad analítica sin precedentes: la generación de reportes y tableros de control ocurre ahora casi en tiempo real, reduciendo en un 80% el tiempo que antes se requería para desarrollar estos informes.

El desafío: redes dispersas y sistemas heredados

Uno de los mayores desafíos para Camanchaca es su extensa dispersión geográfica, con oficinas y plantas distribuidas en zonas remotas que requieren una conexión constante. Anteriormente, la empresa dependía de una red centralizada en Santiago que presentaba limitaciones críticas, como una baja visibilidad del ancho de banda, altos costos de mantenimiento y vulnerabilidades de seguridad concentradas en un solo punto. Ante este escenario, la compañía decidió modernizar su infraestructura IT para integrar sus sistemas heredados en una plataforma escalable y segura.



Para enfrentar este reto, se implementó la plataforma **Fortinet Security Fabric**, seleccionada por su capacidad de gestión unificada. La solución incluyó tecnología de conectividad SD-WAN para 18 sedes, lo que permitió mejorar la estabilidad de las conexiones satelitales en ubicaciones remotas, reduciendo costos y latencia. Además, se fortaleció la seguridad en los puntos finales o "endpoints" (computadores y dispositivos de los trabajadores) mediante herramientas de detección y respuesta ante amenazas.

Los resultados de esta transformación han sido contundentes: se logró una reducción del 93% en los incidentes cibernéticos. Gracias a esta arquitectura, la empresa pudo procesar más de 16.000 eventos de seguridad, aplicando políticas automáticas para prevenir ataques de secuestro de datos (ransomware) o filtraciones de información.

Convergencia hacia el Futuro Industrial

Esta infraestructura robusta permitió que en 2022 Camanchaca inaugurara una nueva planta de procesamiento en Coronel con un enfoque en Tecnología Operacional (OT). En este centro, las redes industriales están segmentadas de las redes administrativas, minimizando el riesgo de que una amenaza informática afecte la producción física. Finalmente, la adopción de un modelo multicloud —que combina los servicios de Google Cloud y AWS— ha permitido a la empresa escalar sus operaciones, mejorar su resiliencia y reducir su dependencia de equipos físicos locales, asegurando una operación moderna y preparada para los desafíos del futuro.



"La transformación digital de Camanchaca es, en última instancia, el motor que impulsa su compromiso por una producción sostenible, inteligente y conectada con el futuro."





ELECTROMOVILIDAD EN CHILE:

**Avances Disparés,
Eficiencias
Contrapuestas y
Decisiones Estratégicas**



ELECTROMOVILIDAD EN CHILE: AVANCES DISPARES, EFICIENCIAS CONTRAPUESTAS Y DECISIONES ESTRATÉGICAS

Chile atraviesa una transformación energética profunda. La matriz eléctrica se aleja de los combustibles fósiles con una velocidad inédita en la región, impulsada por metas nacionales como la Carbono Neutralidad al 2050, el retiro total de las centrales a carbón antes de 2030-2040, y la implementación de la Ley de Eficiencia Energética (2021), que obliga a grandes consumidores a gestionar y reducir su intensidad energética. Estos compromisos han acelerado la incorporación de renovables: según el Coordinador Eléctrico Nacional, las ERNC alcanzaron el 41% de la generación eléctrica en 2024, y el carbón cayó a menos del 15%, cifras que posicionan a Chile entre los líderes latinoamericanos en descarbonización del sistema eléctrico.

Sin embargo, este proceso no avanza al mismo ritmo en todos los sectores. Mientras el transporte urbano y la infraestructura civil exhiben signos de madurez reflejados en la expansión de más de 2.000 buses eléctricos operando en Santiago y una infraestructura de carga que supera los 1.600 puntos públicos, industrias altamente intensivas como la minería enfrentan barreras tecnológicas, económicas y operacionales de mayor complejidad. Esta brecha se evidencia tanto en los datos oficiales de consumo energético, donde la minería concentra más del 15% del uso nacional de diésel, como en las visiones recogidas en entrevistas recientes con líderes de Enel X y Komatsu Chile.

El Estado cumple un rol decisivo en corregir estas asimetrías de avance mediante políticas públicas que orienten la inversión y reduzcan la incertidumbre. Instrumentos como las licitaciones de suministro basadas en renovables, los estándares de eficiencia, las obligaciones regulatorias para grandes consumidores y los marcos para infraestructura de carga son esenciales para asegurar una electrificación ordenada. Estas medidas permiten que actores públicos y privados operen bajo reglas claras, facilitando decisiones de largo plazo y evitando que los costos de la transición recaigan de forma desigual entre sectores o territorios. La matriz eléctrica chilena ya se sostiene principalmente sobre energías renovables. Esto es consistente con la visión de Claudia Peña, de Enel X, “Chile se encuentra en una etapa avanzada y decisiva de transición energética”, con las ERNC representando



una parte significativa de la generación nacional, consolidando una base eléctrica que permite avanzar con mayor solidez en la electrificación de distintos sectores.

En el ámbito urbano, la electromovilidad recae con rapidez. Las ventas de vehículos eléctricos e híbridos enchufables aumentaron un 96,3% en 2024, según ANAC, aunque su adopción masiva aún enfrenta barreras críticas como el alto costo inicial de los vehículos, la limitada infraestructura de carga residencial y privada, y la necesidad de reducir los costos totales de propiedad (TCO) para flotas y usuarios particulares.

Paralelamente, la infraestructura de carga pública superó los 1.600 puntos, de los cuales 740 son operados por Enel X. “Hoy lideramos el ecosistema de electromovilidad en Chile con más de 740 puntos de carga”, sostiene Peña. Este ecosistema integra energía renovable, cargadores inteligentes y plataformas digitales, y se ajusta a los estándares del Ministerio de Energía en interoperabilidad, seguridad y certificación técnica, elementos clave para avanzar hacia una movilidad más eficiente y alineada con los objetivos de descarbonización.

El fortalecimiento del marco regulatorio también es clave para habilitar nuevas tecnologías. La actualización de las normas de interoperabilidad de cargadores, los requisitos de conexión en distribuidoras, los permisos ambientales para proyectos eléctricos de gran escala y la regulación para almacenamiento energético permiten que la infraestructura acompañe el ritmo de la innovación. Asimismo, la definición de estándares para equipos de alto consumo como cargadores de potencia ultra-rápida o sistemas trolley en minería es fundamental para evitar cuellos de botella y garantizar que la transición sea segura, eficiente y técnicamente viable.

En contraste, este dinamismo no se replica en la minería. En operaciones a rajo abierto, los camiones CAEX consumen más de 1,2 millones de litros de diésel al año, generando hasta 5.000 toneladas de CO₂ por unidad. Juan Carlos Cortés, de Komatsu Chile, destaca que “los CAEX generan cerca del 80% de las emisiones directas dentro de una faena minera”, debido a sus exigencias de potencia y operación continua. Este contexto explica la mayor complejidad de electrificar este segmento.



Sustituir un CAEX exige rediseñar la logística energética completa, implementando subestaciones, líneas de distribución y cargadores capaces de sostener altas demandas de potencia en zonas remotas. A esto se suma la necesidad de mantener estándares estrictos de disponibilidad, protocolos de seguridad específicos, tiempos de respuesta reducidos ante fallas y personal especializado para manejar componentes eléctricos de gran escala. Aunque Komatsu desarrolla pilotos con baterías y sistemas trolley, Cortés enfatiza que ninguna innovación puede comprometer la continuidad operacional: “Toda tecnología que llegue tiene que garantizar la continuidad del proyecto minero”.

La comparación entre electrificación directa e hidrógeno verde es especialmente crítica dentro del marco planteado por la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde (2020), que proyecta a Chile como productor competitivo a largo plazo, pero reconoce que aún persisten brechas de costos y eficiencia. Mientras los sistemas eléctricos alcanzan eficiencias cercanas al 80%, la cadena del hidrógeno suele permanecer bajo el 40%. En Chile, su costo supera los 5 USD/kg según el estudio «Evaluación de la viabilidad técnico-económica en la implementación de hidrógeno verde en el transporte pesado de carga y pasajeros», citado por Electrominería.cl. Komatsu resume esta evaluación con claridad:

“El hidrógeno verde no lo vemos como una tecnología aplicable ahora ya... está por verse más adelante”

proyectando su adopción recién hacia 2030, dependiendo del desempeño de los pilotos eléctricos actuales. En contraste, Enel X considera el hidrógeno como un vector energético futuro, pero mantiene como prioridad inmediata la electrificación: **“La electrificación masiva y la gestión digital avanzada son hoy el corazón de nuestra estrategia”**, afirma Peña.

Las posturas divergentes entre ambos sectores reflejan un punto esencial: la transición energética no es homogénea. Avanza según la madurez tecnológica, la tolerancia al riesgo y la criticidad operacional de cada industria. Mientras Enel X impulsa soluciones eléctricas escalables hoy, Komatsu adopta una estrategia más prudente, privilegiando únicamente tecnologías probadas en condiciones de alta exigencia.

Aun así, hay consenso sobre un aspecto clave: el diésel está viviendo sus últimos años como fuente dominante en industrias intensivas. La minería lo reemplazará a medida que las alternativas eléctricas y el hidrógeno evolucionen y maduren. Paralelamente, el sector eléctrico demuestra que es posible descarbonizar manteniendo altos estándares de eficiencia y confiabilidad. “La innovación energética no es solo una opción, sino una necesidad operativa y ambiental”, señala Peña. Y Cortés lo complementa con una mirada pragmática: “En algún momento, el diésel va a desaparecer”.



Las decisiones que se adopten hoy definirán no solo la velocidad de la transición energética, sino también su viabilidad económica y su impacto ambiental en el largo plazo. Chile ya demostró que puede liderar en descarbonización, pero el verdadero desafío es asegurar que todos los sectores avancen con la misma determinación. Esto implica priorizar, desde ahora, inversiones en infraestructura eléctrica, incentivos que reduzcan las barreras de adopción tecnológica y planes de formación que preparen al país para operar sistemas energéticos más complejos. Solo al abordar estas decisiones con urgencia será posible que, entre 2025 y 2035, la minería, el transporte y la industria logren converger hacia un modelo energético coherente con los objetivos climáticos nacionales y capaz de sostener la competitividad futura.

SECCIÓN DE ENTREVISTAS



Eficiencia y Sustentabilidad

LA TRANSFORMACIÓN LOGÍSTICA DE FALABELLA



NICOLÁS SANCHEZ
GERENTE
INGENIERIA E INNOVACIÓN
FALABELLA

En un escenario marcado por el cambio climático, regulaciones ambientales cada vez más exigentes y una acelerada digitalización industrial, las empresas enfrentan el desafío de transformar sus operaciones hacia modelos más sostenibles y resilientes. En Chile, Falabella Retail ha impulsado una profunda modernización de sus procesos logísticos, combinando automatización, rediseño de empaques, gestión ambiental y liderazgo en innovación. Nicolás Sánchez Escobar, Gerente de Ingeniería e Innovación, detalla cómo estas estrategias buscan reducir impactos ambientales, mejorar la eficiencia operativa y preparar a la compañía para las exigencias del siglo XXI.

Innovar con propósito

Los cambios ambientales, regulatorios y tecnológicos que atraviesa la industria han redefinido el papel de la Ingeniería Logística, empujando a las empresas a replantear su manera de operar. Esta convergencia de fuerzas transforma los modelos tradicionales y posiciona a la ingeniería como un actor estratégico capaz de articular soluciones que respondan simultáneamente a los desafíos ambientales, normativos y tecnológicos.

En este contexto, las operaciones logísticas adquieren un protagonismo particular. Para Nicolás Sánchez Escobar, la logística moderna constituye precisamente el punto de encuentro entre eficiencia operativa, tecnología y sostenibilidad. Su rol abarca tres grandes áreas: innovación y proyectos, infraestructura y mantenimiento, y continuidad operativa. Cada una tiene un impacto directo en cómo los productos llegan a las personas y en cómo la

empresa reduce su huella ambiental.

Cada una de estas dimensiones incide directamente en cómo los productos llegan a las personas y en cómo la empresa gestiona su impacto ambiental. Como enfatiza Sánchez, “todo lo que afecte un KPI clave de la logística pasa por mi equipo”, evidenciando que las decisiones técnicas no solo apuntan a la eficiencia, sino también a la sostenibilidad y resiliencia de la operación. Desde automatizar procesos y diseñar nuevos centros de distribución hasta incorporar inteligencia artificial y modernizar sistemas, la innovación se concibe como una herramienta estratégica para mejorar eficiencia y avanzar hacia operaciones más limpias.



Página web | Falabella

Sustentabilidad al centro de la operación

La sostenibilidad ha dejado de ser un complemento para convertirse en un pilar central del funcionamiento logístico de Falabella. La empresa trabaja estrechamente con su área de sostenibilidad, impulsada tanto por sus metas corporativas como por las regulaciones vigentes en Chile. Este enfoque ha dado paso a iniciativas que integran criterios ambientales en cada etapa del proceso logístico, tales como: gestión energética en centros de distribución, tratamiento y reutilización de aguas, optimización de empaques en concordancia con la Ley REP, uso de materiales biodegradables o reciclables, y reducción progresiva del cartón y otros residuos.

Un ejemplo concreto es la transición hacia empaques más sustentables: desde la conocida **“bolsita verde biodegradable”**, hasta un innovador empaque para perfumería desarrollado en conjunto con proveedores especializados. Antes, un perfume podía llegar en una caja con 80% de aire. Hoy, una bolsa reciclable con burbujas internas protege el producto usando menos material y reduciendo volumen de transporte.

“Siempre estamos probando materialidades nuevas que sean más amigables con el medio ambiente”, señala Nicolás Sánchez Escobar, Gerente de Ingeniería e Innovación.

Automatización responsable

La automatización es hoy un pilar clave en la estrategia ambiental y de eficiencia de Falabella. Robots eléctricos, paneles solares y sistemas inteligentes han reemplazado procesos que históricamente consumían más recursos, combustibles y horas operativas.

Uno de los centros de distribución de la compañía, catalogado como uno de los más modernos de Latinoamérica, cuenta con más de 30 kilómetros de cintas transportadoras, lo que permite disminuir el uso de grúas, reducir emisiones y mejorar el flujo de productos. Paralelamente, se evalúan permanentemente camiones eléctricos y combustibles alternativos para la flota especializada.

Nicolás Sánchez lo explica así: “El automatismo reemplazó procesos que antes requerían más materiales o energía. Hoy funcionan con electricidad y, en muchos casos, con energía solar.”

Una de las tecnologías destacadas es la PaperPro, una máquina capaz de fabricar empaques de largo variable según el tamaño real del producto. Esta herramienta evita el uso innecesario de material, disminuye residuos y aporta eficiencia al proceso de embalaje. La empresa busca, en todas sus iniciativas, puntos donde eficiencia y sostenibilidad se potencian mutuamente. Como sintetiza Nicolás:

“Es muy difícil impulsar algo sostenible que afecte la eficiencia. Lo que buscamos es el punto donde ambas convergen”



En Falabella, la sostenibilidad ha dejado de ser un complemento para convertirse en un eje estructural del negocio. La compañía trabaja activamente para integrar criterios ambientales en cada etapa de su operación logística, desde la gestión energética y el tratamiento de aguas, hasta la innovación en empaques y materialidades. Nicolás Sánchez Escobar destaca que este trabajo no responde solo a exigencias regulatorias, sino a una convicción estratégica: transformar procesos para producir menos residuos, optimizar el uso de recursos y asumir la responsabilidad completa sobre el ciclo de vida de los productos. Esta visión se traduce en acciones concretas como el desarrollo de empaques biodegradables, la reducción del cartón, el rediseño de embalajes para disminuir material sobrante y la incorporación progresiva de tecnologías más limpias, demostrando que la eficiencia y la sostenibilidad pueden avanzar de la mano cuando existe un propósito claro.

Crear condiciones para innovar

Más allá de los aspectos técnicos, la conversación revela la mirada de Nicolás Sánchez sobre el liderazgo y la cultura interna. Para él, la innovación sólo florece cuando existen las condiciones adecuadas, y eso comienza por algo tan humano como aceptar el error como parte del proceso.

Su enfoque se basa en generar confianza y autonomía, destrabar procesos, detectar motivaciones individuales y conectar a las personas correctas para que las ideas puedan escalar. Promover equipos que trabajen con propósito no solo impulsa resultados, sino que activa un círculo virtuoso donde la motivación, la creatividad y el orgullo por el trabajo se fortalecen mutuamente. “Cuando las personas ven el impacto que generan, se sienten dueñas de sus logros. Ese es el círculo virtuoso”, resume.

“En empresas que castigan el error, la innovación se muere”, afirma.



Artículo | Perú Retail

LUIS VALDIVIA

GESTIONANDO LA SOSTENIBILIDAD EN COMPAÑÍA CERVECERÍAS UNIDAS

“PERDEMOS MUCHO TIEMPO ENFOCÁNDONOS EN LAS SOLUCIONES SIN ENTENDER EL PROBLEMA BASE. ESTAS HERRAMIENTAS SIRVEN PARA IDENTIFICAR EXACTAMENTE EL PROBLEMA.”

Producción cervecera con eficiencia y sostenibilidad: la experiencia de CCU Quilicura

La planta de CCU en Quilicura fue concebida desde su diseño como una operación orientada a la reducción de residuos y al uso eficiente de los recursos. A través de metodologías como TPM, Gemba, 5PQ, Kaizen y 5S, y apoyada por un sistema de gestión ambiental certificado bajo ISO 14001, la planta ha impulsado una cultura de mejora continua que articula desempeño operativo, sostenibilidad y toma de decisiones basadas en evidencia.

En un contexto donde la industria cervecera enfrenta nuevos desafíos asociados al uso de agua, energía, materiales, emisiones y valorización de residuos, Luis Valdivia, Jefe de Línea y líder del Pilar Agua y Energía en CCU Quilicura, comparte su experiencia en la implementación de herramientas operacionales, la cultura interna, la visión medioambiental al 2030 y las oportunidades para avanzar hacia una producción más limpia.

¿De qué manera las metodologías TPM y sus pilares han contribuido a disminuir mermas y resolver problemas operativos?

Hemos enfocado gran parte de nuestros esfuerzos en disminuir tanto las mermas como los problemas de producción a través de las metodologías TPM y los pilares. Constantemente medimos nuestras mermas de empaque y extracto con la idea de crear mejoras, que muchas veces son sorprendentemente simples, a través de las herramientas Gemba y 5PQ.

¿Qué aprendizajes clave se pueden transferir a plantas más antiguas?

Específicamente el ataque a la raíz del problema. Perdemos generalmente mucho tiempo enfocándonos en las soluciones sin entender el problema base. Es por ello que estas herramientas nos sirven para que sepamos exactamente el problema.

¿Cómo se traduce la certificación ISO 14001 en decisiones operativas diarias?

CCU lleva con un plan de auditoría hace años para generar una excelencia operativa comparable con las empresas líderes a nivel mundial como AB InBev y Heineken. Las líneas de producción tienen un "Master Plan" enfocado en el cumplimiento de las ISO.

Se traduce en una mejora general de la planeación y enfoque del operador en la línea, ya que necesitamos que entienda exactamente el por qué y el cómo. Esto generalmente está relacionado con los bonos, así que el disminuir las mermas es tanto un problema para nosotros como para los operadores.

¿Incorpora CCU métricas tipo Empresa B en sus reportes de sostenibilidad?

CCU tiene planes de mejora de sostenibilidad como su visión a 2030. Medimos constantemente el uso de agua, CO₂, soda cáustica, tapas, envases tanto

de vidrio como de latas para disminuir las mermas y mejorar la sostenibilidad, tanto en un sentido económico como uno sostenible.

¿Cuál es el objetivo principal de la Visión Medioambiental 2030?

Como foco principal, buscamos que aproximadamente el 75% de la energía utilizada sea renovable, esto mediante convenios con las empresas energéticas, como también una generación autosustentable de la energía.

En envasado podríamos enfocarnos en las máquinas pasteurizadoras, las cuales ocupan la mayoría de la energía. Utilizan grandes cantidades de energía y vapor. Creo que si nos enfocamos en estas máquinas podríamos lograr esta visión del 2030, ya que son con diferencia nuestro mayor disparador energético en envasado.

¿Existe un proceso de valorización para el bagazo de cebada y otros residuos?

Sí, vendemos el bagazo, junto a otros orujo y la levadura, que se puede reutilizar hasta 7 veces en los estanques de cerveza. Todas se venden a distribuidores de CCU.

¿Cuáles son los fundamentos operativos del tratamiento de RILES en la planta?

Además del reglamento legal, que obliga a que sea agua limpia, se utilizan herramientas de hervir el agua para capturarla y filtrarla, dejando los organismos e impurezas filtradas en la planta de RILES.

¿Se está trabajando en reducir el peso de botellas y latas?

Siempre estamos intentando optimizar todos los elementos de las botellas y latas. Nos enfocamos en lo económico en este ámbito, pero la optimización beneficia tanto costos como sostenibilidad.

¿Influyen los indicadores de eficiencia energética en las decisiones de compra de nuevos equipos?

Sí, ya que generalmente implica un mayor gasto energético y disminución en la eficiencia operativa. Buscamos la mayor eficiencia posible, y generalmente estas máquinas más modernas cumplen con este objetivo.

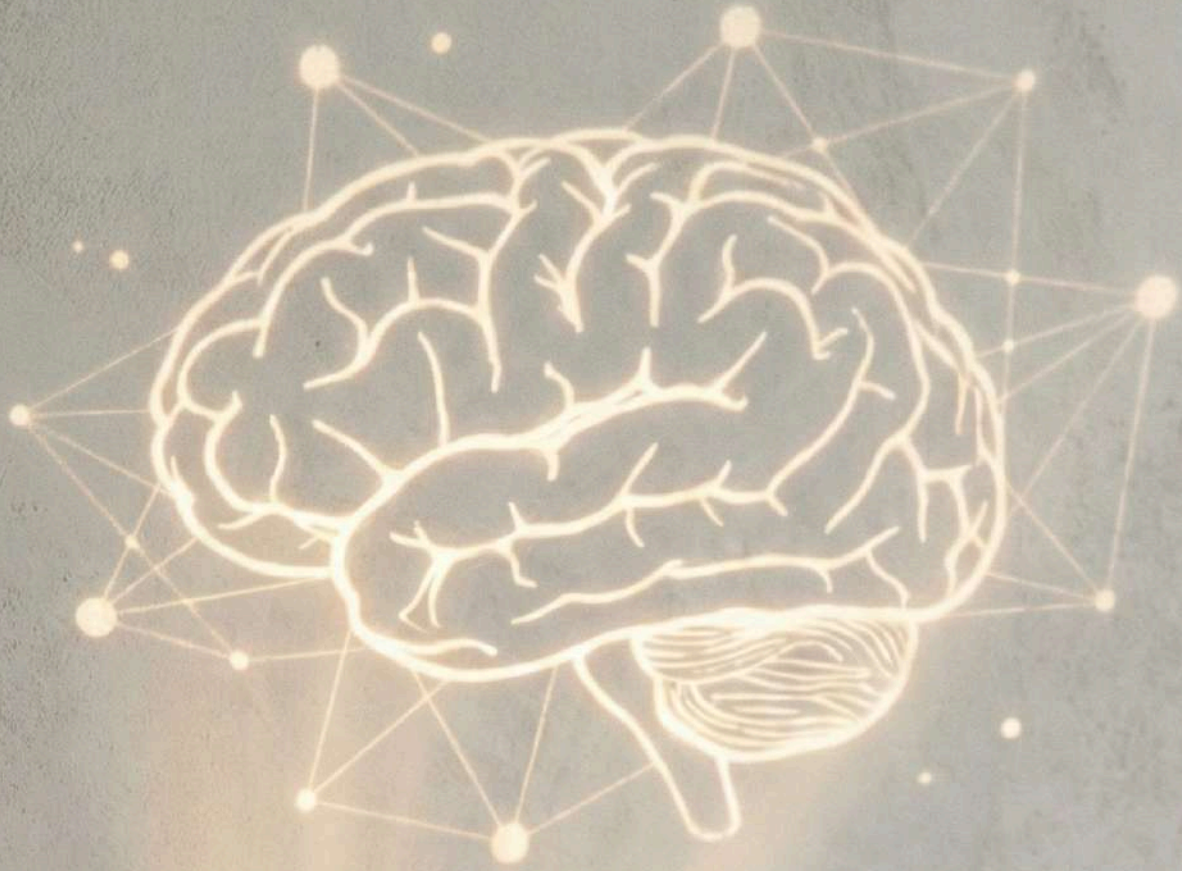
¿Qué oportunidades y desafíos se presentan en materia de emisiones de distribución?

Sé que CCU tiene la intención de utilizar camiones eléctricos, además de convenios de transporte con el ministerio de energía gracias al peso de grupo Quiñenco. Esa información la maneja el área de logística.

LA EXPERIENCIA DE CCU EN QUILICURA MUESTRA CÓMO LA MEJORA CONTINUA Y LA GESTIÓN AMBIENTAL PUEDEN INTEGRARSE EN LA OPERACIÓN DIARIA DE UNA INDUSTRIA TRADICIONAL, GENERANDO RESULTADOS TANTO EN EFICIENCIA COMO EN SOSTENIBILIDAD. DESDE EL USO INTELIGENTE DE METODOLOGÍAS TPM HASTA EL IMPULSO DE TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS MÁS LIMPIAS Y LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS, LA PLANTA SE POSICIONA COMO UN REFERENTE NACIONAL EN PRÁCTICAS PRODUCTIVAS RESPONSABLES.



COLUMNAS DE OPINIÓN



COLUMNA DE OPINIÓN

UNIVERSIDAD SOSTENIBLE



LA UNIVERSIDAD SOSTENIBLE, UN IMPERATIVO ÉTICO

En un planeta marcado por la crisis climática, la desigualdad social y los conflictos bélicos. En un mundo donde las certezas de la cooperación internacional, el multilateralismo y la democracia han sido sustituidas por barreras arancelarias, promoción de la hegemonía y resurgimiento de autoritarismos

¿Qué rol pueden jugar las universidades?

La Agenda 2030 como plan de acción global adoptado por las Naciones Unidas en 2015, incluye 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) interconectados para promover soluciones al año 2030 que aborden problemas urgentes como la pobreza, el hambre, el cambio climático, la desigualdad y la degradación ambiental, buscando un equilibrio entre lo social, lo económico y lo ambiental en aras del progreso y desarrollo.

Frente a estos desafíos las universidades como espacios de pensamiento deben jugar un papel ineludible y están llamadas a desempeñar un rol fundamental en la promoción de acuerdos y en la generación de conocimiento. Las Instituciones de educación superior pueden y deben contribuir a la consecución de la Agenda 2030 y al cumplimiento de los señalados Objetivos.

La integración de la sostenibilidad entendida como la búsqueda de la calidad ambiental, la justicia social y una economía equitativa y viable a largo plazo, debe permear también la actividad universitaria en todo su quehacer, sea esta docente, investigativa, de vinculación con el medio o en la gestión institucional.

La función docente es la piedra angular de esta transformación. Integrar los criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) en la educación universitaria es crucial para preparar a los futuros profesionales en los desafíos del siglo XXI.



DR. EMILIO OÑATE VERA
VICERRECTOR ACADÉMICO
UNIVERSIDAD CENTRAL DE CHILE

Esto significa ir más allá de los conocimientos disciplinares tradicionales para dotar al alumnado de habilidades y motivación para comprender y abordar los desafíos globales que deberán enfrentar.

Los modelos deben incluir principios y valores relacionados con la ética, la sustentabilidad, el medioambiente, el pensamiento crítico, los Derechos Humanos, el género, la diversidad e inclusión, para que los y las estudiantes adquieran competencias transversales clave, como el pensamiento sistémico, la resolución integral de problemas y la capacidad de colaboración, esenciales para enfrentar retos multifacéticos e interconectados.

La investigación también es indispensable, ya que es un eje que proporciona la base empírica, las soluciones, las tecnologías y las innovaciones necesarias para respaldar la implementación de los ODS a nivel global. Considerado la naturaleza compleja de estos desafíos, las universidades deben superar los enfoques disciplinarios tradicionales, fomentando una investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria, creando estructuras y foros que promuevan la interacción y la integración entre los distintos saberes.

Además de generar conocimiento, la universidad debe actuar como un centro de innovación, apoyando el desarrollo de soluciones sociales y tecnológicas utilizando sus sedes y dependencias como un "laboratorio vivo" para la investigación aplicada que se alinee con las demandas sociales apoyando la implementación local y nacional de los ODS. Así la universidad se concibe como un sistema orgánico donde la teoría enseñada en las aulas se refleja en la práctica del campus, asegurando que cada acción formativa, investigativa y de gestión contribuya al bienestar de los distintos estamentos universitarios. A fin de cuentas, la universidad como comunidad, es como un ecosistema: cada Facultad, cada carrera, cada unidad y cada curso debe funcionar armónicamente para nutrir un ambiente de aprendizaje que sea, en sí mismo, un modelo de sostenibilidad para el entorno y la sociedad en la que esta inserta.



“La sostenibilidad debe ser capaz de articular toda la estructura universitaria.”

La sostenibilidad debe ser capaz de articular toda la estructura universitaria. Este compromiso explícito debe estar reflejado en la visión y misión de la universidad, y debe ser impulsado por un plan institucional de desarrollo o plan estratégico corporativo también alineado con los ODS. Si bien estos desafíos son complejos y demandantes, la Universidad Central a través de su Proyecto Educativo Institucional - PEI, que sitúa a los y las estudiantes en el centro de su quehacer, ha hecho frente a estas exigencias.

En efecto, nuestro PEI y su implementación, es la expresión viva del compromiso con una educación superior transformadora, inclusiva y de calidad. Su actualización es fruto de un proceso participativo y riguroso, desarrollado entre 2019 y 2025, que permitió revisar nuestros fundamentos, renovar el modelo educativo y fortalecer la coherencia entre la misión institucional y la experiencia del estudiantado, que se despliega en la actualización de los planes de estudios de nuestras 34 carreras y que se sustenta precisamente en el sello institucional que integra el pensamiento crítico, la internacionalización, el género, la diversidad y la inclusión, así como la sostenibilidad.

Una expresión de aquello es el convenio que nuestra universidad, en agosto pasado, renovó por cuatro años más con COLBÚN S.A. empresa líder en generación y comercialización de energía eléctrica, consolidando un compromiso por la energía limpia y el desarrollo sustentable. Acuerdo que permite que todos los edificios de la sede Santiago sean abastecidos en un 100 % por energías renovables, lo que equivale a sacar de circulación 141 autos, plantar más de 5.043 árboles o evitar la emisión de 530 toneladas de CO₂ al año.

Como comunidad, tenemos la profunda convicción que las universidades tienen el deber de formar profesionales conscientes de los desafíos medioambientales y la apuesta por energías limpias no es solo un aporte a la mitigación del cambio climático, sino también una inversión en la calidad de vida de las próximas generaciones.

La integración de la sostenibilidad en la Universidad Central no es una opción, sino un imperativo moral y estratégico que define su quehacer hacia el siglo XXI, para formar no solo profesionales, sino personas comprometidas con su entorno y la sociedad, competentes para incidir en las transformaciones que el país y el mundo demandan.

COLUMNA DE OPINIÓN

RESIDUOS TEXTILES



TRANSFORMEMOS LOS RESIDUOS EN RECURSOS

A veces nos preguntamos qué relación tiene la economía circular con nuestras vidas. Suena como un concepto grandilocuente, técnico, casi lejano, pero en realidad está presente en todo lo que hacemos, compramos y desechamos. La economía circular no es una moda ni una tendencia: es una manera de mirar el mundo y, sobre todo, de asumir responsabilidad por lo que consumimos.

La economía circular busca extender la vida útil de los recursos, minimizar los residuos y diseñar sistemas regenerativos. Pero más allá del modelo productivo, propone un cambio cultural: pasar del “usar y botar” al “usar y volver a usar”. Nos invita a pensar antes de consumir y a entender que cada decisión que tomamos tiene impacto económico, ambiental y social.

Sin embargo, el cambio no parte en las fábricas ni en los gobiernos. Parte en nosotros: en cómo entendemos el valor de las cosas, en cómo decidimos qué compramos, a quién y por qué.

La economía circular puede parecer abstracta hasta que la llevamos a lo cotidiano. Pensemos, por ejemplo, en nuestras abuelas: zurcían los calcetines, guardaban los frascos de vidrio y heredaban la ropa de sus hijos a los primos más chicos.

Eso también era circularidad, aunque nadie lo llamara así. Era aprovechar los recursos al máximo, porque existía una conciencia implícita del valor de las cosas.



POR DANIELA EHJO PAREDES
FUNDADORA DE ECOCITEX
INGENIERA CIVIL UC

Hoy, en cambio, la facilidad de acceso al crédito y la inmediatez del mercado nos llevaron a olvidar esa relación. Es más barato comprar que reparar, más simple reemplazar que mantener. La industria nos convenció de que lo nuevo siempre es mejor, y el marketing nos enseñó a medir nuestro valor en función de lo que poseemos. Así, de a poco, dejamos de ver los residuos como materiales con potencial y los convertimos en basura.

La economía circular nos devuelve algo muy valioso: el poder de decidir. Nos permite entender que cada compra es un voto, que cada acción individual influye en el comportamiento de las marcas y en el diseño de los productos.

¿Te imaginas un mundo sin botellas plásticas, donde todo sea retornable? ¿O una etiqueta de ropa que indique cuánta agua se utilizó para producirla?

Esa información cambia la manera en que consumimos, porque nos permite tomar decisiones con conciencia. Nos recuerda que el problema no es solo de la industria, sino también nuestro.

Hoy vivimos rodeados de tecnología, con acceso a datos y transparencia como nunca antes. Tenemos la posibilidad —y la responsabilidad— de ser nuestros propios auditores. De preguntarnos: ¿qué pasa con esta prenda cuando ya no la uso? ¿Qué hacen las marcas con lo que no venden? ¿A dónde van los envases que dejamos en los puntos de reciclaje? Preguntas simples.

Como ingeniera, siempre me ha fascinado comprender los sistemas: el flujo de los materiales, la optimización de procesos y la reducción de pérdidas. Pero también he aprendido que detrás de cada sistema hay personas, y que la verdadera innovación ocurre cuando la ingeniería se pone al servicio del propósito.

La economía circular es una oportunidad para que las y los ingenieros pensemos distinto. No se trata solo de diseñar productos reciclables, sino de repensar la cadena completa: desde la extracción hasta la reutilización. Se trata de aplicar pensamiento sistémico, diseño de procesos, logística inversa y trazabilidad — todo lo que nuestra formación nos da— para construir soluciones reales.

Pero sobre todo, se trata de liderar con sentido; de recordar que la ingeniería también puede regenerar: el planeta, las comunidades y las relaciones entre las personas y los recursos. Porque ya no da lo mismo cómo hacemos las cosas.

La circularidad no se logra solo con leyes o tecnologías. Se logra con cultura. Con personas que entiendan que no somos consumidores, sino cohabitantes de un planeta finito.

Hoy, en 2025, tenemos más poder que nunca: podemos amplificar o cancelar una marca con un clic, premiar a quien actúa con coherencia o exigir responsabilidad a quien no lo hace. Ese es nuestro poder político como consumidores, y usarlo con sabiduría es una de las formas más simples y efectivas de generar impacto.

La economía circular no es solo un modelo económico; es un recordatorio de que todo lo que hacemos tiene consecuencias.

No se trata de dejar de consumir, sino de consumir con conciencia. De mirar lo que tenemos y preguntarnos si realmente lo necesitamos. De reparar antes de reemplazar. De compartir antes de desechar. De volver a mirar con gratitud aquello que hemos dado por sentado.

El desafío está en volver a esa sabiduría simple, pero ahora con herramientas modernas. Combinar innovación y empatía.

La economía circular nos invita a recordar algo que quizás habíamos olvidado: que la sostenibilidad no es una meta, sino una forma de vivir. Que lo circular no está en el futuro, sino en nuestras propias raíces.

“No se trata de dejar de consumir, sino de consumir con conciencia. De mirar lo que tenemos y preguntarnos si realmente lo necesitamos.

De reparar antes de reemplazar. De compartir antes de desechar. De volver a mirar con gratitud aquello que hemos dado por sentado.”

ECOCITEX

Página Web | Ecocitex

COLUMNA DE OPINIÓN

PÉRDIDA DE ALIMENTOS



EL DESPERDICIO Y PÉRDIDA DE ALIMENTOS COMO UN PROBLEMA MULTIDIMENSIONAL: LA OPORTUNIDAD DE POTENCIAR SOLUCIONES COLABORATIVAS PÚBLICO-PRIVADAS.



CRISTÓBAL HORMAZÁBAL ROJAS
COOPERATIVA CERRILLOS RECICLA.

Somos una cooperativa familiar, separamos cáscaras, restos de frutas y verduras, residuos de café, restos de poda, ceniza, cáscaras de huevo, entre otros. A simple vista parece poco —una bolsa diaria por hogar—, pero cuando multiplicamos por miles de hogares, ese “poco” se transforma en toneladas desperdiciadas, emisiones de metano y oportunidades perdidas para regenerar suelos urbanos y periurbanos.

“En esa brecha entre lo que tiramos y lo que podría volver a la tierra está la razón de ser de nuestra cooperativa de compostaje y también la urgencia de intervenir a escala local y sistémica.”

A escala planetaria, desperdiciar alimento implica malgastar agua, suelo y energía; según los informes internacionales, el conjunto de pérdidas y desechos alimentarios representa un porcentaje notable de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Además, buena parte del desperdicio ocurre en los eslabones finales de la cadena: hogares, restaurantes y comercio minorista. Pero en regiones agrícolas también hay pérdidas importantes en postcosecha por falta de cadena de frío, transporte y procesos de acopio adecuados.

Además, el desperdicio y la pérdida de alimentos son un problema multidimensional: social, ambiental y económico. Datos oficiales y de organizaciones independientes muestran que Chile no es una isla frente a este desafío: cantidades enormes de alimentos se pierden en la cadena productiva y se desperdician en los hogares. Ese flujo de residuos orgánicos mal gestionados genera emisiones de gases de efecto

invernadero, contamina napas subterráneas y desaprovecha nutrientes que podrían volver como compost de alta calidad a la agricultura y a huertos urbanos. Transformar ese flujo en recurso requiere sumar a las familias, los municipios, la industria agroalimentaria y el Estado. Somos un país con alta dependencia de la exportación agroalimentaria, y al mismo tiempo con zonas urbanas donde la inseguridad alimentaria convive con residuos evitables. A nivel local existen iniciativas destacables: redes de bancos de alimentos —incluyendo bancos municipales y organizaciones sin fines de lucro— que recuperan excedentes para redistribuirlos a comedores y familias vulnerables; programas municipales que conectan horticultores o mercados con entidades sociales; y proyectos de compostaje comunitario.

Por lo tanto, en Chile hoy existe una ventana de oportunidad que hay que aprovechar con decisión pública-privada. El Estado ha avanzado en crear e incentivar estrategias nacionales de valorización de residuos orgánicos. También ha creado manuales técnicos para instalaciones de compostaje, que estandarizan buenas prácticas y reducen riesgos sanitarios y ambientales. Estas herramientas son fundamentales para que cooperativas como la nuestra operen con trazabilidad y calidad, pero solo tendrán impacto si se articulan con políticas locales y con incentivos económicos que hagan viable la recolección selectiva y la comercialización de compost.

El trabajo colaborativo es la clave del éxito. Los municipios pueden facilitar puntos de acopio y logística, las empresas —supermercados, restaurantes y mercados locales— pueden reducir desperdicios y donar o derivar sobrantes aptos para compostaje, y las universidades y centros técnicos aportar protocolos de calidad y análisis de suelo para certificar los abonos que producimos. Se deben aprovechar las ventajas de incorporar herramientas tecnológicas e investigación para potenciar la mejora de los procesos. A la vez, el rol de la ciudadanía es clave: separar en origen, entender qué residuos van al compost y cuáles no, y valorar el producto final como una materia prima indispensable para la agricultura urbana y la recuperación de suelos degradados. Todo esto exige acuerdos claros, financiamiento público y marcos de responsabilidad extendida para productores.

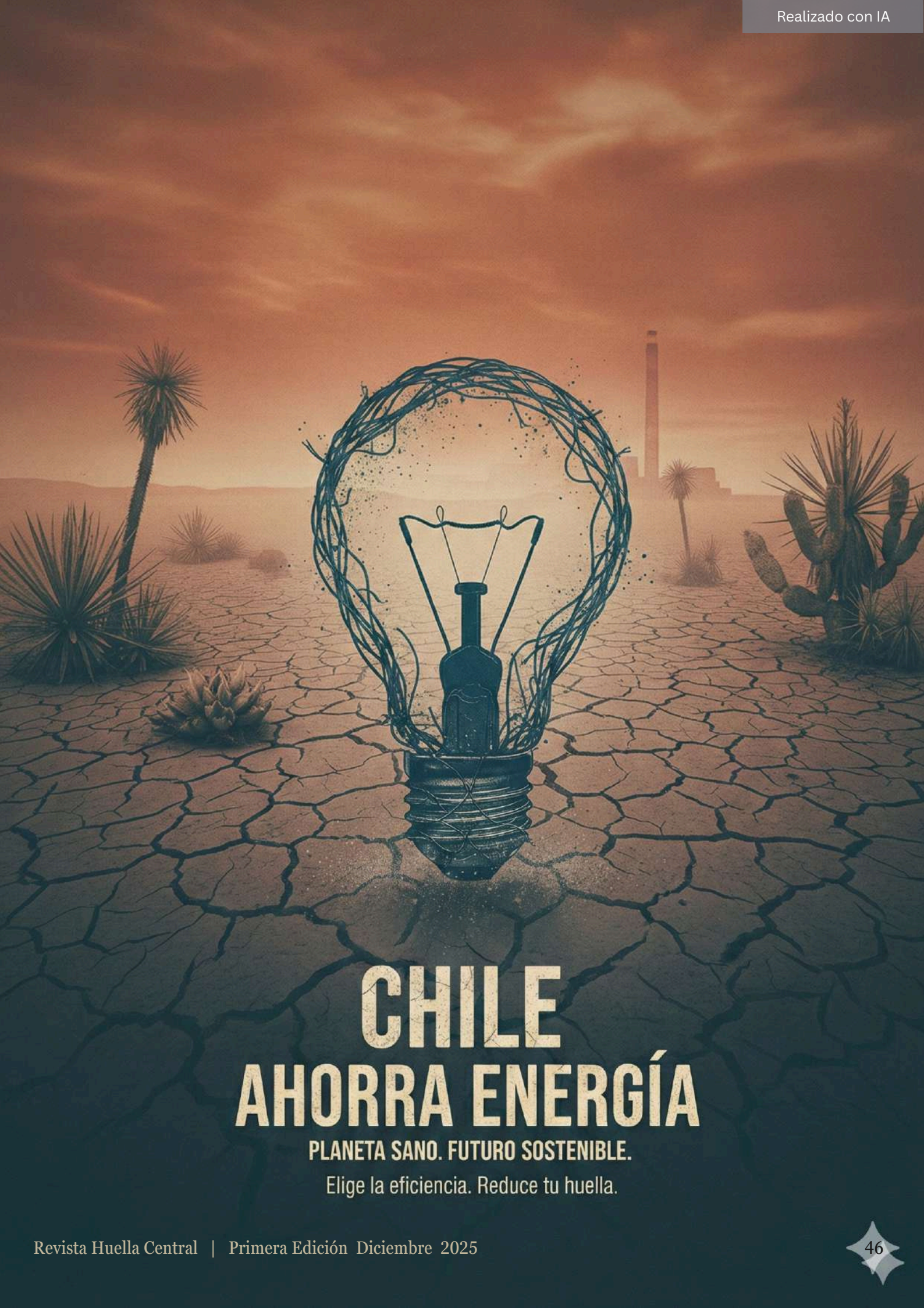
Chile, además, ha mostrado liderazgo regional en el empujón institucional hacia la economía circular. La recolección de datos del sector agropecuario —como el reciente impulso a la Encuesta Nacional Agropecuaria y los censos sectoriales— permite conocer la oferta, las pérdidas en origen y las oportunidades de valorización de residuos a escalas regionales y comunales. Contar con estadísticas robustas no es un ejercicio académico: es la base para diseñar subvenciones, líneas de crédito y programas de extensión que conecten la producción primaria con soluciones locales de valorización. Sin datos no hay políticas efectivas; por eso es atingente el trabajo del INE y del Ministerio de Agricultura en la recolección anualizada de información agropecuaria.

Nuestra experiencia práctica como cooperativa confirma lo que indican los documentos: la separación en origen y una logística integrada reducen drásticamente los costos y aumentan la calidad del compost. Sin embargo, también vemos barreras: infraestructura de transporte insuficiente, falta de espacios municipales adaptados y desconocimiento por parte de comercios y familias. Es aquí donde la

colaboración público-privada debe ser más que un lema: necesitamos convenios que permitan, por ejemplo, que supermercados donen excedentes, que los municipios financien centros de compostaje en su territorio y que empresas de servicios sean contratadas para logística inversa. El sector privado puede aportar inversión y canales de distribución; el público, regulación y financiamiento orientado a beneficio social y ambiental.

Finalmente, hacemos un llamado: transformar la pérdida y el desperdicio de alimentos en una política de Estado práctica y palpable exige tres compromisos simultáneos. Primero, invertir en educación y sistemas de separación en origen que involucren a las familias, organizaciones locales y grupos de interés. Segundo, articular incentivos económicos y normativos para que la industria participe activamente en la cadena de valorización. Tercero, mantener y mejorar los sistemas de información pública —encuestas, censos y registros— para que las decisiones se basen en evidencia y no en percepciones. Chile, con sus avances en estrategias y encuestas agropecuarias, tiene una posición favorable para liderar en Latinoamérica; pero el liderazgo se consolida donde la política pública conecta con iniciativas concretas en terreno, como la de nuestra cooperativa, que día a día convierte residuos domésticos en vida para la tierra.

Si algo nos enseña el compostaje es que los ciclos cerrados funcionan mejor cuando todos participan: la suma de pequeñas acciones domiciliarias, el respaldo técnico y regulatorio del Estado y la inversión responsable del sector privado pueden convertir una crisis de desperdicio en una oportunidad para la soberanía alimentaria y la regeneración ambiental. Nuestra invitación como cooperativa es simple: sumémonos —familias, municipios, empresas y Estado— a devolver los nutrientes al suelo y a construir juntos una economía más circular, justa y resiliente.



CHILE AHORRA ENERGÍA

PLANETA SANO. FUTURO SOSTENIBLE.

Elige la eficiencia. Reduce tu huella.

Palabras finales

Las profundas transformaciones que hemos vivido como sociedad en los últimos años han puesto en evidencia la urgencia de repensar nuestro desarrollo y las responsabilidades que asumimos como futuros profesionales. En un escenario marcado por el cambio climático, la digitalización acelerada y la necesidad de adoptar modelos industriales más responsables, nuestra labor como ingenieras e ingenieros civiles industriales adquiere un sentido trascendental. No solo diseñamos soluciones para los desafíos actuales, también contribuimos a anticipar y construir el futuro sostenible que deseamos.

Como estudiante de Ingeniería Civil Industrial, valoro profundamente la oportunidad de profundizar en el impacto que nuestra disciplina puede generar en ámbitos tan relevantes para lograr una transición a la sostenibilidad. Este aprendizaje no solo amplía nuestras capacidades técnicas, sino que también fortalece nuestra comprensión del rol social que debemos asumir en un contexto de transformaciones globales.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la profesora María-Ignacia Rivera, cuya guía, compromiso y visión fueron claves para llevar adelante esta edición. Su orientación nos instó a mirar más allá de lo evidente y comprender la magnitud del desafío que implica avanzar hacia modelos de desarrollo sostenibles.



Agradezco igualmente a todas las personas que, con generosidad, nos brindaron su tiempo para compartir conocimientos, experiencias y perspectivas. Sus aportes fueron fundamentales para enriquecer cada sección de esta revista y para comprender la sostenibilidad no solo como un concepto académico, sino como un proyecto colectivo.

Finalmente, me enorgullece presentar esta publicación, resultado del esfuerzo, dedicación y profesionalismo del equipo que dio vida a este proyecto. Gracias al compromiso de cada integrante, esta edición no solo logró cumplir con las expectativas, sino también ampliarlas, consolidándose como un aporte significativo en la reflexión sobre los desafíos y oportunidades que enfrenta la ingeniería en la transición hacia un futuro más sostenible.

Matías Carrasco Fuentes

Estudiante de Ingeniería Civil Industrial,
Universidad Central de Chile.



REFERENCIAS

Codelco. “Codelco launches its 2024 Sustainability Report and reinforces its commitment to transparency and sustainable development.”

<https://www.codelco.com/en/codelco-lanza-su-reporte-de-sustentabilidad-2024-y-refuerza-su>

Codelco. “Codelco launches its first Climate Change Report and consolidates its strategy toward more resilient and low-emission mining”

<https://www.codelco.com/en/prensa/2025/codelco-lanza-su-primer-reporte-de-cambio-climatico-y-consolida-su>

Codelco “Sustainability Commitments by 2030”

<https://www.codelco.com/sustainability-commitments-by-2030>

Codelco “Codelco y NTT DATA firman alianza estratégica para acelerar la transformación digital y sustentable de la minería del futuro”

<https://www.codelco.com/codelco-y-ntt-data-firman-alianza-estrategica-para-acelerar-la>

Reuters. “Chilean miner Codelco to use recycled material for ball milling at El Teniente mine”

<https://www.reuters.com/sustainability/chilean-miner-codelco-use-recycled-material-ball-milling-el-teniente-mine-2025-01-30/>

Codelco. “Sustentabilidad”

<https://www.codelco.com/sustentabilidad>

Codelco líder global en producción

<https://www.codelco.com/codelco-alcanzo-937-mil-toneladas-de-produccion-propia-y-us-4-159>

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (Chile). “Plan Nacional de Data Centers PDATA 2024–2030.” Disponible en: <https://minciencia.gob.cl>

Siscotec. “Impacto de los centros de datos en el medio ambiente y la sostenibilidad.” Disponible en: <https://siscotec.com>

Rom-Mayer. “La gestión de energía en centros de datos: eficiencia y sostenibilidad.” Disponible en: <https://www.rom-mayer.cl>

Enertic. “Modernización sostenible de los centros de datos: retos y oportunidades en la era Green IT.” Disponible en: <https://enertic.org>

Gerencia.cl. “Eficiencia energética: un desafío para los Data Centers.” Disponible en: <https://www.gerencia.cl>

Gerencia.cl. “Eficiencia energética y sostenibilidad: importancia de la tecnología.” Disponible en: <https://www.gerencia.cl>

Arxiv.org. “Electronic Waste Management: Challenges and Solutions.” Disponible en: <https://arxiv.org>

ANAC Chile. Reportes de electromovilidad y estadísticas de mercado automotriz. Disponible en: <https://www.anac.cl>

Coordinador Eléctrico Nacional (Chile). Reportes públicos de generación eléctrica y ERNC. Disponible en: <https://www.coordinador.cl>

Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento. (2024). Reporte de avance de energías renovables en Chile. ACERA. <https://www.acera.cl/>.

Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC). (2024). Informe Mercado Automotor: Ventas de vehículos eléctricos e híbridos enchufables 2024. <https://www.anac.cl/>.

Cochilco. (2023). Consumo de energía y emisiones en la minería del cobre.

Cochilco. (2024). Uso de diésel y emisiones en equipos de gran minería (CAEX).

Consejo Minero. (2023). Sustentabilidad en la minería chilena: Reporte 2023.

Coordinador Eléctrico Nacional. (2024). Reporte estadístico del Sistema Eléctrico Nacional 2023–2024.

Cortés, J. C. (2024). Declaraciones en entrevista para este artículo. Komatsu Chile. Comunicación personal.

Electrominería. (2023). Evaluación de la viabilidad técnico-económica en la implementación de hidrógeno verde en el transporte pesado de carga y pasajeros. Electrominería.cl. <https://www.electromineria.cl/>

Enel X. (2024). Informe de infraestructura de carga y movilidad eléctrica en Chile.

International Energy Agency. (2023). Global Hydrogen Review.

Ministerio de Energía. (2019). Estrategia Nacional de Electromovilidad. Gobierno de Chile.

Ministerio de Energía. (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde. Gobierno de Chile.



**SUSTENTABILIDAD ES MÁS QUE UNA
META, ES UN CAMINO QUE
CONSTRUIMOS DÍA A DÍA CON
INNOVACIÓN, CONOCIMIENTO Y
CONCIENCIA.**

**DESDE LA INGENIERÍA, REAFIRMAMOS
NUESTRO COMPROMISO CON EL
DESARROLLO SOSTENIBLE,
IMPULSANDO IDEAS, PROYECTOS Y
SOLUCIONES QUE EQUILIBREN EL
PROGRESO CON EL RESPETO POR
NUESTRO ENTORNO.**

UNIVERSIDAD CENTRAL DE CHILE

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
INDUSTRIAL**



REVISTA ONLINE



HUELLA_CENTRAL

