



expande
Impulsando soluciones para
la minería del futuro

CASOS DE
INNOVACIÓN
DE PROVEEDORES
EN LA **MINERÍA**
CHILENA
2018

VOL. 3

CASOS DE
INNOVACIÓN
DE PROVEEDORES
EN LA **MINERÍA**
CHILENA
2018

VOL. 3

Programa Expande

La presente publicación, *Casos de Innovación de Proveedores en la Minería Chilena, Volumen 3*, se enmarca en el Programa de Innovación Abierta en Minería, Expande, un modelo colaborativo público-privado, que impulsa el desarrollo de soluciones de alto potencial provenientes de empresas de base tecnológica y las conecta con los desafíos que enfrenta la minería.

La iniciativa responde a una mirada a largo plazo definida en el documento *Minería, una plataforma de futuro para Chile* y en la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento, que apunta a diversificar la matriz productiva del país y desarrollar industrias de bienes y servicios intensivas en conocimiento.

Expande cuenta con la participación de CORFO, Antofagasta Minerals, BHP, Codelco, Fondo de Inversión Estratégica (FIE), Programa Nacional de Minería Alta Ley de Transforma, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; Ministerio de Minería y BID-FOMIN, además de Fundación Chile.

Primera edición Programa de Innovación Abierta en Minería, Expande

Santiago, 2018.

Comité Editorial

Fundación Chile: Andrés Pesce, Ricardo Morgado, Enrique Molina, Loreto Velázquez.

Centro de Innovación UC Anacleto Angelini: Conrad von Igel, Trinidad Álvarez, Julio Pertuzé, Sergio Burdiles.

Equipo de Redacción y Desarrollo de Contenidos

Centro de Innovación UC Anacleto Angelini: Trinidad Álvarez, Julio Pertuzé, Sergio Burdiles, Pamela Navarrete.

Edición

Centro de Innovación UC Anacleto Angelini: Alejandra Reinoso.

Traducción

Plus Language Services Ltda.

Se agradece la valiosa colaboración de

Programa Nacional de Minería Alta Ley de Transforma-Corfo: Mauro Valdés.

BHP: Susan Lasecki, María José Araneda.

Codelco: Sergio Parada, Luis Felipe Ramírez.

Antofagasta Minerals: Nury Briceño.

CAP Minería: Patricio Contador.

Collahuasi: Rodrigo Silva.

BID-FOMIN: Carolina Carrasco.

Diseño y Diagramación

Ana Urzúa D.

Impresión

Imprenta Fyrma Gráfica LTDA.

Elaborado por:



Socios estratégicos:



Gracias al aporte de:



Proyecto apoyado por



Este programa es desarrollado con aportes de CORFO y del Fondo de Inversión Estratégica del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo .

Apoyan:



ÍNDICE / CONTENT



PRÓLOGO / PROLOGUE

Mauro Valdés / Presidente del Programa Nacional de Minería Alta Ley	8
Marcos Kulka / Fundación Chile	12

CASO DE INNOVACIÓN 01 / INNOVATION CASE 01 16

SAX
Sistema de Análisis Mineralógico
Mineralogical Analysis System

CASO DE INNOVACIÓN 02 / INNOVATION CASE 02 42

APLIK
Sistema de Monitoreo de Riego en Pilas de Lixiviación
Leaching Pad Irrigation Monitoring System

CASO DE INNOVACIÓN 03 / INNOVATION CASE 03 74

TIMINING
Aris
Aris

CASO DE INNOVACIÓN 04 / INNOVATION CASE 04 106

INDIMIN
Smart Mining Coach
Smart Mining Coach

CASO DE INNOVACIÓN 05 / INNOVATION CASE 05 142

AXYS
Sistema Integrado de Monitoreo y Control de Palas
Shovel Integrated Monitoring and Control System

PROPUESTA DE VALOR / VALUE PROPOSITION 166





PRÓLOGO

Mauro Valdés

*Presidente del Programa Nacional
de Minería Alta Ley*

El Programa Nacional de Minería Alta Ley se sustenta en la convicción de que la minería necesita mejorar su productividad y enfrentar con éxito esta fase de madurez en sus principales operaciones y de mayores dificultades técnicas, de seguridad, ambientales y sociales. Y, por otro lado, que la propia minería puede ser una palanca fundamental que nos conduzca, a través de esos mismos desafíos, a desarrollar soluciones que sean de aplicación en la minería mundial y en sectores industriales distintos. De esa manera es la minería, nuestra actividad emblemática a nivel global, la que tiene mayores posibilidades de empujarnos hacia el desarrollo y la sociedad del conocimiento, base del crecimiento sostenido, que es en definitiva a lo que como país aspiramos.

Este libro de *Casos de Innovación de Proveedores en la Minería Chilena*, en su volumen número 3, es un elemento central y una importante contribución para los desafíos establecidos por el Programa Alta Ley, que pone entre sus principales focos el desarrollo del emprendimiento y la innovación como claves para el desarrollo de la minería. Por medio de esta publicación se demuestra con casos específicos y concretos que: 1. Sí se puede innovar en la cadena de valor de la minería; 2. Se señala cuáles son las formas en las cuales se puede hacer emprendimiento o una innovación exitosa en minería, y 3. Que el emprendimiento y la innovación ofrecen soluciones para apoyar la productividad, seguridad y sustentabilidad de la minería.



Fotografía Codelco Chile

PROLOGUE

Mauro Valdés

*President of Alta Ley National Mining
Program of Transforma*

The Alta Ley National Mining Program of Transforma is based on the belief that mining needs to increase its productivity and succeed at this stage of maturity of its main operations, as well as of bigger technical, safety, environmental, and social problems. On the other hand, mining can act as an essential lever that will drive us, through those same challenges, to develop solutions that can be applied to world mining and to different industrial sectors. Thus, mining is not only our most distinctive activity in world terms, but also the one that has the most possibilities of driving us towards development and a knowledge society, which is the base of sustained growth and, ultimately, the country that we aspire to be.

The third volume of this book on *Cases of Supplier Innovation in Mining* is an essential element and an important contribution for the challenges set by the Alta Ley National Mining Program of Transforma, whose focus is the development of entrepreneurship and innovation both of them keys for the expansion of mining. This publication shows specific and real cases to prove that: 1. It is possible to innovate in the mining value chain; 2. It mentions the ways in which entrepreneurship or a successful innovation in mining can be achieved, and 3. That entrepreneurship and innovation offer solutions to promote productivity, safety and sustainability in mining.



En estos últimos tres años, Chile se ha convertido en una de las principales plataformas del mundo en materia de emprendimiento en minería. El contenido de este libro así lo comprueba y, además, está destinado a producir el fenómeno de «bola de nieve».

Tenemos el terreno allanado, las principales faenas de cobre, molibdeno y litio del mundo; tenemos importantes desafíos en la exploración, explotación y procesamiento de minerales; y hemos sido capaces de poner en movimiento una oferta de valor importante para ello. Esto indudablemente traerá como consecuencia una mayor inversión, la creación de dinámicas virtuosas en torno a la industria y el fortalecimiento, desde la minería, de nuestro ansiado tránsito de una economía de recursos naturales a una basada en el conocimiento.



In the last three years, Chile has become one of the main world platforms in terms of mining entrepreneurship. The content of this book is a proof of this and, moreover, it is aimed at producing a “snowball effect”.

We have flattened the field; we have the main copper, molybdenum and lithium mine sites in the world; we face important mineral exploration, exploitation and processing challenges; and we have been able to promote an important value offer for them. No doubt this will bring more investments, the creation of virtuous dynamics in the industry, and the strengthening, boosted by mining, of our long-awaited transformation from a natural resources economy into a knowledge economy.

Marcos Kulka

Gerente General Fundación Chile

Como hemos compartido en los dos volúmenes previos, la minería es extremadamente estratégica para Chile por la oportunidad que nos brinda de marcar con el ejemplo nuevos modelos de transformación de desarrollo sustentable, de fomento al emprendimiento, nuevos modelos de desarrollo tecnológico e incluso la aspiración de ser el motor en la creación de nuevas industrias del conocimiento.

La única forma de depender menos de la minería del cobre en el futuro será por medio de la propia minería del cobre. Hoy cada tonelada que se exporta de este metal representa una cadena de valor de alto conocimiento y sofisticación productiva. Sin embargo, dado los desafíos que enfrenta la industria en materia de productividad, de desarrollo sustentable en materia económica, ambiental y social, es necesario buscar nuevas fórmulas posibles.

Es en este espacio de oportunidad, en que a través de un modelo de innovación abierta y colaboración radical, se ha tratado de juntar lo mejor de distintos mundos. Por un lado, la demanda revelada de las principales empresas mineras del país; y por el otro, el motor emprendedor tecnológico que Chile ha ido construyendo en la última década.

Este esfuerzo, que ha sido sostenido por más de 10 años, nos presenta hoy el volumen 3 de nuevos casos que están basados en las nuevas tendencias tecnológicas, donde se despliega a cabalidad las posibilidades de transformar a la minería del cobre en *Smart Mining*. Es decir, una minería inteligente que por medio de las tecnologías integradas es capaz de gestionar eficientemente los recursos, lograr soluciones ahorrando energía, procesos productivos más limpios y en el futuro, por qué no, proveer al mundo de cobre



Fotografía Codelco Chile

Marcos Kulka

CEO Fundación Chile

As we have mentioned in the last two volumes, the mining industry is extremely strategic for Chile due to the opportunity it provides us to set an example of new models of sustainable development transformation, new models of promotion of entrepreneurship, and new models of technological development, as well as to become the drive in the creation of new knowledge industries.

The only way to depend less on the copper mining industry in the future will be through the same copper mining industry. Today, each ton that is exported of that metal represents a chain of high-knowledge value and product sophistication. Nonetheless, due to the challenges faced by the industry in terms of productivity and of sustainable development in economic, environmental, and social terms, it is necessary to look for new formulas.

It is in this space of opportunity in which, through a model of open innovation and radical collaboration, we have tried to bring together the best of different worlds. On one hand, the public demand of the main mining companies of the country, and, on the other, the technological entrepreneur boost that Chile has been promoting during the last decade.

This effort, which has been promoted for more than a decade, presents us today with the third volume of new cases based on new technological tendencies, where the possibilities of transforming the copper mining industry into *Smart Mining* are explained thoroughly. This means an intelligent mining that, through integrated technologies, is capable of efficiently managing the resources, achieve solutions that save energy, develop cleaner production processes, and maybe in the future provide the world



con cero huella ecológica para abastecer los requerimientos de la electromovilidad o los *Green Buildings*.

Si pensamos estratégicamente con un grado de ambición mayor, los recursos que nos provee el norte de Chile en materia de cobre, litio, cobalto, radiación solar, etc. podrían

transformar nuestro desierto en un *hub* mundial de abastecimiento de insumos estratégicos para el mundo moderno que se avizora a velocidad crucero. La iniciativa de Expande comparte el sueño de que a través de una plataforma de innovación abierta entre los distintos actores claves del ecosistema, sí es posible contar en un futuro cercano con



Fotografía Codelco Chile

empresas globales y nuevas industrias del conocimiento que pongan a Chile en el mapa del desarrollo.

with copper with no carbon print to supply the requirements of electromobility or of *Green Buildings*.

If we think strategically with more ambition, the resources that the North of Chile provides us in terms of copper, lithium, cobalt, solar radiation, etc. could transform our desert in a world hub of key product supply for the new world that is rapidly dawning. The Expande initiative shares the dream that, through an open innovation platform among the different key actors of the ecosystem, in a close future we will see global companies and new industries of knowledge that will put Chile in the development map.



A photograph of industrial machinery, likely a conveyor belt system, is shown on the left side of the page. A large purple circle with the white number '01' is overlaid on the right side of the image.

01

SAX

SISTEMA DE ANÁLISIS MINERALÓGICO

MINERALOGICAL ANALYSIS SYSTEM

El Sistema de Análisis Mineralógico de SAX determina, de manera precisa, rápida y en la misma línea de producción, las especies mineralógicas presentes en el material de cualquier proceso productivo de las mineras, haciendo posible optimizar el proceso de extracción.

The Mineralogical Analysis System developed by SAX determines in an accurate and quick manner and on the line of production, the mineralogical species present in the material of any productive process of the mining company and makes possible the optimization of the extraction system.





SAX
Soluciones Analíticas SpA

CONTACTO / CONTACT:

Oswaldo Maldonado
Gerente General

www.sax.cl
+56 2 27842470
Los Alerces 2714
Ñuñoa, Santiago – Chile

RESEÑA DE LA EMPRESA

Los inicios de SAX están marcados por un giro en el rubro de la empresa. Corría el año 1994 y Osvaldo Maldonado era el fundador de una compañía llamada Computec, dedicada principalmente al negocio de insumos de computación, la misma que nueve años después se convertiría en Soluciones Analíticas SAX. Ese año, y gatillado por la venta de la división de rayos X de Siemens —donde Osvaldo Maldonado era consultor— a la empresa alemana Bruker AXS, Computec decidió ser la representante para Latinoamérica de Bruker AXS. Una compañía dedicada a la fabricación de instrumentos científicos para la investigación molecular, de materiales y análisis químico a nivel industrial en los sectores farmacéutico, químico, nanotecnológico y defensa.

A partir de 1998, Computec identificó una creciente demanda por servicios de análisis químicos, moleculares y de materiales, la que complementó con la comercialización de instrumentos. Uno de sus primeros clientes de servicios de análisis fue el laboratorio de control metalúrgico de la concentradora de la División Chuquicamata de Codelco. Experiencia que les permitió conocer de cerca las

necesidades y oportunidades de la industria minera asociadas a este tipo de servicio.

Uno de los principales hitos de la empresa sucede en 1998. Hasta esa fecha no existía en el mercado un instrumento capaz de hacer un análisis mineralógico rápido y en terreno para el control operacional del proceso de concentración. Esta carencia obligó a Codelco a solicitar un sistema que cumpliera con esos requerimientos. Computec se hizo cargo de esta necesidad y, tras algunos estudios de factibilidad, en el año 2000 inició el desarrollo del primer prototipo de Sistema de Análisis Mineralógico, utilizando como base los equipos y tecnologías de difractómetros de rayos X de Bruker AXS. Sin embargo, tuvieron que pasar 11 años para que la División Chuquicamata solicitara pasar a una fase de desarrollo industrial y puesta en marcha de la innovación.

En el año 2003, el negocio principal de Computec era el de análisis de rayos X. En este contexto, su fundador decidió cambiar el nombre a Soluciones Analíticas SAX y consolidar su oferta de instrumentación. De ahí en adelante representaron no solamente a Bruker AXS, con sus espectrómetros y difrac-



Fotografía Codelco Chile

COMPANY OVERVIEW

A change in the perspective of the company marked SAX's beginnings. The year was 1994 and Osvaldo Maldonado was the founder of a company named Computec, mostly dedicated to the computer supplies business, the same company that 9 years later would become Soluciones Analíticas SAX. This year and triggered by Siemens' sale of their X rays division -where Osvaldo Maldonado was a consultant- to the German company Bruker AXS, Computec decided to be Bruker AXS' representative in Latin America. A company dedicated to the manufacturing of scientific devices for molecular investigation, materials, and chemical analysis on an industrial level in the pharmaceutical, chemical, nanotechnological and defense areas.

Since 1998, Computec identified a growing demand for chemical, molecular and materials analysis services, which it complemented with marketing of devices. The metallurgic inspection laboratory of the concentrator of Codelco's Chuquicamata Division was one of its first analysis service clients. This experience allowed them to become familiar with

the needs and opportunities inside the mining industry associated with this kind of service.

In 1998 one of the major milestones of the company took place. Until then there wasn't a single device in the market that was able of doing a quick metal analysis and on the site for the operational control of the concentration process. This lack forced Codelco to request a system that met these requirements. Computec took over this necessity and, after carrying out some feasibility studies, in 2000 it started the development of the first prototype of mineral analysis system, using as a base the equipment and technology of X-ray diffractometer of Bruker AXS. However, 11 years had to elapse for Chuquicamata Division to request an industrial development phase and the setting up of the innovation.

In 2003, Computec's major business was X-ray analysis. In this context, its founder decided to change the name to Soluciones Analíticas SAX and consolidate its devices offer. From then on, they not only represented Bruker AXS, with their spectrometers and

Diseñan y desarrollan soluciones de medición y preparación de muestras a partir de las demandas de sus clientes.

tómetros, sino también instrumentos de mineralogía automatizada como TIMA, utilizados para determinar la concentración y textura de especies minerales en muestras de roca. Más adelante, se sumaron equipos de absorción atómica y plasma de Analytik Jena, que permitían medir concentraciones de elementos químicos en soluciones a nivel de trazas. Luego se agregaron instrumentos de microscopía electrónica de Tescan para obtener imágenes microscópicas ampliadas de muy alta resolución e instrumentos de preparación de muestras. Todo este crecimiento tuvo como objetivo satisfacer las necesidades de los laboratorios de análisis y caracterización de materiales dentro de Chile, principalmente en universidades, compañías mineras y cementeras. Esta experiencia e interacción con múltiples proveedores permitió que SAX pudiese identificar necesidades insatisfechas para desarrollar e integrar soluciones de mayor sofisticación y valor agregado.

Actualmente, SAX brinda soluciones de instrumentación analítica mediante la venta y comercialización de equipos, servicio técnico, venta de repuestos, análisis químico elemental y mineralógico. Además, diseñan y desarrollan soluciones de medición y preparación de muestras a partir de las demandas de sus clientes y las capacidades que tienen como empresa para hacerlas realidad. Un ejemplo de lo anterior es el Sistema de Análisis Mineralógico y Difracción-Press, una prensa neumática para preparar muestras de polvo para análisis por difracción de rayos X. Con aproximadamente 50 profesionales, la organización ha crecido a través de la entrega de soluciones que resuelven de manera integral las necesidades de sus clientes. Para esto, además de su oficina principal en Santiago, cuentan con 2 laboratorios de análisis en las regiones de Valparaíso y de Atacama, que les permite establecer presencia y servicios periódicos a sus clientes.



diffractometers, but also automatic mining devices like TIMA, used to determine the concentration and texture of mineral species in rock samples. Further on, Atomic Absorption and Plasma equipment of Analytik Jena were added, which allowed to measure the chemical elements concentrations in solutions at trace levels. Then Tescan's devices of electronic microscopy were added to obtain enlarged microscopic images of a very high resolution and sample preparation devices. All this growth aimed to fulfill the needs of analysis laboratories and material characterization inside Chile, mostly in universities, mining companies and cement plants. This experience and interaction with numerous suppliers allowed SAX to identify unfulfilled needs to develop and incorporate highly sophisticated solutions with added value.

Currently, SAX provides analytic device solutions through the sale and marketing of equipment, technical service, spare-parts sales, elemental chemical and mineralogical analysis. Moreover, they design and develop sample measurement and preparation solutions arising from their clients' demands and the abilities they have as a company to make them real. An example of the latter is the Mineralogical Analysis System and the Diffrac-Press, a pneumatic press to prepare dust samples for analysis through X-ray diffraction. With approximately 50 professionals, the organization has grown through the delivery of solutions that solve in an integral manner their clients' needs. To achieve this, besides their main office in Santiago, they have 2 analysis laboratories in the regions of Valparaíso and Atacama, which allows them to establish presence and regular services to their clients.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INNOVACIÓN

PROBLEMA

La eficiencia de un proceso metalúrgico depende, en gran medida, de la adecuada y oportuna toma de decisiones operacionales ante la variabilidad de la calidad física y química de los minerales que entran al proceso. Para esto es necesario cuantificar los cambios de los parámetros intrínsecos, como leyes, y del proceso de concentración de minerales, en particular la mineralización de mena y ganga, de forma de poder aplicar estrategias de control que permitan ajustar las condiciones operacionales y optimizar la eficiencia del proceso.

En la actualidad existe tecnología para proporcionar información en línea de leyes de mineral, en especial de cobre. Sin embargo, esta información no es suficiente para optimizar el proceso de flotación de minerales de cobre. De aquí que es una práctica operacional habitual complementar dicha información con datos de mineralización obtenidos en forma discreta desde muestreos poco representativos de la realidad operacional.

En otros casos es común estimar la composición mineralógica a partir de la composición química, información que es de carácter cualitativa. En ambos significa tomar decisiones operacionales que dan respuesta a fenómenos ocurridos en otro instante de tiempo, que no aseguran la optimización de la eficiencia del proceso en términos de recuperación de la especie de interés, consumo específico de reactivos y costo de operación.

Hasta el momento no había un equipo que pudiese alcanzar un nivel de precisión razonable del tipo de mineral, que su resultado se conociera en minutos y que pudiese operar en la misma planta de procesamiento de mineral. SAX se hizo cargo de estas necesidades e inició para la Gerencia de Concentración de la División Chuquicamata de Codelco, el diseño y construcción de una solución que resolviera estos problemas y condiciones de borde.



Fotografía SAX / Cubículo del difractor

DESCRIPTION AND CHARACTERISTICS OF THE INNOVATION

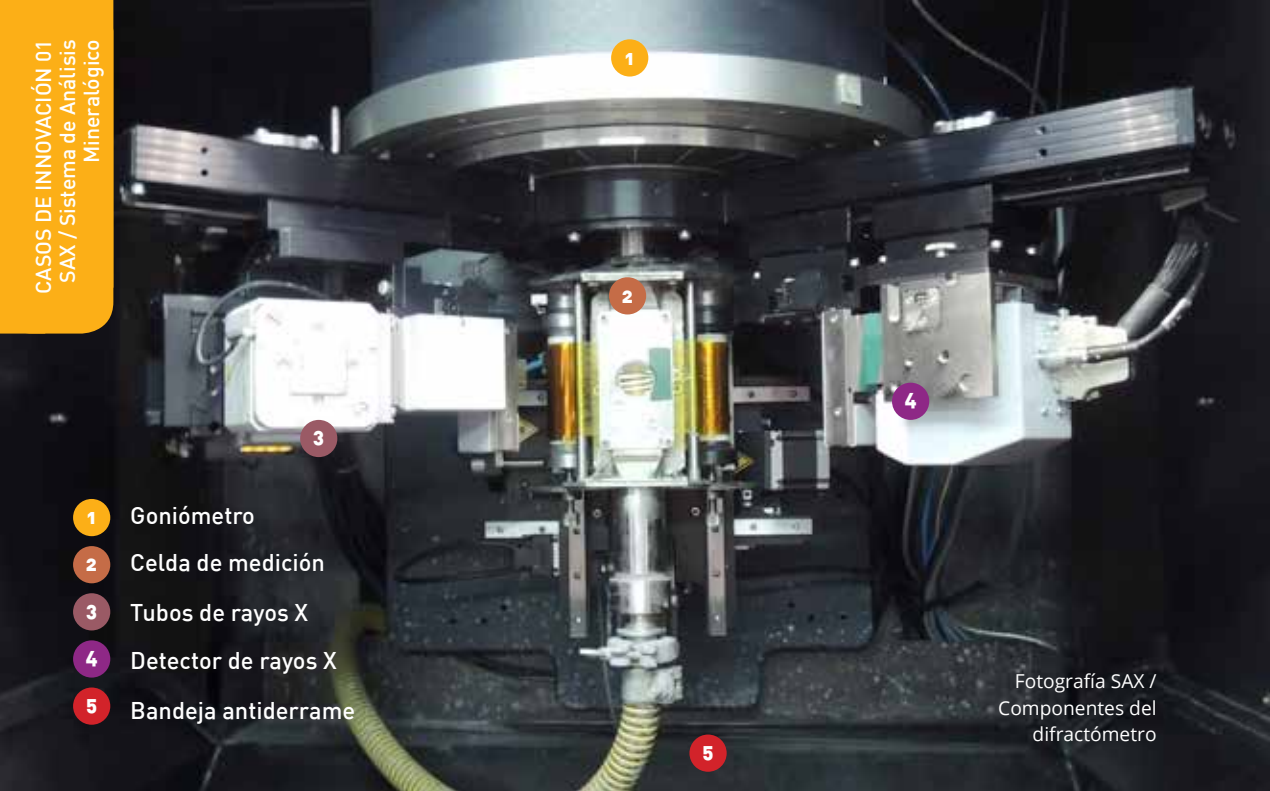
PROBLEM

The efficiency of a metallurgical process depends, to a large extent, of the adequate and timely operational decision making in light of the variability of the physical and chemical quality of the minerals that go into the process. To do this, it is necessary to quantify the changes of the intrinsic parameters, such as grades, and of the mineral concentration process, in particular the mineralization of ore and rocks, so that control strategies can be applied allowing the adjustment of operational conditions and optimize the process' efficiency.

Nowadays there is technology to provide online information about mineral grades, especially copper. However, this information is not enough to optimize the process of mineral flotation of copper. Hence, it is a regular operational practice to complement said information with mineralization data attained in a discrete way from samples that do not fully

represent the operational reality. In other cases, it's common to estimate the mineralogical composition from the chemical composition, this information is qualitative. In both, it means making operational decisions that answer phenomena that took place in another moment of time, which do not ensure the optimization of the process' efficiency in terms of the recovery of the interested specie, specific reagent consumption, and, lastly, operational cost.

Up to this moment, there wasn't a single equipment that was able to reach the level of reasonable precision of the mineral type, that its result could be ready in minutes, and that it could be able to operate in the same mineral processing plant. SAX took over these needs and started the design and construction of a solution that could solve these problems and boundary conditions for the Concentration Management of Codelco's Chuquicamata Division.

- 
- 1 Goniómetro
 - 2 Celda de medición
 - 3 Tubos de rayos X
 - 4 Detector de rayos X
 - 5 Bandeja antiderrame

Fotografía SAX /
Componentes del
difractómetro

SOLUCIÓN

Los factores clave para la construcción del primer Sistema de Análisis Mineralógico en línea fueron 3: la experiencia de SAX en las tecnologías e instrumentos necesarios en laboratorio, el tipo de estudio del mineral que se deseaba realizar y una solicitud específica de la División Chuquicamata de Codelco de avanzar en esa línea. Esta innovación de producto consistió en transformar un difractómetro de rayos X, usado para análisis mineralógico de muestras de polvo en laboratorio, en un instrumento que pueda hacer esto mismo en pocos minutos en una operación minera de una pulpa o material en estado líquido. Además de la transformación del instrumento, se tuvo que diseñar y construir un sistema único de toma de muestras y un software que realizara un análisis preciso del mineral.

El difractómetro de rayos X utiliza una técnica basada en el fenómeno de difracción de los rayos X de un material en estado cristalino. De acuerdo a cómo emergen del material irradiado se puede determinar ciertos patrones de difracción, los que posteriormente permiten identificar qué tipos de minerales contiene la muestra. La transformación de este equipo implica cambiar la forma de calcular y la manera en que se incorpora la muestra, ya que el material en planta viene en estado acuoso (pulpa de cobre) y se le agrega una celda de medición. Ahí se produce la difracción en una sección de tubería que hace un muestreo de aproximadamente 25 litros de pulpa desde la línea de proceso. Una vez terminado el análisis, la muestra es devuelta al proceso nuevamente.



La solución de SAX está diseñada para operar automáticamente, lo que disminuye los costos de operación. La única intervención que requiere es cada 12 meses para hacer mantenciones al sistema y calibraciones al difractor.

Este sistema está compuesto por 5 componentes:

- 1 Difractor de rayos X.** Para análisis cualitativo y cuantitativo, con un computador industrial y software de análisis y control.
- 2 Celda de medición.** Fabricada en acero inoxidable de alta resistencia a la abrasión, con un control motorizado para el cambio de la muestra líquida y un sistema de válvulas neumáticas para el transporte de la misma.

SOLUTION

There were three key factors for the construction of the first on-line mineral analysis system: SAX's experience in technology and necessary devices in the laboratory, the type of mineral study that they wanted to do and a specific request from Codelco's Chuquicamata Division to advance on that same track. This product innovation consisted on transforming an X-ray diffractometer, used for mineralogical analysis of dust samples in the laboratory, into a device that can do the same but in a short amount of time in a mining operation of a pulp or a material in liquid state. Besides the device's transformation, a unique sampling system and software, that would do an accurate mineral analysis, had to be designed and built.

The X-ray diffractometer uses a technique based on the diffraction phenomenon of X-rays of a material in crystalline state. Certain diffraction patterns can be determined in terms of how they surface from the irradiated material, later they allow the identification of the types of minerals the sample contains. The transformation of this equipment involves changing the way of calculating and the manner in which the sample is included, since the material in plant comes in liquid state (copper pulp) and a measurement cell is added. Then the diffraction process takes place in a pipe section that does a sampling of approximately 25 liters of pulp from the process line. Once the analysis is finished, the sample is returned to the process.

SAX's solution is designed to operate automatically, which lowers the operational costs. The only intervention required is every 12 months to do a system maintenance and calibrations to the diffractometer.

This system is made up of five components:

- 1. X-ray diffractometer.** For qualitative and quantitative analysis, with an industrial computer and an analysis and control software.
- 2. Measurement cell.** Made with stainless steel that has a high resistance to wear, with a motorized control for changing the liquid sample and a pneumatic valve system for the transportation of the latter.

Además de realizar el análisis mineralógico, el sistema realiza un diagnóstico de su operación y resuelve errores de funcionamiento y cálculo de forma automática.

-
- 3 **Sistema automático de carga de muestra.**
 - 4 **Software específicamente diseñado para análisis cuantitativo de muestras.** No necesita patrones y utiliza el método de parámetros fundamentales.

- 5 **Software para el control total de la medición.** Automáticamente toma la muestra, hace el análisis y envía la información al sistema de control requerido sin la necesidad de un operador.

SAX se hizo cargo del desarrollo del software que controla actuadores neumáticos y distintos sensores del sistema, para luego enviar los comandos de lectura hacia el difractómetro y

procesar los resultados para que sean leídos por el control de la planta. El software se ejecuta en un computador interno, donde se diagrama el sistema de medición completo y refleja el estado de cada uno de sus componentes. Esto permite el control en terreno de ellos y agiliza el análisis del mineral. Además de realizar el análisis mineralógico, el sistema realiza un diagnóstico de su operación y resuelve errores de funcionamiento y cálculo de forma automática. Asimismo, ejecuta cada una de las tareas requeridas para hacer el análisis mineralógico de la pulpa: carga de la pulpa, inicio de medición, toma de muestra, evacuación, lavado de tuberías y cambio de película de la celda. Con esto, lo que antes tomaba al menos 12 horas, se obtiene en minutos.



Fotografía SAX / Depositphotos

3. Automatic system for sample load

4. Software specially designed for quantitative analysis of samples. It does not require patterns and it uses the Fundamental Parameters Approach (FPA).

5. Software for total management of the measurement. It automatically takes the sample, does the analysis and sends the information to the required control system, without the need of an operator.

SAX took over the development of the software which controls pneumatic drives and different sensors of the system, to send the read commands to the diffractometer and process the results so they can be read by the plant control. The software is executed in an internal computer, where the entire measurement system is diagrammed, and it reflects the state of each of its components. This allows site management of them and speeds the mineral analysis. Besides carrying out the mineralogical analysis, the system carries out diagnosis of its operations and solves operating errors and calculations in an automatic way. Likewise, it executes each of the required tasks to do the mineralogical analysis of the pulp: loading of the pulp, measurement start, sampling, evacuation, pipe washing and change of the cell layer. With this, what before took at least 12 hours, now it can be done in minutes.

Fotografía
Codelco Chile

PROCESO DE INNOVACIÓN - FACILITADORES Y BARRERAS

El proceso de este desarrollo comenzó a fines del año 1998 con un estudio de prefactibilidad realizado por SAX para el área de Concentración de la División Chuquicamata de Codelco. Este consistió en evaluar si la técnica de difracción de rayos X podía tomar muestras de suspensiones líquidas y en movimiento. El análisis se realizó en la Universidad de Antioquia de Medellín porque contaba con el único difractómetro en Latinoamérica con espejo de Göbel, el cual es capaz de eliminar los efectos de desenfoque de un material suspendido en un líquido.

Los resultados de estas pruebas fueron positivos, ya que se obtuvieron difractogramas lo suficientemente precisos como para tener un análisis mineralógico de una muestra directa de la flotación de mineral. Posteriormente, para mejorar el resultado y hacer que el proceso fuera lo más expedito y continuo posible, se construyó una celda de medición más robusta de acero inoxidable con una ventana de medición que contenía una película mucho más delgada y resistente.

Hasta esta etapa SAX contaba con la colaboración y respaldo del jefe de control metalúrgico de la concentradora de Codelco Chuquicamata. Sin embargo, en el año 2000 el responsable del área cambió de posición, lo que dejó en pausa el apoyo para concluir el prototipo y realizar la fase de pruebas definida en conjunto

INNOVATION PROCESS – FACILITATION AND BARRIERS

con SAX. Paralelamente, SAX continuó con sus otras líneas de comercialización y servicios de laboratorio.

No fue sino hasta el 2011 que, producto de una disminución importante de pirita en el concentrado, se produjeron problemas en la fundición de Chuquicamata. Ante esta situación, el área de Innovación de Codelco Chuquicamata tomó contacto con SAX para que mostrara el prototipo que había desarrollado años atrás. Esto reactivó el desarrollo, prueba e implementación industrial del Sistema de Análisis Mineralógico de SAX. Su contraparte fue Codelco Tech, desde el área técnica, y operaciones de la concentradora de Chuquicamata. En términos generales, esta declaración de necesidad por parte de un cliente minero es el hito de inicio en SAX para el desarrollo de una innovación.

En el año 2013 se instaló el nuevo sistema en terreno. Gracias a la instalación de una sección de tubería de material mucho más flexible a la salida de la bomba fue posible resolver problemas de captura y retención de las muestras de pulpa para la medición.

The process of this development started by the end of 1998 with a pre-feasibility study done by SAX for the Concentration area of Codelco's Chuquicamata Division. This consisted on evaluating if the X-rays diffraction technique could take samples of liquid suspensions and in motion. The analysis was done in Antioquia's University of Medellin because it had the only diffractometer in Latin America with a Göbel mirror, which is capable of removing the blurring effects of a material suspended in a liquid.

The results of these tests were positive, since they obtained diffractograms that were accurate enough to have a mineralogical analysis of a direct sample of the mineral flotation. Later, to improve the results and make the process as fast and as continuous as possible, a stronger stainless steel measurement cell was built with a window of measurement that had a thinner and sturdier layer.

Up to this stage SAX had the collaboration and support of the metallurgical management Chief of Codelco Chuquicamata's Concentrator. Nevertheless, in 2000 the area responsible changed positions, which left the support on pause for finishing the prototype and carrying out the test phase defined with SAX. At the same time, SAX continued with their other marketing and laboratory services lines.

It wasn't until 2011 that, due to a significant decrease of pyrite in the concentration, problems arose in Chuquicamata's foundry facility. Upon this situation, Codelco Chuquicamata's area of Innovation contacted SAX so they could show them the prototype they had developed years earlier. This reactivated the development, testing and industrial implementation of SAX's Mineralogical Analysis System. Codelco Tech was its counterpart, from the technical area, and operations of Chuquicamata's Concentrator. In general terms, the mining client expressing it had a need was the beginning milestone in SAX for an innovation's development.

In 2013 the new system was installed on site. Thanks to the installation of a pipe section of a material much more flexible on the pump's discharge it was possible to solve the capture and retention problems of the pulp samples for measurement.

Una vez implementado el modelo industrial, SAX siguió con la idea de construir una solución que fuese replicable en otras operaciones mineras.

Una vez resuelto y mejorado el proceso de captura y devolución a la concentración del sistema para su correcto funcionamiento, se pasó a la fase de comparación de resultados de análisis en un laboratorio independiente, donde se utilizó métodos de difracción de rayos X y microscopía electrónica. Esto arrojó que ambos análisis mineralógicos tenían una correlación superior a 0,8 en una escala que llega a 1, lo que para Codelco era considerado aceptable.

Una vez implementado el modelo industrial, SAX siguió con la idea de construir una solución que fuese replicable en otras operaciones mineras. Con este fin, conformó un equipo de desarrollo que se dedicara a diseñar un sistema más empaquetado y funcional. El equipo estaba formado por Osvaldo Maldonado, PhD. en Física y fundador de SAX; Nicolás Turén, ingeniero electrónico; Norberto Collazo, ingeniero biotecnólogo con experiencia en mecánica; y Marcelo Arévalos, especialista del área de laboratorio de SAX.

Este equipo avanzó en mejoras de la celda de medición, de modo de prestar el servicio de mantenimiento para cada componente del sistema. Además, incorporaron elementos de control automático por software que facilitaban la operación autónoma sin necesidad de intervenir el hardware, lo que contribuía a reducir los costos de operación y aumentar la disponibilidad de ésta. También se incorporó un sensor de humedad para detectar fugas en la ventana de medición o rupturas en la película a causa de la abrasión del material. Todas estas mejoras permitieron que el año 2016 el IM2 —hoy Codelco Tech—, junto con el área de Innovación Tecnológica de Codelco Norte División Chuquicamata, iniciaran la puesta en marcha del Sistema de Análisis Mineralógico de SAX. Esto significó para la empresa introducir al mercado la entrega de un servicio que se hizo cargo del ajuste de los elementos instrumentales, del software de control, calibración y modelamiento para la cuantificación de las fases mineralógicas.



Fotografía SAX / Depositphotos

Once the capture and return process to the system concentration for its proper operation was solved and improved, they went on to the results comparison phase in an independent laboratory where X-rays diffraction methods and electronic microscopy were used. The conclusion was that both mineralogical analysis had a correlation of more than 0,8 in a scale that is up to 1, which in Codelco's eyes was considered acceptable.

Once the industrial model was implemented, SAX continued with the idea of building a solution that could be reproducible in other mining operations. To this end, they gathered a development team that would be dedicated to designing a system more condensed and functional. The team was constituted by Osvaldo Maldonado, PhD. in Physics and founder of SAX; Nicolás Turén, electronic engineer; Norberto Collazo, biotechnological engineer with experience in mechanics; and Marcelo Arévalos, specialist of the laboratory area of SAX.

This team made progress in improving the measurement cell, so they could provide the maintenance service for each component of the system. Moreover, they incorporated automatic control elements through software which improved automatic operation without the need to intervene the software, which contributed to reducing the operational costs and increasing the availability of it. They also incorporated a moisture sensor to detect leaks during the window of measurement or breaches on the layer due to material wear. All these improvements allowed IM2, —today Codelco Tech—, alongside Codelco Norte Chuquicamata's Division of Technological Innovation area to start the implementation of SAX's Mineralogical Analysis System, in 2016. For the company this meant introducing to the market the delivery of a service that took over the adjustment of the instrumental elements, the control software, calibration and modeling for the quantification of mineralogical phases.

Hacer las pruebas en terreno permitió agregar valor a la etapa de flotación y concentración como no se había logrado hasta ese momento.

Actualmente, y gracias a este desarrollo, la planta de la concentradora de Codelco División Chuquicamata cuenta con una herramienta capaz de proveer información sobre la composición mineralógica del mineral concentrado casi de forma instantánea. Esto permite evaluar la validez de un algoritmo de control de reactivos y, por tanto, hacer más eficiente, en términos de uso de insumos, el proceso de flotación y concentración.

SAX aspira a internacionalizar su tecnología, por lo que se encuentra explorando oportunidades de desarrollo y crecimiento con un proveedor de difractómetros de rayos X. Paralelamente, y considerando los recientes resultados obtenidos con su solución, buscan oportunidades para llevar el sistema a otras divisiones y faenas de Codelco.

En términos de asociatividad, en la primera etapa del desarrollo de la solución fue muy positivo trabajar con la Universidad de Antioquia de Medellín. Con ellos validaron la factibilidad de hacer un análisis mineralógico de una pulpa con un difractómetro de rayos X y desarrollar el sistema de medición en terreno. También esta solución no habría sido posible sin contar con la participación de las distintas áreas de innovación y operación de la concentradora de la División Chuquicamata de Codelco y Codelco Tech. Hacer las pruebas en terreno permitió agregar valor a la etapa de flotación y concentración como no se había logrado hasta ese momento. Además, contar con el convencimiento de los actores involucrados en el proceso de flotación y concentración fue fundamental para poner en marcha el sistema. Esto demandó un tra-



Fotografía SAX / Depositphotos

Currently, and thanks to this development, Codelco Chuquicamata Division's Concentrator plant has a tool capable of providing information on the mineralogical composition of concentrated mineral almost instantly. This allows evaluating the validity of the control algorithm of reagents and, therefore, makes more efficient, in terms of the use of supplies, the flotation and concentration process.

SAX aspires to internationalize its technology, consequently they are exploring development and growth opportunities with an X-ray diffractometer supplier. At the same time and taking into consideration the recent results obtained with its solution, they seek opportunities to take the system to other Codelco's divisions and work sites.

In terms of associativity, in the first stage of solution development it was very positive to work with the University of Antioquia in Medellín. With them, they validated the feasibility of doing a mineralogical analysis of a pulp with an X-ray diffractometer and developing a measurement system on site. Also, this solution would not have been possible without the participation of the different innovation and operation areas of Codelco Chuquicamata Division and Codelco Tech's Concentrator. Doing on site testing allowed them to add value to the flotation and concentration stage in a way that they had not been able to do up to that point. Moreover, it was key to have the certainty of the involved actors on the flotation and concentration process for launching the system.



Fotografía SAX / Depositphotos

bajo de comunicación sobre el valor que entregaba la solución, esfuerzos que fueron realizados intensivamente por el área de Innovación Tecnológica de Codelco Norte.

El desafío principal que tuvo que enfrentar SAX fue desarrollar un prototipo que esperó 10 años hasta su puesta en marcha. El contar con una persona que patrocine y posicione el proyecto resultó ser un elemento clave. Ciertamente el cambio de personas en los cargos es algo que ocurre con frecuencia en la industria minera, sin embargo, es fundamental contar con un área, no solamente una persona involucrada en un proyecto de desarrollo. Esto puede hacer que una buena solución prospere, además de facilitar que el costo de mantener el conocimiento y equipamiento vigentes se haga sustentable para un proveedor.



El desafío principal que tuvo que enfrentar SAX fue desarrollar un prototipo que esperó 10 años hasta su puesta en marcha.

This demanded a communication work on the value that the solution gave, intensive efforts that were done by the Technological Innovation area of North Codelco.

SAX's biggest challenge was to develop a prototype that had to wait 10 years until it was launched. Having a person sponsoring and positioning the project turned out to be a key element. Certainly, the change of people in certain positions is something which usually happens in the mining industry, yet it is very important to have an area, not just a person, involved in the development of a project. This can make a good solution thrive, besides facilitating the cost of maintaining valid knowledge and equipment to make it sustainable for a supplier.

CREACIÓN DE VALOR

Una vez que el Sistema de Análisis de Mineralogía de SAX estaba en marcha, una parte importante del trabajo realizado por Codelco Tech fue realizar un análisis de optimización del proceso de adición de reactivos y cal en la planta concentradora de Chuquicamata. Este análisis se basó en cambiar la estrategia de controlar la razón entre hierro y cobre por controlar en base a la razón Berkowitz, que considera concentración de pirita sobre el total de sulfuros de cobre, de acuerdo a las condiciones de la planta y los datos obtenidos por el instrumento en línea, observando una variación mineralógica muy amplia en cuestión de horas.

Posteriormente, se generó un algoritmo de control y optimización de adición de reactivos y cal en el proceso de flotación con alcance del 60% de la producción total de la planta. De acuerdo a las estimaciones de SAX, si se considera que la producción de cobre fino de Chuquicamata es aproximadamente de 330.000 toneladas al año, solamente por concepto de ahorro de reactivos y cal, el impacto es del orden de US\$2.1 millones anuales. Junto con esto, el sistema puede facilitar el aumento de la producción que, se

estima, podría subir en 1%, lo que equivale a US\$3.000.000 más de ingresos al año.

La propuesta de valor del Sistema de Análisis Mineralógico de SAX es analizar de manera más precisa, en pocos minutos y en la misma línea de producción, las especies mineralógicas que hay en el material de la producción de cualquier proceso productivo de las mineras, incluso más allá de la minería del cobre. Este análisis mineralógico también puede ser usado en la industria cementera, lo que generaría beneficios equivalentes a los del proceso de concentración de cobre en relación a la cantidad y efectividad de los aditivos que se utilizan para lograr el producto final.

Una característica importante de mejora del proceso de flotación y concentración es que, al tener mayor precisión de qué elementos minerales son los que están en la pulpa, se puede optimizar su proceso de extracción utilizando eficientemente los aditivos e insumos adecuados. Además, genera un impacto directo en el proceso de fundición y refinación. En la medida que se tiene información más exacta de la composición mineralógica, se pueden realizar acciones que permitan operaciones más eficientes.



Fotografía Codelco Chile

VALUE CREATION

Once SAX's Mineralogy Analysis System was launched, an important part of the work done by Codelco Tech was to do an optimization analysis of the reagents and lime addition process in Chuquicamata's Concentrator plant. This analysis was based on changing the strategy of controlling the proportion between iron and copper to controlling it based on the Berkowitz rate, which considers the pyrite concentration over the total of copper sulfides, in accordance with the plant's conditions and the data obtained by the on-line instrument, observing a great mineralogical variation in a matter of hours.

Afterwards, a control and optimization reagents and lime addition algorithm were generated in the flotation process with a coverage of 60% of the plant's total production. According to SAX's estimations, if fine copper production in Chuquicamata is considered to be approximately 330,000 tonnes per year, only for savings in reagents and lime, an impact of around US\$2.1 million annually can be achieved. Alongside this, the system can facilitate a production rise that is estimated to go up 1%, which amounts to US\$3,000,000 more income per year.

The value proposition of SAX's Mineralogical Analysis System is to analyze more precisely, in a few minutes and on the same production line, the mineralogical species that are present in the production material of any mining productive process, even beyond copper mining. This mineralogical analysis can also be used in the cement industry, which would generate benefits equal to the ones that the copper concentration process has regarding the quantity and effectiveness of the additives that are used to achieve the final product.

One important characteristic that was improved on the flotation and concentration process is that, by having more precision regarding what elemental minerals are in the pulp, its extraction process can be optimized, using efficiently the adequate additives and supplies. Moreover, it generates a direct impact on the smelting and refinery process. If one has a more exact information on the mineralogical composition, then actions can be carried out that allow more efficient operations.

APRENDIZAJES

Un factor relevante para SAX a la hora de ofrecer una solución completamente operativa es que se debe destinar tiempo y recursos de modo de asegurar integración, validación y pruebas de calidad. Mucho del trabajo inicial de su innovación fue realizado en terreno, lo que permitió validar y hacer pruebas con muestras reales. Sin embargo, no facilitó un proceso de preparación en un espacio controlado —como un laboratorio— para luego presentarlo en la faena, lo que llevó a un mayor número de iteraciones de desarrollo. Además, se habría reducido la percepción negativa respecto a que la solución no era completamente funcional para una operación minera de la escala de la División Chuquicamata.

Otro punto destacable es que, junto con identificar claramente un problema y conectarlo con las capacidades y experiencias de un proveedor, la innovación no necesariamente debe ser íntegramente construida por ellos. En el caso de SAX, utilizaron como base una tecnología de difractómetro de

rayos X desarrollada en Alemania, y sobre ella construyeron una solución en un nuevo mercado. Las capacidades para este tipo de desarrollo están en Chile y lo que se requiere es vincular bien los problemas de la industria minera con nuevas soluciones.

Por el tiempo transcurrido desde el desarrollo del primer prototipo hasta su puesta en marcha —más de 14 años—, se hace relevante definir quiénes actuarán como cliente y fijar plazos, hitos y responsabilidades de ambas partes. Además de formar un equipo de trabajo tanto en el proveedor como en la compañía minera, que conozca y muestre los resultados y avances del desarrollo que se está llevando a cabo.

En este sentido, fue afortunado que el problema entre la concentradora y la fundición reflatara la necesidad de un análisis mineralógico en pocos minutos y que SAX hubiese continuado ligado a la División. También fue clave que múltiples actores se hayan involu-



Fotografía Codelco Chile

LEARNINGS

A relevant factor for SAX when they have to offer a completely operative solution is that they must assign time and resources to ensure integration, validation and quality tests. Much of the initial work of its innovation was done on site, this allowed to validate and run tests on real samples; however, it did not facilitate a process of preparation in a controlled area -like a laboratory- to submit it afterwards in the work site, which led to a bigger number of development iterations. Additionally, the negative perspective would have been reduced regarding the solution which was not entirely functional for a mining operation of Chuquicamata Division's proportions.

Another remarkable point is that, alongside clearly identifying a problem and connecting it to a supplier's capacities and experiences, innovation does not necessarily have to be entirely constructed by them. In SAX's case, they used as a base an X-ray diffractometer technology developed in Germany, and on

top of it they constructed a solution in a new market. The skills for this type of development are in Chile and what is lacking is to link the mining industry problems properly to new solutions.

Because of the time elapsed since the first prototype until they launched it -more than 14 years- it is relevant to define who would act as client and set the deadlines, milestones and responsibilities that both parts will have. Besides forming a working team in the supplier as well as in the mining company, which knows and shows the results and advances of the development that is being carried out.

In this respect, it was lucky that the problem between the Concentrator and the smelting facility arose the need of a mineralogical analysis that could be done in a few minutes and that SAX continued to be linked to the Division. It was also key that numerous parties were involved in this innovation



Fotografía
Codelco Chile

crado en este proyecto de innovación. Contaron con el apoyo del área de Innovación Tecnológica de Codelco Norte y de Codelco Tech, junto con el patrocinio de la concentradora. Esta iniciativa no habría prosperado si cada uno hubiese actuado solo a partir de sus áreas de interés.

Es importante destacar que SAX, desde un modelo de representación de equipos e instrumentos de medición, es capaz de identificar necesidades que pueden ir más allá de su ámbito de acción y así explorar oportunidades de soluciones para sus clientes. Esta es una invitación a que proveedores



Fue crucial conformar un equipo interno que combinara la fuerte dedicación con las capacidades y experiencias para materializar una solución robusta.

tradicionales observen oportunidades de crecimiento y agregación de valor más allá de los caminos convencionales que ofrecen y puedan, con su experiencia y conocimiento, articular el desarrollo de innovaciones.

Finalmente, para SAX fue crucial conformar un equipo interno que combinara la fuerte dedicación con las capacidades y experiencias desde distintas disciplinas para materializar una solución robusta. Hoy esta compañía puede replicar su solución y mantener una visión de mejora continua en el tiempo.

project. They had the support of the Technological Innovation area of North Codelco and Codelco Tech, alongside the sponsorship of the Concentrator. This initiative would not have worked if each of them would have acted only looking after their own areas of interest.

It is important to note that SAX, from a team representation and measurement instrument model, is capable of identifying needs that go beyond their scope of action and thus they can explore solution opportunities for their clients. This is an invitation for traditional suppliers to pay attention to growth possibilities and value additions beyond the conventional roads they offer, and they can, with their experience and knowledge, articulate the development of innovations.

Lastly, for SAX it was fundamental to form an inner team which combined the strong dedication with the abilities and experiences from different fields to create a strong solution. Today this company has the ability of reproducing their solution and keeping an improvement vision that can continue through time.



02

A P L I K

SISTEMA DE MONITOREO DE RIEGO EN PILAS DE LIXIVIACIÓN

LEACHING PAD IRRIGATION MONITORING SYSTEM

El Sistema de Monitoreo de Riego en Pilas de Lixiviación desarrollado por Aplik permite determinar en tiempo real y de forma automática la calidad y distribución del riego, aumentando la eficiencia de extracción de cobre y reduciendo accidentes por inspección.

Leaching Pad Irrigation Monitoring System developed by Aplik allows determining in real time and automatically, the quality and distribution of the irrigation, increasing efficiency in copper extraction and reducing accidents due to inspections.





APLIK
Investigación y Tecnología Aplicada

CONTACTO / CONTACT:

Reiner Breuer
Gerente Comercial

www.aplik.cl
+56 32 2660420
Avenida Libertad 1348, oficina 1002
Viña del Mar - Chile

RESEÑA DE LA EMPRESA

Aplik es una empresa especializada en el desarrollo e implementación de productos y servicios relacionados con tecnologías de visión artificial, control automático, robótica, data mining y modelamiento. Fue formada el año 2001 por Reiner Breuer, Víctor Lonza, Daniel Serpell y Guillermo Vidal. Desde sus inicios ha estado conformada por especialistas en electrónica, informática, mecánica y metalurgia. Esto les ha permitido identificar oportunidades y proponer innovaciones para la industria minera en los principales procesos de la cadena de valor, desde la tronadura hasta la entrega del producto al cliente final, lo que se ha concretado en múltiples soluciones de monitoreo, medición, control y predicción de fallas.

Uno de sus primeros desarrollos fue una aplicación de visión artificial para la inspección de cátodos de cobre, con el apoyo de BHP, la que se implementó en las tres operaciones de la compañía: Cerro Colorado, Spence y Escondida. Entre sus soluciones más conocidas están el Sistema predictivo para identificar fallas en correas transportadoras de mineral, el Sistema de medición de calidad de cátodo de cobre y el Sistema de Monitoreo y Medición de Riego en Pilas de Lixiviación. Este último fue reconocido por BHP en 2013 con el Premio HSEC en la categoría seguridad, por su contribución a reducir la exposición a riesgos de los operarios ante fallas de terreno y contacto con sustancias peligrosas. El certamen destaca anualmente a las mejores inicia-



COMPANY OVERVIEW

Aplik is a company specialized in the development and implementation of products and services related to computer vision, automatic control, robotics, data mining, and modeling. It was created in 2001 by Reiner Breuer, Víctor Lonza, Daniel Serpell, and Guillermo Vidal, and since its beginning, it has been comprised of specialists in electronics, IT, mechanics, and metallurgy. This has allowed them to identify opportunities and propose innovations for the mining industry in the primary value chain processes, from blasting to delivery of the product to the end customer, which has been solidified in multiple solutions regarding monitoring, measuring, control, and predicting malfunctions.

One of its first developments was a computer vision application for inspecting copper cathodes, with the support of BHP, which was implemented in the company's three operations: Cerro Colorado, Spence, and Escondida. Some of its most well-known solutions include the Predictive System for Identifying Malfunctions in Mineral Conveyor Belts, the System for Measuring the Quality of Copper Cathodes, and the Leaching Pad Irrigation Monitoring System. This last solution was recognized by BHP in 2013 with the HSEC Award in the safety category for its contribution to reducing the exposure of operators to risks involving on-site malfunctions and contact with hazardous materials. The contest grants annual awards to the best initiatives implemented in the company's



tivas implementadas en las operaciones de la compañía a nivel global en salud, seguridad, medio ambiente y comunidades.

Desde 2011 han participado en el Programa de Proveedores de Clase Mundial impulsado por BHP a través de múltiples desafíos como el monitoreo de riego de pilas, el monitoreo estructural de pica-roca en Minera Spence, el aumento de vida útil de cable de palas eléctricas y alineación automática de correas de alimentación en Minera Escondida.

Ser parte de este programa les ha permitido contar con apoyo para la investigación y protección intelectual, además de acelerar el proceso de desarrollo de las soluciones y lograr mayor visibilidad al interior de estas operaciones.

En el 2016, con el fin de dar un nuevo impulso comercial y de negocio, Aplik realizó una reestructuración en la cual Daniel Serpell asumió como gerente técnico y Reiner Breuer como gerente comercial. Ambos tomaron las responsabilidades de la Gerencia General de la empresa. Separar las áreas técnicas y comerciales les ha servido para mantener el foco en sus departamentos y construir nuevas alianzas con empresas como TTM, líder nacional en suministro y mantenimiento de correas transportadoras, con presencia en prácticamente todas las faenas mineras nacionales; Geotechnos, especialista en soluciones de geotecnia para la minería; Verne, proveedores de equipos, insumos y servicios



para la industria minera, y recientemente con Bridon Bekaert The Ropes Group, líder mundial en la fabricación de alambres y cables de acero.

Adicionalmente, consolidaron su participación en el mercado minero con servicios en Minera Gabriela Mistral, Minera Spence y Minera Escondida, además de otros clientes que han adquirido tecnologías de Aplik como Minera Cerro Colorado, Minera El Teniente y Xstrata Technology, hoy Glencore Technology.

operations at the global level in health, safety, environment, and communities.

Since 2011, they have participated in the World Class Suppliers Program promoted by BHP involving multiple challenges such as monitoring heap irrigation, structural monitoring of rock-breakers at Minera Spence, the increase of the useful life of power shovel cables and the automatic alignment of conveyor belts at Minera Escondida.

Being part of this program has allowed them to rely on support for research and intellectual protection, as well as accelerate the development process of the solutions and achieve greater visibility within these operations.

With the aim giving the business a new boost, in 2016, Aplik underwent a re-structuring in which Daniel Serpell took on the role of technical manager and Reiner Breuer as business manager. Both also took on the responsibilities of the company's General Management. Separating the commercial and technical areas has allowed them to keep the focus on their departments and build new partnerships with companies such as TTM, a domestic leader in supply and maintenance of conveyor belts with a presence in practically all national mining activity; Geotechnos, specialist in geotechnical solutions for mining; Verne, suppliers of equipment, supplies, and services for the mining industry, and recently with Bridon Bekaert The Ropes Group, global leader in the manufacturing of steel wiring and cables.

In addition, they solidified their participation in the mining market with services at Minera Gabriela Mistral, Minera Spence, and Minera Escondida, as well as other clients that have purchased Aplik technologies, such as Minera Cerro Colorado, Minera El Teniente and Xstrata Technology, now Glencore Technology.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INNOVACIÓN

PROBLEMA

Una pila de lixiviación es donde ocurre el proceso hidro-metalúrgico que permite obtener el cobre de los minerales oxidados que lo contienen, aplicando una disolución de ácido sulfúrico y agua. Este proceso se basa en que el cobre contenido en las especies mineralógicas es sensible al ataque de soluciones ácidas, lo que posibilita su decantación y posterior recuperación.

La operación y mantenimiento adecuado de una pila de lixiviación son procesos complejos que involucran una serie de variables operacionales a ser controladas: inventario de soluciones, distribución uniforme del riego en la superficie de la pila, variaciones del nivel freático, entre otras. En el proceso de riego, estos factores cambian en el tiempo de acuerdo a requerimientos metalúrgicos del mineral tratado, deterioro del mineral y generación de apozamientos y canalizaciones, variaciones de presión y daños en el sistema de riego que se traducen en generación de áreas sin regar. De esta forma, para que las compañías mineras aumenten la eficiencia metalúrgica de las pilas de lixiviación, se requiere monitorear y manejar estas variables operativas de forma oportuna, de modo de maximizar la extracción de cobre.

Una pila de lixiviación puede tener un área de entre 60 y 130 hectáreas, esto equivale a un terreno de 300 metros de ancho por 2000 a 4300 metros de largo. Más simplemente, una pila puede contener entre 70 y 160 canchas de fútbol juntas. A esto se debe agregar la altura correspondiente al material, que es de aproximadamente 8 metros. Por lo tanto, controlar, entender y medir lo que ocurre en estas grandes extensiones de mineral se trans-



DESCRIPTION AND CHARACTERISTICS OF THE INNOVATION

PROBLEM

A leaching heap is where the hydro-metallurgical process occurs that allows copper to be obtained from the oxide minerals that contain it, by applying a solution of sulfuric acid and water. Since copper contained in the mineralogical species is susceptible to an attack from acidic solutions, which makes its settling and subsequent recovery possible, this process is possible.

Proper operation and maintenance of a leaching heap are complex processes that involve a number of operational variables that need to be controlled: inventory of solutions, even distribution of irrigation on the surface of the heap, variations of the water table, among other things. Within the irrigation process, these factors change over time according to the metallurgical requirements of the treated mineral, deterioration of the mineral and

generation of ponds and channels, pressure variations, and damages to the irrigation system which translates into the presence of areas that have not been irrigated. Therefore, for mining companies to increase the metallurgical efficiency of the leaching heaps, it is necessary to monitor and manage these operational variables in a timely manner to maximize copper extraction.

A leaching heap can have an area between 60 and 130 hectares, which is the equivalent of a plot measuring 300 meters in width by 2000 to 4300 meters in length. Put in simpler terms, a heap may contain between 70 and 160 soccer fields all together. The height of the material must also be considered, which is approximately 8 meters. Therefore, controlling, understanding, and measuring what happens in these expansive spaces of mineral becomes



forma en una tarea costosa, peligrosa y difícil de realizar para una o varias personas.

Por los distintos tipos de problemas que pueden ocurrir en una pila de lixiviación, la forma usual para monitorearla es con operadores que inspeccionan en terreno su funcionamiento y reparan las fallas del sistema. Esta inspección consiste en caminar sobre y alrededor de las pilas para identificar áreas con exceso o deficiencia de riego, como también problemas en el sistema de regadío, lo que dificulta determinar en corto tiempo problemas y acciones correctivas. Adicionalmente, se dedican muchas horas de trabajo de los operadores para realizar esta inspección versus el tiempo destinado a la

reparación del sistema lo que, sumado al alto riesgo de accidentes, hace que este proceso sea crítico.

Otro problema en las pilas de lixiviación es que el exceso de riego en áreas específicas puede producir derrumbes dentro de la pila, lo que representa un foco de riesgo tanto para las personas como para los activos de la empresa. Si un operador pasa por una de estas zonas, donde puede producirse un derrumbe, está expuesto a un riesgo que podría llegar a ser fatal. Por esta razón, se hace necesario contar con un mecanismo que abarque la pila en toda su extensión y visualice lo que está ocurriendo en el proceso de riego y la estabilidad del terreno, de



Fotografía Antofagasta Minerals

manera de hacer que la operación sea más eficiente y segura.

Particularmente para el caso de Minera Spence, con quien Aplik comenzó trabajando desde su creación en el 2005, se observaron necesidades y problemas en la operación. Esta interacción directa en faena les permitió identificar el desafío de monitoreo de las pilas y realizar un primer piloto que midiera su nivel de riego. Los resultados obtenidos en Spence mostraron que tenían interesantes oportunidades de mejora en el riego y se confirmó la necesidad de contar con una solución para estos problemas.

an expensive, dangerous, and difficult task for one or several people to carry out.

Due to different types of problems that can occur in a leaching heap, the typical manner for monitoring it is with operators who conduct an on-site inspection of operations and repair system failures. This inspection involves walking on and around the heaps to identify the areas with an excess of or lack of irrigation, as well as problems with the irrigation system, which complicates determining problems and corrective actions over the short term. Furthermore, operators devote many hours of work to conducting this inspection in comparison to the time designated to system repair, which, when added to the high risk of accidents, makes this process critical.

Another problem in the leaching heaps is that excessive irrigation in specific areas can cause collapses within the heap, which poses a risky situation for people and for company assets. If an operator passes by one of these zones where a collapse could occur, he/she becomes exposed to a risk that could end up being fatal. This makes it essential to have a mechanism that encompasses the entire heap and visualizes what is happening in the irrigation process and with the stability of the land, for the operation to be safer and more efficient.

Specifically, in the case of Minera Spence, with whom Aplik has been working since its creation in 2005, needs and problems were observed in the operation. This direct interaction on-site allowed them to identify the challenge of heap leach monitoring and to carry out a first pilot test that would measure the irrigation level. The results obtained at Spence demonstrated that they had interesting opportunities for improvement in irrigation, and the need for a solution to these problems was confirmed.



SOLUCIÓN

Considerando lo crítico que resulta el control operacional de una pila de lixiviación, tanto para la productividad de la operación como para la seguridad de sus operarios, el área de lixiviación de Minera Spence planteó el requerimiento de mejorar el proceso de riego y disminuir la exposición a situaciones de riesgo durante su monitoreo. Es así como Aplik, el año 2010, inició el desarrollo del Sistema de Monitoreo y Medición del Riego en Pilas de Lixiviación, el cual desde el año 2013 se encuentra completamente operativo.

Los requerimientos técnicos planteados por BHP fueron disponer de un sistema de

inspección automático, remoto y no invasivo. La solución desarrollada por Aplik permite monitorear la superficie de la pila de lixiviación y determinar, en tiempo real y automáticamente, la calidad y distribución del regado, detectar apozamientos y zonas secas, canalizaciones, zonas de baja presión en el riego, filtraciones, roturas de tuberías, aspersores caídos o fallas en el sistema de goteros. De esta forma, contribuye a reducir la variabilidad en la calidad de riego del proceso de lixiviación, ya que entrega información cuantitativa del estado de la pila para tomar en el menor tiempo posible decisiones operativas



que maximicen los resultados de extracción de cobre durante este proceso.

La innovación de Aplik cuenta con equipamiento de hardware, adquirido internacionalmente e integrado por Aplik, y software, desarrollado por ellos mismos, el cual permite utilizar un sistema de visión artificial y uno de análisis y procesamiento de imágenes de la pila, para así determinar qué ocurre con ella en toda su extensión. El sistema de visión artificial está compuesto por un conjunto de cámaras (termográficas-infrarrojas y de luz visible) instaladas sobre una torre telescópica de aproximadamente 60 metros de altura,

SOLUTION

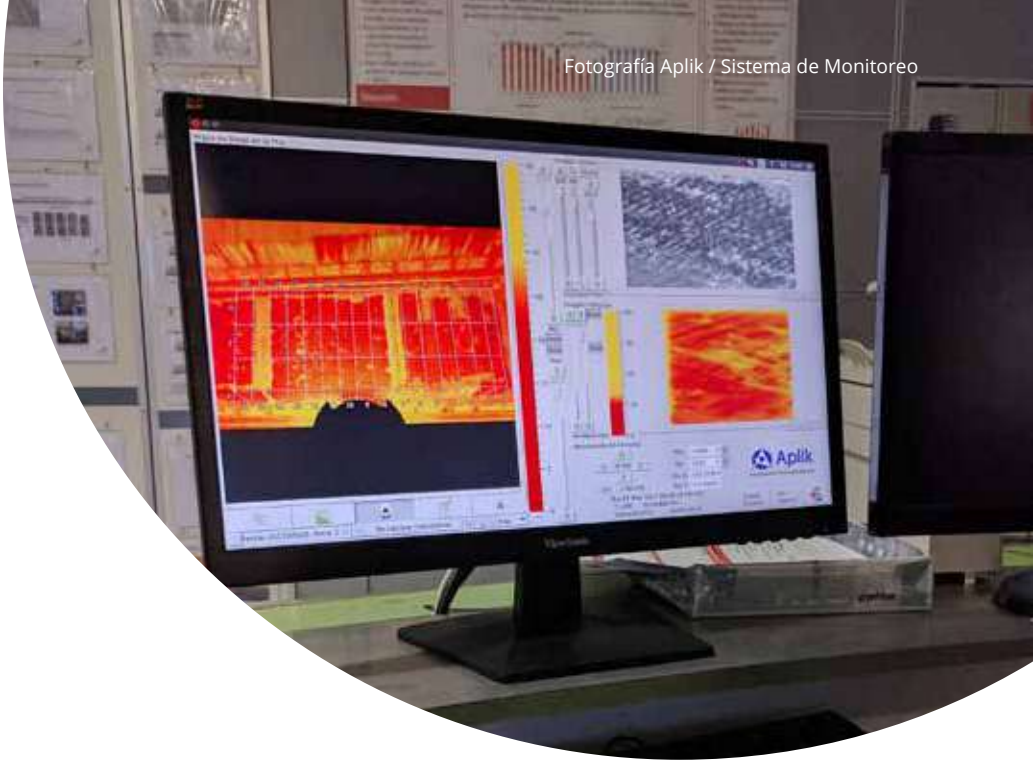
Considering how essential operational control is of the leaching heap, both for the productivity of the operation and the safety of its operators, the leaching area at Minera Spence suggested the need to improve the irrigation process and reduce exposure to risky situations during monitoring. Therefore, in 2010, Aplik began development of the Leaching Pad Irrigation Monitoring System, which has been completely operational since 2013.

The technical requirements suggested by BHP were to have an automatic, remote, non-invasive inspection system. The solution developed by Aplik allows for monitoring the surface of the leaching heap and determining the quality and distribution of irrigation automatically and in real time, thereby detecting ponds and dry zones, channels, zones with low-pressure irrigation, leaks, pipe breaks, fallen sprinklers, or failures in the irrigation system. As such, it contributes to the reduction of variability in the quality of irrigation in the leaching process, as it provides quantitative information on the condition of the heap to make operational decisions in the shortest possible time frame that maximize the results of copper extraction during this process.

Aplik's innovation involves hardware equipment that was purchased internationally and integrated by Aplik, as well as own developed software. This software allows a computer vision system to be used, as well as an analysis and processing system of images from the heap to determine what is happening throughout the heap. The computer vision system is comprised of a set of cameras (thermographic infrared and visible light) installed on a telescopic tower measuring approximately 60 meters in height, which covers a leaching heap of approximately 300,000 meters². A far-reaching thermographic camera can observe and cover the entire surface of the heap every 15

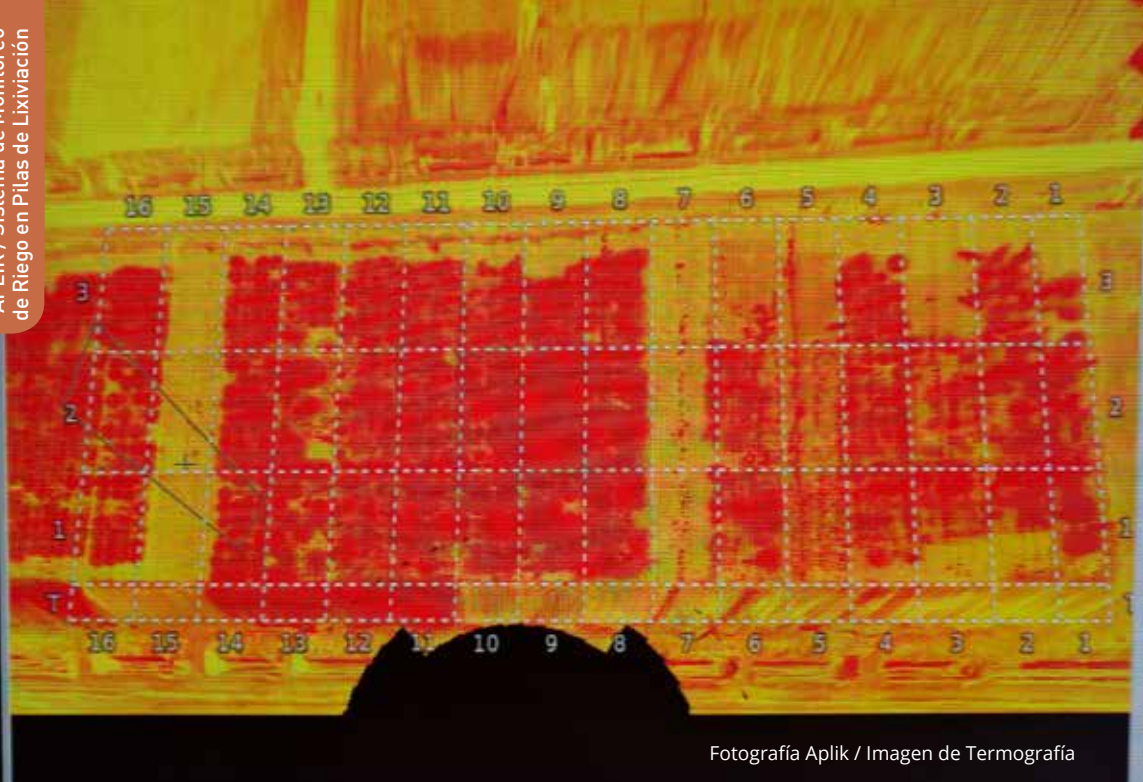
Se puede medir las 24 horas del día lo que ocurre con el riego y forma de la pila de lixiviación, permitiendo conocer cuán eficiente es el riego para extraer el cobre.

la cual cubre una pila de lixiviación de aproximadamente 300.000 m². Una cámara termográfica de largo alcance puede observar y cubrir toda la superficie de la pila cada 15 minutos y genera un mapa con el estado del riego y las fallas. Una segunda cámara de luz visible permite al operador inspeccionar la pila de forma manual, lo que complementa el escaneo automático. Los datos obtenidos automáticamente por el sistema y los comentarios de los operadores se registran en un sistema en línea para acceder a toda la historia de la pila desde su formación, acopio, hasta su cierre. Este registro histórico determina tendencias de calidad de riego e identifica derrumbes, lo que impacta en disminuir las pérdidas de solución y accidentes laborales. Con esta instrumentación es posible medir ininterrumpidamente las 24 horas del día lo que ocurre con el riego y forma de la pila de lixiviación, junto con estimar la humedad del terreno a través del cambio de sus características cromáticas y de temperatura. De esta manera es posible saber cuán eficiente es el riego para extraer el cobre de la pila.



minutes, and it generates a map with the status of irrigation and failures. A second, visible-light camera enables the operator to inspect the heap manually, which complements the automatic scanning. The data obtained automatically by the system and the comments of the operators are recorded in an online system to be able to access the entire history of the heap since its formation, stockpiling, and up until its closing. This historic record determines trends in the quality of the irrigation and identifies collapses, which has an effect by reducing the loss of solution and work-related accidents. Using these instruments, it is possible to measure what is occurring with irrigation and the form of the leaching heap, without interruptions for 24 hours a day, as well as estimate the humidity of the land through changes in its chromatic and temperature-related characteristics. This way, it is possible to know how efficient irrigation is for extracting copper from the heap.

The analysis and processing system interprets the images, and then through mathematical algorithms it deter-



Fotografía Aplik / Imagen de Termografía

El sistema de análisis y procesamiento interpreta las imágenes y, mediante algoritmos matemáticos, determina la calidad y distribución del riego a través de la evolución temporal de las características cromáticas y de temperatura de las superficies regadas en la pila de lixiviación. Además, entrega un mapa que indica la calidad y distribución del riego para que los operadores tomen acciones correctivas en forma oportuna. También se generan reportes por áreas específicas de la pila con gráficos que indican su estado actual y la evolución de los indicadores clave, como los porcentajes de área regada, zonas sin regar y homogeneidad del riego.

Con estos datos procesados, se aplican

algoritmos de análisis y minería de datos para obtener información útil acerca del proceso de riego. Mediante el uso de este insumo se obtiene la experiencia y conocimiento necesario para disminuir la incertidumbre e incluso realizar predicciones sobre el proceso y, de esta manera, traspasar los datos al cliente en la forma que estime conveniente para la toma de decisiones. Además, el sistema se puede configurar para establecer alarmas automáticas que notifiquen condiciones críticas como, por ejemplo, la aparición de cortes de mangueras en los módulos de lixiviación y cantidad excesiva o insuficiente de solución de regado en la superficie.

Aplik diseñó y construyó esta solución con-



siderando las condiciones y entorno de una faena minera, por lo que el equipamiento cumple con los requerimientos para ser catalogado como *Heavy Duty*. Esto quiere decir que opera sin problemas bajo condiciones extremas de exposición a polvo, sol, lluvia, vientos y ambiente ácido (pilas). Adicionalmente, es resistente a las condiciones geográficas y operacionales de la minería, con temperaturas extremas y disponibilidad las 24 horas del día, los 365 días del año. Estas características reducen costos y tareas de mantenimiento del sistema lo que, para el caso de Minera Spence, se tradujo en un plan de revisión y limpieza cada 35 meses.

Además de estas capacidades de resistencia y operación, Aplik desarrolló sus sistemas

mines the quality and distribution of irrigation through the temporal evolution of the chromatic and temperature-related characteristics on the irrigated surfaces in the leaching heap. It also provides a map indicating the quality and distribution of irrigation so that operators can take corrective actions in a timely manner. Reports are also generated for specific areas of the heap with graphics indicating its current status, and the evolution of the key indicators, such as percentages of the area irrigated, zones without irrigation, and homogeneity of irrigation.

With this processed data, analysis and mining data algorithms are applied to obtain useful information on the irrigation process. Using this input, necessary experience and information is obtained to reduce uncertainty and even carry out predictions regarding the process, and, as such, hand over the data to the client in the manner they deem best to be able to make decisions. Furthermore, the system can be configured to set automatic alarms that notify of critical conditions, such as the presence of hose shut-offs in the leaching modules, and an excessive or insufficient amount of irrigation solution on the surface.

Aplik designed and built this solution in consideration of the conditions and surrounding areas of a mine site, and, therefore, the equipment meets the requirements to be categorized as Heavy Duty. This means it operates without any problems in extreme conditions involving exposure to dust, sun, rain, wind, and an acidic environment (heaps). What is more, it can withstand the geographic and operational conditions of mining with extreme temperatures and availability 24 hours a day, 365 days a year. These characteristics reduce costs and maintenance tasks to the system, which, for Minera Spence, translated into a review and cleaning plan every 35 months.

Along with the resistance and operational capacities, Aplik developed its visualization and analysis of software systems with features for communicating with other complementary systems, such as Osisoft PI System for plant management and control, which

Aplik desarrolló sus sistemas de software de visualización y análisis con las funcionalidades para comunicarse con otros sistemas complementarios.

de software de visualización y análisis con las funcionalidades para comunicarse con otros sistemas complementarios como, por ejemplo, Osisoft PI System para la gestión y control de plantas, lo que hace posible integrar la información en las distintas etapas del proceso de lixiviación, extracción por solvente y electroobtención. Esto facilita la integración e interoperabilidad de la faena minera y permite tomar decisiones que busquen el óptimo global de toda la cadena de valor productiva.

En resumen, Aplik ha identificado las siguientes ventajas de su Sistema de Monitoreo:

- 1 Aumentar la calidad de riego de las pilas de lixiviación y, con ello, incrementar la eficiencia metalúrgica.
- 2 Entregar información cuantitativa para la toma de decisiones oportunas.
- 3 Ofrecer inspecciones remotas no invasivas.
- 4 Reducir riesgos para los operadores de las pilas.
- 5 Disminuir la pérdida de solución líquida para lixiviar.
- 6 Reducir los riesgos de derrumbes en las pilas.
- 7 Mantener un historial de la pila para establecer tendencias de riego y posibles puntos de derrumbe.



makes it possible to integrate the information in different stages of the leaching process, extraction with solvent, and electrowinning. This facilitates the integration and interoperability of the mining project and allows decisions to be made that aim for overall optimization throughout the productive value chain.

In short, Aplik has identified the following advantages of their Monitoring System:

1. Increase the quality of irrigation of the leaching heaps, thereby increasing metallurgical efficiency.
2. Provide quantitative information to make timely decisions.
3. Offer remote, non-invasive inspections.
4. Reduce risks to the operators of the heaps.
5. Decrease the loss of liquid solution for leaching.
6. Lower the risk of collapses in the heaps.
7. Maintain a record of the heap to determine irrigation trends and possible collapse points.



PROCESO DE INNOVACIÓN - FACILITADORES Y BARRERAS

Aplik ha enfocado sus desarrollos de soluciones tecnológicas en facilitar la entrega de información relevante a través del monitoreo, medición, control de procesos y predicción de fallas en las distintas etapas de la cadena de valor de la industria minera. Sus clientes pueden entender lo que ocurre y así tomar decisiones operacionales en el momento y con los antecedentes adecuados.

En términos generales, su proceso de innovación formalmente declarado comienza junto con el cliente en el levantamiento de problemas y posibilidades de mejora. Basado en esto, Aplik investiga qué existe en el mercado para resolver esas necesidades y

qué patentes hay disponibles al respecto. Posteriormente elabora una propuesta con una solución a sus clientes, la cual, una vez aprobada, lleva al diseño conceptual de la solución. Luego sigue el desarrollo de la ingeniería básica y de detalles para pasar a la construcción de un piloto, el cual considera la instalación y posterior mantenimiento, implementación y acompañamiento por parte de Aplik en la operación. De esta forma, aseguran que la solución genere el valor esperado.

Después del piloto, Aplik realiza el empaquetamiento tecnológico de la solución y define cómo comercializarla e implementarla de manera sistemática. Junto con esto, establece

INNOVATION PROCESS – FACILITATION AND BARRIERS

Aplik has focused its developments of technological solutions on facilitating the provision of relevant information via monitoring, measurement, control of processes, and prediction of failures in the different stages of the value chain of the mining industry. Their clients can understand what is going on and thus make immediate operational decisions while in possession of adequate information.

In general terms, their formally declared innovation process begins together with the client when suggesting problems and possible improvements. Based on this, Aplik researches what is out there in the market for addressing these needs, and what patents are available in respect thereof. After this, they create a proposal with a solution for their clients, which, once approved, leads to the conceptual design of the solution. Next, the development of basic engineering occurs, and of details for proceeding to the construction of a pilot test, which considers the installation and subsequent maintenance, implementation and support in the operation from Aplik. As such, they guarantee the solution will generate the expected value.

After the pilot, Aplik develops the technological package for the solution and defines how to systematically market and implement it. Along with this, it defines the essential elements for making it more appealing to new clients, such as specific system features according to the requirements of the mining company. The innovation process concludes with the intellectual and industrial protection of the generated knowledge, in the event this can be protected. This is how the technology of Leaching Pad Irrigation Monitoring System was patented by Aplik in Chile, Australia, Peru, and the United States.

In addition, the company is constantly developing technological research activities to perfect their solutions. In the case of heap leach

cuáles son los elementos necesarios para facilitar su llegada a nuevos clientes como, por ejemplo, funcionalidades específicas del sistema de acuerdo a los requerimientos de la empresa minera. El proceso de innovación concluye con la protección intelectual e industrial del conocimiento generado, en caso que este se pueda proteger. Es así como la tecnología del Sistema de Monitoreo de Pilas de Lixiviación fue patentada por Aplik en Chile, Australia, Perú y Estados Unidos.

Adicionalmente, la empresa desarrolla de manera permanente actividades de investigación tecnológica para perfeccionar sus soluciones.

En el caso del monitoreo de las pilas de lixiviación, la investigación respecto de las tecnologías de cámaras ópticas y termográficas, así como de sistemas de visión artificial, contribuyó directamente a la calidad y aplicación de su solución.

Con el objetivo de comprender en detalle los problemas de monitoreo en las pilas de lixiviación, cómo se realizaban en terreno las tareas asociadas a este proceso y cuál era la visión y sugerencias de los trabajadores en Minera Spence, Aplik se instaló en esta operación durante un año. Esto fue posible gracias a la buena experiencia que había tenido anteriormente en Spence. De esta forma, pudieron aprender en detalle sobre el proceso de gestión de una pila de lixiviación, el comportamiento, la instalación, el mantenimiento y cómo se concluye el ciclo. Al contar con la participación del cliente se generó un mayor grado de involucramiento entre las personas que conformaban los equipos de trabajo. Esto les permitió conocer la experiencia y obtener conocimientos del proceso de lixiviación de Minera Spence. A partir de este trabajo conjunto, generaron los espacios de confianza para que Aplik pudiera aportar con sus conocimientos en robótica, cámaras y software de visión artificial, entre otros.

Ser un proveedor local es una oportunidad que Aplik ha buscado capitalizar. Esto incluye desde detectar y dar solución temprana a la falla de equipos, hasta mantener presencia permanente en las faenas mineras y con sus clientes. De este modo pueden ofrecer un servicio de mayor valor agregado y más competitivo que un proveedor internacional.

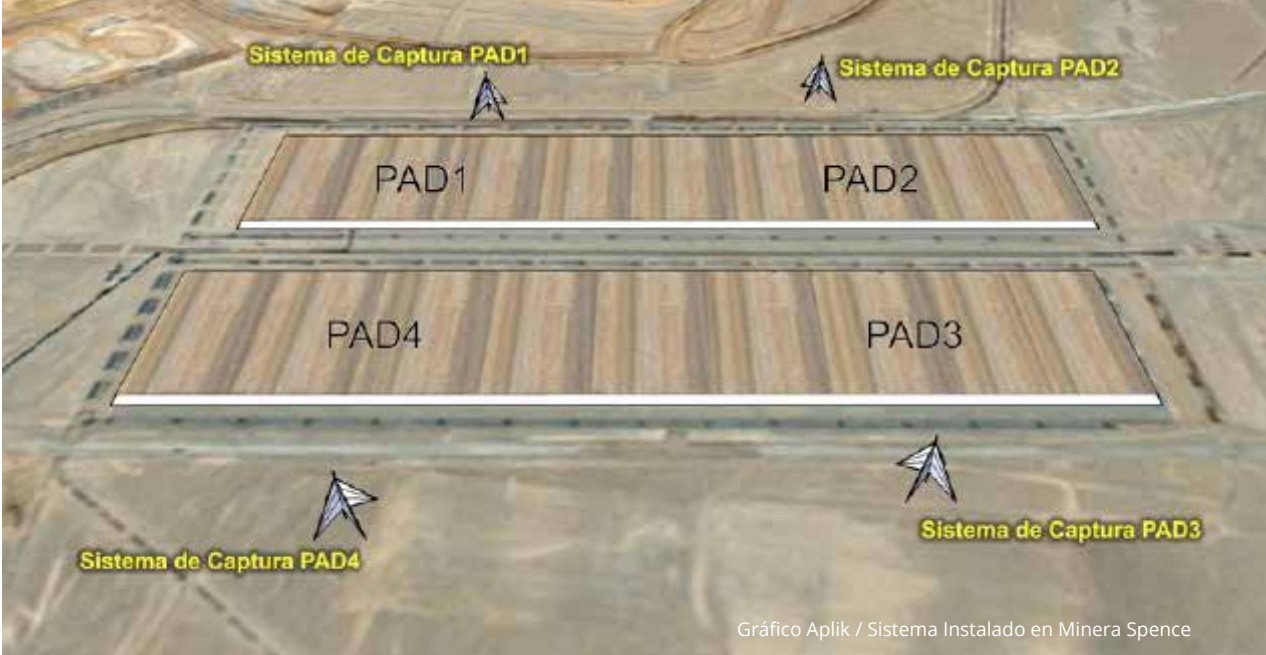


Gráfico Aplik / Sistema Instalado en Minera Spence

monitoring, the research on the technology for the optical and thermographic cameras, as well as the computer vision systems, contributed directly to the quality and application of the solution.

With the aim of fully understanding the monitoring problems in the leaching heaps, how the tasks related to this process were being carried out in the field, and the vision and suggestions of the workers at Minera Spence, Aplik took part in this operation for one year. This was possible due to the positive experience it had previously had at Spence. Thus, they were able to learn in detail about the management process of a leaching heap, the behavior, installation, maintenance, and how the cycle ends. Thanks to the client's participation, a greater degree of involvement was observed among the people who were part of the work teams. This allowed them to understand the experience and acquire knowledge on the leaching process at Minera Spence. Based on this collaborative work, an environment of trust was created so that Aplik could contribute its knowledge in robotics, cameras, and computer vision software, among other things.

Being a local supplier is an opportunity that Aplik has aimed to capitalize on. This includes everything from detecting and providing timely solutions for equipment failures, to maintaining an ongoing presence in the mining sites and with their clients. As such, they are able to offer a service with greater added value that is more competitive than an international supplier.

El desarrollo realizado no sólo era novedoso en Chile, sino que una innovación de escala internacional.

Contar con el reconocimiento internacional de BHP les permitió darse a conocer y ofrecer su solución de Monitoreo de Pilas de Lixiviación a otras operaciones de la compañía. Además, confirmó que el desarrollo realizado no sólo era novedoso en Chile, sino que una innovación de escala internacional. El premio HSEC de BHP, acompañado de iniciativas como el Programa de Proveedores de Clase Mundial han permitido que Aplik construya y ofrezca soluciones innovadoras a desafíos específicos declarados por las compañías mineras. También se han reducido las barreras de entrada a empresas proveedoras de menor tamaño, pero tecnológicamente muy competitivas.

Adicionalmente, pueden identificar ciertos factores clave que promueven el desarrollo de innovación. Uno de ellos es aquel en que los clientes tienen definida la priorización de sus desafíos. En el caso de Minera Spence, el que hayan manifestado con detalle sus problemas productivos y de seguridad permitió trabajar de manera más efectiva. Aquí se expresó claramente en qué procesos se requería alcanzar mayor productividad y

competitividad. El segundo factor es el apoyo permanente que el cliente da al proveedor para dar el salto y crear soluciones de valor para ellos y la minería. En el caso de Minera Spence, Aplik pudo medir, probar y validar su solución de monitoreo de pilas, por lo que avanzaron con mayor agilidad en estructurar una solución. El último factor se refiere al hecho de que BHP haya puesto a disposición un equipo técnico y de coordinación en Minera Spence, lo que permitió a Aplik conocer continuamente su desempeño, áreas de debilidad y definir acciones para mejorarlas.

No obstante, la empresa también se ha enfrentado a barreras. Considerando los ciclos de precio de la industria minera, Aplik decidió tener una estructura organizacional acotada y, por lo tanto, a lo largo de su historia ha tenido dificultades para ganar la confianza y respaldo corporativo de parte de las compañías mineras, ya que éstas prefieren grandes proveedores con espaldas financieras que garanticen el adecuado desarrollo del proyecto. Desde un punto de vista operacional, la compañía minera centra sus esfuerzos en el cumplimiento de sus metas de producción.



Receiving international recognition from BHP allowed them to become known and offer their Monitoring Solution for Leaching Pad Irrigation to other operations in the company. Furthermore, it confirmed the development achieved was not only novel in Chile, but also at the international level. The HSEC Award from BHP, along with initiatives such as the World Class Suppliers Program, have allowed Aplik to build and offer innovative solutions for specific challenges declared by mining companies. Entry barriers have also gone down for smaller supplier companies that are technologically competitive.

In addition, they can identify certain key factors that promote the development of innovation. One of these factors is one in which the clients have prioritized their challenges. In the case of Minera Spence, the fact that they declared their production and safety problems in detail allowed work to be done more effectively. It was clearly expressed here which processes needed to achieve greater productivity and competitiveness. The second factor is the constant support the client gives the supplier to be able to take the leap and create valuable solutions for them and the mining industry. In the case of Minera Spence, Aplik was able to measure, test, and validate its heap monitoring solution, and therefore they advanced more swiftly in structuring the solution. The last factor refers to the fact that BHP provided them with a technical and coordinating team at Minera Spence, which allowed Aplik to constantly be aware of their performance, weak areas, and to define actions to improve them.

Nevertheless, the company has also run into obstacles. Considering the price cycles of the mining industry, Aplik decided to have a limited organizational structure. Therefore, it has had difficulty throughout its history with earning the trust and corporate endorsement of mining companies, given that these companies prefer large suppliers with financial backing that guarantees the proper development of the project. From an operational standpoint, mining companies focus their efforts on fulfilling their production goals. As such, whenever

La relación entre minera y proveedor es la que permite definir en conjunto los desafíos a trabajar, generando las sinergias necesarias para el desarrollo de soluciones innovadoras.

Por lo tanto, cuando hay una solución innovadora que requiere ser validada y no está en la línea crítica de operación, tienen una priorización muy baja, lo que impide avanzar con la innovación. Esto es lo que le ha ocurrido al Sistema de Monitoreo de Riego en Pilas de Lixiviación con otras operaciones mineras, donde se requiere mostrar que la solución es funcional para esa faena y que agrega valor antes de ser implementada.

Adicionalmente, hay compañías mineras que no cuentan con un modelo de innovación abierta como el de BHP que facilite el trabajo conjunto entre mineras y proveedores, lo que hace más costoso y difícil que empresas como Aplik puedan probar, demostrar y ofrecer soluciones que les agreguen valor. Esta relación entre minera y proveedor es la que permite definir en conjunto los desafíos a trabajar, generando las sinergias necesarias para el desarrollo de soluciones innovadoras.



Fotografía Aplik / Operador utilizando el Sistema de Monitoreo

there is an innovative solution that needs to be validated, and is not a critical line of operation, it has a very low priority, which hinders making progress with innovation. This is what has happened to the Leaching Pad Irrigation Monitoring System with other mining operations, where it is required to demonstrate that the solution is operational for the activity, and that it adds value, before being implemented.

In addition, there are mining companies that do not have an open innovation model like BHP that facilitates collaborative work between mines and suppliers, which makes it more expensive and difficult for companies such as Aplik to be able to test out, demonstrate, and offer solutions that add value. This relationship between mines and suppliers is what allows the challenges to be defined jointly that will be addressed, thereby creating the synergies needed for the development of innovative solutions.



CREACIÓN DE VALOR

Aplik es una empresa que, desde su creación en el año 2001, es consciente del problema de productividad que enfrenta la industria minera. Durante su historia ha puesto a disposición del mercado minero un conjunto de soluciones que impactan positivamente la productividad de las compañías. Ellas han estado orientadas a capturar los datos necesarios y de alto valor que ayuden a la oportuna toma de decisiones operacionales de sus clientes.

En la solución de monitoreo de pilas de lixiviación en Minera Spence se detectó que con la inspección tradicional el riego no se llevaba

a cabo según las recomendaciones de los metalurgistas a cargo del proceso. Una vez implementada la solución de monitoreo desarrollada por Aplik, y al cabo de seis meses del piloto, se logró mejorar la cobertura del riego de forma significativa. Este incremento de desempeño permitió extraer más eficientemente el cobre disponible en las pilas, lo que aumentó su capacidad productiva. Una de las razones de esta mejora se relaciona con que los operadores pudieron orientar su trabajo a corregir las áreas de falla de las pilas más que dedicar tiempo a su inspección.



Su propuesta de valor se centra en optimizar la gestión del riego en base a medir permanentemente su comportamiento y el de la pila de lixiviación, identificar problemas y facilitar decisiones operacionales. Se destaca que fueron capaces de disminuir los riesgos de accidentes por inspección, reducir el tiempo de esta tarea y garantizar el cumplimiento de especificaciones de riego por metalurgistas.

VALUE CREATION

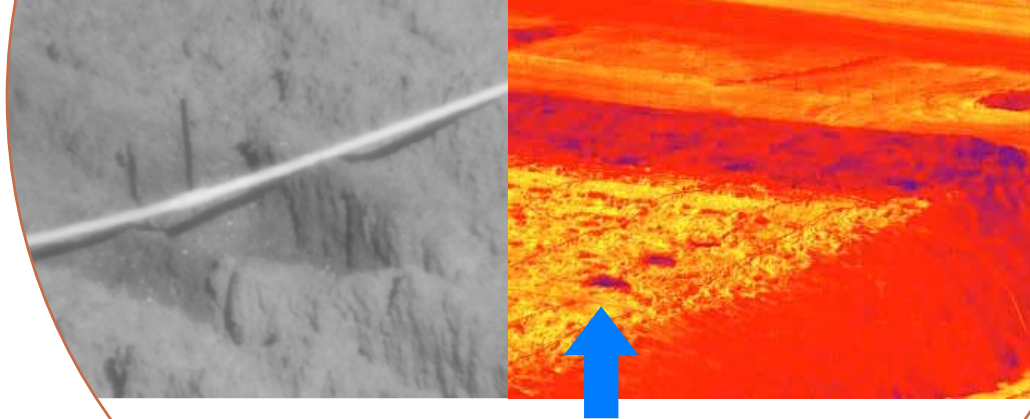
Since its inception in 2001, Aplik has been a company that is aware of the problem of productivity faced by the mining industry. Throughout its history, it has provided the mining market with several solutions that positively impact the productivity of companies. These solutions have been focused on capturing high-value, necessary data that will help their clients to make timely operational decisions.

In the heap leach monitoring solution at Minera Spence, it was detected that, with the traditional inspection, irrigation was not being carried out according to the recommendations of the metallurgists in charge of the process. Once the monitoring solution developed by Aplik had been implemented, and after six months of the pilot test, significantly better coverage was achieved in irrigation. This increase in performance allowed the copper available in the heaps to be extracted more efficiently, which increased productive capacity. One of the reasons for this improvement has to do with the fact that the operators were able to gear their work towards correcting the failure areas in the heaps rather than dedicate time to inspecting them.

Its value proposition focuses on optimizing risk management based on constantly measuring its behavior and that of the leaching heap, identifying problems, and providing operational decisions. It is worth highlighting that they were able to reduce the risk of inspection-related accidents, reduce the time involved in this task, and guarantee the fulfillment of irrigation specifications by metallurgists.

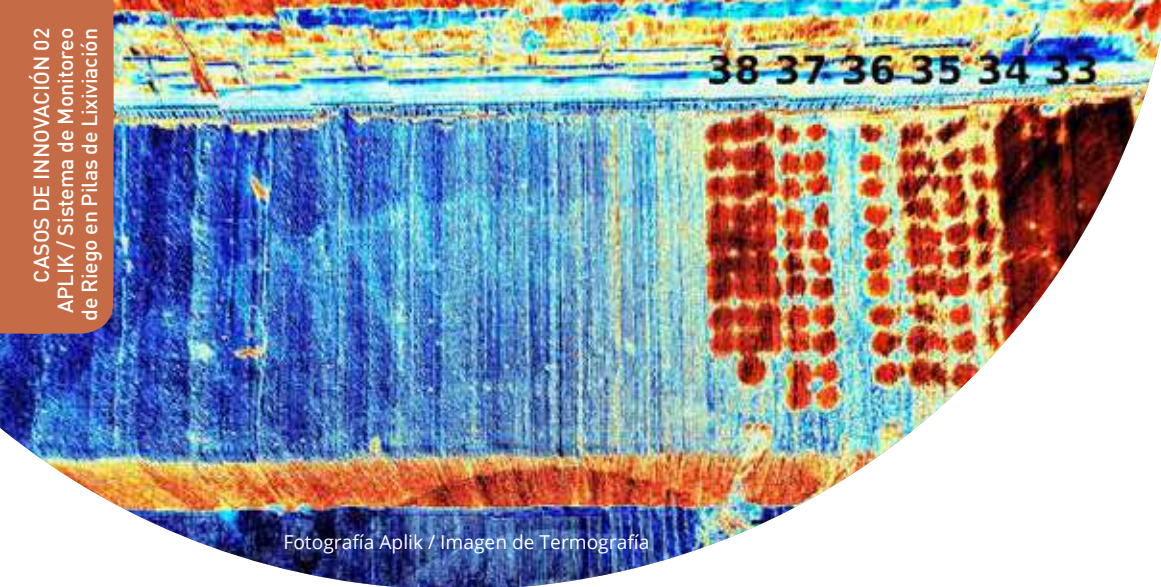
El sistema detecta las fallas operacionales de riego en las pilas en más de un 90% y la optimización del riego que se logra puede aportar incrementos de producción.

Los beneficios operacionales identificados por las compañías mineras son poder realizar mediciones las 24 horas los 7 días de la semana, tener un sistema automático de alarmas, contar con un registro histórico del comportamiento junto con imágenes de la pila de lixiviación y acceder a reportes automatizados y sus sub-secciones. Entre los resultados operativos y productivos se reconoce que el sistema detecta las fallas operacionales de riego en las pilas en más de un 90% y que la optimización del riego que se logra debido a este sistema puede aportar incrementos de producción. Asimismo, los beneficios de salud y seguridad tienen relación con disminuir el tránsito de personas sobre la pila, mejorar la seguridad de los inspectores y reducir la exposición a riesgos asociados a los trabajos sobre ella, como fallas de terreno, exposición a ácido y rayos UV, contacto con sustancias peligrosas y deslizamientos de terreno.



Fotografía Aplik / Imagen de la izquierda muestra una falla.
La imagen de la derecha muestra como esta falla se detecta con la
cámara termográfica

The operational benefits identified by the mining companies are being able to perform measurements 24 hours a day, 7 days a week, having an automatic alarm system, having a historical record of behavior along with images of the leaching heap and accessing automated reports and their sub-sections. Between the operational and productive results, it is recognized that the system detects irrigation operational failures in the heaps over 90% of the time, and the irrigation optimization achieved through this system can deliver increases in production. Likewise, health and safety benefits are linked to a reduction in people passing through the heap, improvement of the safety of inspectors and a decrease in exposure to risks associated with work done on the heaps, such as land flaws, exposure to acid and UV rays, contact with hazardous materials, and landslides.



Fotografía Aplik / Imagen de Termografía

APRENDIZAJES

A lo largo de sus años de operación, Aplik considera que la introducción de soluciones tecnológicas en la industria minera toma al menos 3 años. Sólo el proceso de comercialización demora al menos 2 años y luego se debe implementar, lo que toma al menos uno más. Esto requiere que una empresa que quiera ofrecer este tipo de producto o servicio cuente con los recursos para comercializar, implementar y operar su solución.

Considerando un ciclo de precios al alza del cobre, las compañías mineras tienen prioridades específicas que requieren de soluciones inmediatas o en tiempos mínimos. Si no se está relativamente avanzado en desarrollo, es muy complejo llegar con la solución y, de acuerdo a esta dinámica, al poco tiempo aparece una nueva necesidad más urgente que requiere de una respuesta a la brevedad, lo que hace que estos plazos se muevan rápido

y no necesariamente simultáneamente al desarrollo de sus soluciones. Contar con la visibilidad temprana de estas necesidades puede ser una ventaja competitiva para un adecuado desarrollo y crecimiento de empresas como Aplik.

Otra consideración que Aplik ha incorporado en sus soluciones es contar con la flexibilidad de atender a los diversos y particulares requerimientos de cada cliente. Por ejemplo, para el Monitoreo de las Pilas de Lixiviación, hay quienes indican que la solución implementada en una operación no puede ser aplicada en la suya, ya que sus aspersores son distintos, su pila es más baja, el mineral es más duro o más blando, o riega con otra composición de solvente. Por lo tanto, la solución tiene algunos elementos transversales y otros que son particulares para cada cliente, lo que debe contemplarse en su diseño.

LEARNINGS

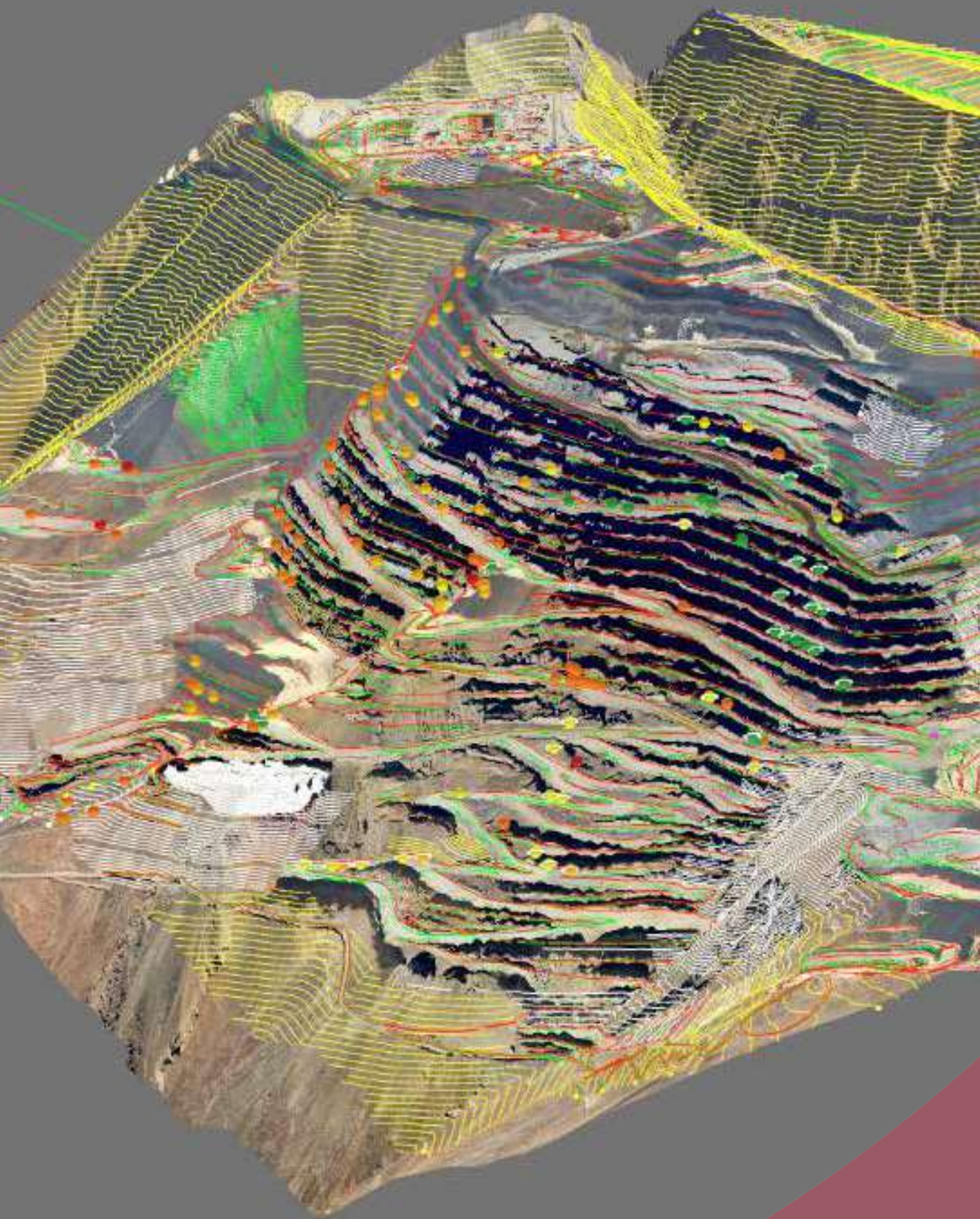
Throughout its years in operation, Aplik has had the mindset that introducing technological solutions into the mining industry takes at least 3 years. The marketing process alone takes at least 2 years and then it must be implemented, which takes at least one more year. This requires any company with the desire to offer this type of product or service to have the resources to market, implement, and operate their solution.

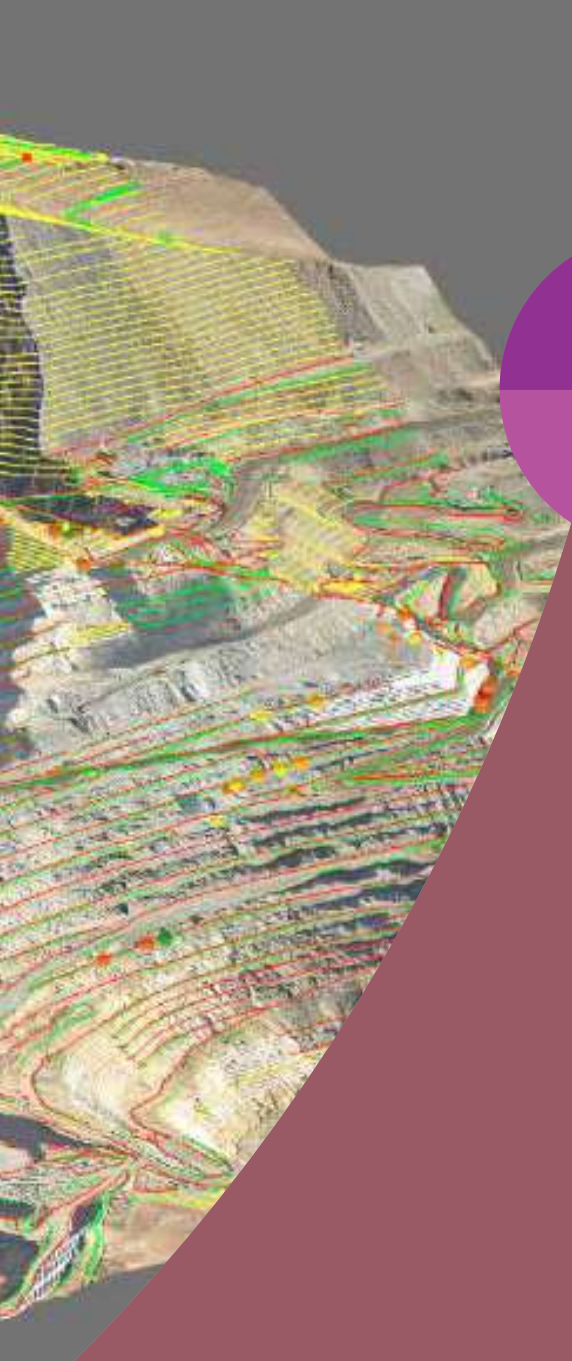
In consideration of the upwards-trending price cycle of copper, mining companies have specific priorities that require immediate or rapid solutions. If development is not in a relatively advanced stage, it is very difficult to reach a solution, and, according to this dynamic, shortly thereafter another, more urgent need appears requiring a quick response, which causes these time frames to be quick and not necessarily in sync with the development of solutions. Having early visibility of these needs can be a competitive advantage for the proper development and growth of companies like Aplik.

Another consideration Aplik has incorporated into its solutions is having the flexibility to cater to the diverse and specific requirements of each client. For example, for the solution involving Leaching Pad Irrigation Monitoring System, there are some that indicate the solution implemented in another operation cannot be implemented in theirs because their sprinklers are different, their heap is lower, the mineral is harder or softer, or they irrigate with another solvent composition. Therefore, the solution has several cross-cutting elements, and others that are specific to each client, which must be considered in their design.

The success of the Heap Leach Monitoring Solution and other innovations developed by Aplik was solidified when the project was led by small teams affiliated with the client. In these cases, management empowered the superintendent, supervisors, or operators to decide the most appropriate path to follow based on the results that are expected and attained. This creates an environment of collaboration and trust between Aplik and the client, where results are achieved more swiftly, and it enables generation of a technological solution that adds value to the operation.

El éxito de la solución de Monitoreo de Pilas de Lixiviación y de otras innovaciones desarrolladas por Aplik se ha consolidado cuando el proyecto ha estado liderado por equipos pequeños por el lado del cliente. En estos casos, la gerencia empodera al superintendente, supervisores u operadores para decidir el camino más apropiado a seguir, basada en los resultados que se esperan y alcanzan. Esto genera un ambiente de colaboración y confianza entre Aplik y el cliente, donde se logran resultados de forma más ágil y permite generar una solución tecnológica que agrega valor a la operación.





03

TIMINING

ARIS

ARIS

Aris es una solución que integra distintas fuentes de información permitiendo a sus usuarios monitorear y comprender de manera simple y con mayor exactitud la situación geomecánica de la mina, facilitando una toma de decisiones de extracción y producción más precisa y segura.

Aris is a solution integrating different sources of information and which allows the users to monitor and understand in a simple manner and with greater accuracy, the geo-mechanical condition of the mine, in turn facilitating decisions making regarding extraction and production in a more precise and safe manner.





TIMining
Software para la Gran Minería

CONTACTO / CONTACT:

Carlo Calderón
Gerente de Innovación

www.timining.com

+56 2 29539522

Av. Del Valle 787 piso 6

Ciudad Empresarial, Santiago - Chile

RESEÑA DE LA EMPRESA

TIMining se creó el año 2011, producto de un joint venture entre dos empresas chilenas: 3D Mining y E-Mining Technology. Sin embargo, la historia de la compañía comenzó a escribirse desde el 2000, cuando Carlo Calderón, fundador de 3D Mining, desarrolló por 7 años un software de visualización en 3D y monitoreo de sensores para el área geomecánica de la División El Teniente de Codelco. Los estudios y pruebas fueron desarrollados en el IM2 de Codelco y el Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile.

Por otro lado, Nolberto Contador, de E-Mining Technology, contaba con una vasta experiencia en geomecánica e interés por desarrollar un software en esta área. El año 2008 conoce a Carlo Calderón y subcontrata a 3D Mining con la misión de elaborar una herramienta de monitoreo geotécnico para Minera Los Pelambres. El desafío era implementar las ideas y soluciones desarrolladas por E-Mining, utilizando la tecnología de 3D Mining para el monitoreo de la operación a cielo abierto.

Hasta ese momento, 3D Mining era una empresa de desarrollo de software para la minería. A partir de los resultados alcanzados y motivados por enfrentar proyectos técnicamente más desafiantes, se unieron con E-Mining para crear TIMining, transformándose en una empresa con un equipo multidisciplinario que combinó la experiencia técnica en el desarrollo de software y en geomecánica. Hoy diseñan y construyen soluciones digitales sustentables y replicables para la industria minera nacional e internacional.

TIMining significa Tecnología e Innovación en Minería y una de las primeras soluciones innovadoras que desarrollaron como empresa el año 2011 fue Aris, la cual permite conocer lo que ocurre geomecánicamente en una operación minera. Desde entonces, cuenta con clientes como División El Teniente y Ministro Hales de Codelco, Minera Escondida de BHP Billiton, Los Pelambres de Antofagasta Minerals y Doña Inés de Collahuasi.



COMPANY OVERVIEW

TIMining was founded in 2011 as the result of a joint venture between two Chilean companies: 3D Mining and E-Mining Technology. However, the company's history began to write itself starting in 2000 when Carlo Calderón, founder of 3D Mining, developed a 3D visualization and sensor monitoring software during 7 years for the geomechanics area of the El Teniente Division of Codelco. The studies and tests were performed in the IM2 of Codelco and the Center for Mathematical Modeling of the University of Chile.

In addition, Nolberto Contador of E-Mining Technology had vast experience in geomechanics and interest in developing software in this area. In 2008, he met Carlo Calderón and subcontracted 3D mining to create a geotechnical monitoring tool for Minera Los Pelambres. The challenge was to implement ideas and solutions developed by E-Mining while using the 3D Mining technology for monitoring the open-pit operation.

Up to that moment, 3D Mining had been a software development company for the mining industry. Due to the obtained results, and because they were motivated to tackle projects that were more technically challenging, they joined E-Mining to create TIMining. They became a company with a multidisciplinary team combining technical experience in the development of software and in geomechanics. Today, they design and build sustainable and replicable digital solutions for the national and international mining industries.

TIMining stands for Technology and Innovation in Mining, and one of the first innovative solutions they developed as a company in 2011 was Aris, which permits understanding of what is occurring from a geo-mechanical standpoint in a mining operation. Ever since then, they have had clients such as the El Teniente Division and Ministro Hales from Codelco, Minera Escondida from BHP Billiton, Los Pelambres from Antofagasta Minerals, and Doña Inés from Collahuasi.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INNOVACIÓN

PROBLEMA

Las faenas mineras, a medida que aumentan su tiempo de operación y crecimiento, se ven sometidas a cambios en su forma y estructura que, a pesar de ser considerados en sus diseños y construcciones, requieren ser monitoreados y modelados con precisión para evitar situaciones catastróficas. En especial cuando la faena se hace más profunda y compleja. Experiencias vividas en el derrumbe de la mina San José el año 2010 y el deslizamiento de talud de la operación Bingham Canyon, perteneciente a Kennecott Utah Copper el 2013, son una muestra del impacto que puede tener en una operación minera el no contar con mecanismos que eviten este tipo de desastres. Por esto, se hace necesario entender mejor la estabilidad y estructura del macizo rocoso.

Para ello existen herramientas e instrumentos con altos niveles de precisión, como estaciones topográficas, extensómetros, prismas, y radares, que entregan información de los cambios en la forma y esfuerzos que se ejercen en las distintas estructuras. Con estos datos se puede analizar y comprender mejor qué ocurre en el macizo en términos de morfología y geomecánica. De este modo, los cambios en la forma y esfuerzos, los niveles de riesgo de los cambios del terreno, y la planificación y continuidad operacional de la faena, pueden ser medidos, gestionados y controlados bajo el liderazgo de un equipo geotécnico que monitorea los taludes las 24 horas y los 7 días de la semana.



Fotografía Codelco Chile

DESCRIPTION AND CHARACTERISTICS OF THE INNOVATION

PROBLEM

As mining projects increase their operation time and growth, they are subject to changes in their form and structure, which, despite having been considered in their designs and construction, need to be monitored and modeled with precision to avoid catastrophic situations. This is particularly true when the mine is deeper and more complex. The experiences from the collapse of the San José mine in 2010 and the embankment slide of the Bingham Canyon operation of Kennecott Utah Copper in 2013 are examples of the impact that can be had on a mining operation if there are not mechanisms in place to avoid these types of disasters. This makes it essential to understand the stability and structure of the rock mass better.

To do this, there are tools and instruments with high pressure levels, such as topographic stations, extensometers, prisms, and radars delivering information regarding the changes in form and forces exercised on the different structures. Using this data, it can be better analyzed and understood what is occurring in the mass in terms of morphology and geomechanics. In this manner, changes in the form and forces, the levels of risk of land changes, and the planning and operational continuity of the mine can be measured, managed, and controlled under the leadership of a geotechnical team monitoring slopes 24 hours a day, 7 days a week.



Una estrategia utilizada para ser más productivos y aprovechar el mineral disponible en las operaciones mineras de cielo abierto es operar con taludes o paredes con un mayor ángulo de inclinación. A mayor pendiente, más posibilidades de extracción de mineral. Sin embargo, el terreno se hace más inestable y, producto de la actividad de tronadura y extracción, se pueden provocar desprendimientos o derrumbes. Es por esto que el área de Geotecnia es responsable de vigilar el estado geomecánico de la operación, coordinar el trabajo con el área de mina, identificar situaciones de riesgo y tomar medidas de prevención y mitigación.

A finales de la década del 2000, el mayor esfuerzo de las áreas de Geotecnia se concentraba en recopilar y fusionar toda la información manualmente desde los distintos sensores e instrumentos, incluidos los radares. Había una necesidad creciente de operar de forma más automatizada, integrada y comprensiva, con el objetivo de tener un mayor control en tiempo real de los riesgos geotécnicos. Sin embargo, el foco de cada uno de los proveedores de instrumentación estaba en medir y proveer de manera precisa los datos levantados a través de sus equipos, lo que dificultaba el trabajo de los especialistas geotécnicos para interpretar y



analizar la información de forma unificada y así tomar mejores decisiones. Hasta ese momento, no existían soluciones que facilitaran la integración de distintas tecnologías de monitoreo de estructuras y macizos de manera abierta y transparente.

A partir del 2010, el monitoreo geotécnico ha crecido de manera importante y se ha sofisticado. Las operaciones mineras en Chile han liderado esta evolución. Por el gran tamaño y condiciones de sus macizos rocosos y operaciones, los problemas y necesidades que se han presentado están a la vanguardia de la industria.

One strategy used to be more productive and take advantage of the mineral available in open-pit mining operations is to operate with embankments or walls with a larger angle of slope. The bigger the slope is, the greater the possibility is of extracting minerals. However, the land becomes less stable and landslides or collapses can be caused by the blasting and extraction activities. Due to this, the Geotechnical area is responsible for monitoring the geo-mechanical status of the operation, coordinating the work with the mining area, identifying hazardous situations, and taking measures involving prevention and mitigation.

At the end of the 2000s, the greatest efforts in the Geotechnical areas focused on manually collecting and merging all information from the different sensors and instruments, including the radars. There was a growing need to operate in a more automated, integrated, and comprehensive fashion, with the aim of having greater control in real time of the geotechnical risks. However, the focus of each of the suppliers of instrumentation was on measuring and precisely providing the data collected using their equipment, which made the work of the geotechnical specialists more difficult to interpret and analyze the information in a unified manner and then make better decisions. Up until that time, there had not been any solutions that facilitated the integration of different technologies for monitoring structures and masses openly and transparently.

Beginning in 2010, geotechnical monitoring has grown substantially and has become sophisticated. Mining operations in Chile have led this evolution. Due to the great size and conditions of its rock masses and operations, the problems and needs that have arisen here are at the forefront of the industry.



El área de Geotecnia está directamente conectada con el jefe de turno de Operaciones. En caso de que los sensores y sistemas muestren alguna condición de inestabilidad y riesgo, se activa el canal de comunicación entre ambos para alertar a los trabajadores que se encuentran en la faena. Por esta razón, la función del área geotécnica ha inducido un cambio en la forma de operar de las compañías mineras; lo que las ha llevado a catalogar al área y sus soluciones como fundamentales para la continuidad operacional.

No es de extrañar que varias operaciones como, por ejemplo, Doña Inés de Collahuasi, hayan declarado su sistema integrado de monitoreo geotécnico como línea crítica. Una decisión que impacta directamente en el proceso productivo y en la disponibilidad que requiere este tipo de soluciones.

Esta oportunidad fue la que identificó TIMining para desarrollar Aris, una solución que permitiese integrar y desplegar, de manera simple y automatizada, información relevante para el área de Geotecnia de operaciones mi-



Varias operaciones han declarado su sistema integrado de monitoreo geotécnico como línea crítica.

neras. Esta solución se materializó el mismo 2011 con Minera Los Pelambres como primer cliente y durante los años siguientes han incorporado nuevas versiones y funcionalidades de acuerdo al avance de las tecnologías y sistemas de medición, y a las necesidades de sus clientes.

The Geotechnical area is directly linked to the Operations Shift Supervisor. In the event the sensors and systems demonstrate any condition of instability and risk, channels of communications are activated between both to alert the workers who are in the mine. Because of this, the function of the geotechnical area has caused a change in the *modus operandi* of mining companies, which has led them to consider this area and its solutions as fundamental for operational continuity.

It is not unexpected, then, that various operations, such as Doña Inés from Collahuasi, have affirmed that their integrated geotechnical monitoring system is critical. This is a decision that has a direct impact on the productive process and on the availability required by this type of solution.

This was the opportunity that TIMining identified to develop Aris, a solution that would allow for the simple and automated integration and provision of relevant information for the Geotechnical area of mining operations. This solution was also achieved in 2011 with Minera Los Pelambres as the first client, and over the next few years, they incorporated new versions and features according to the breakthroughs in technology and measurement systems, as well as the needs of the clients.

El desafío es poder integrar y desplegar información consolidada de manera clara, teniendo en cuenta que esta proviene de distintos proveedores y tecnologías.

SOLUCIÓN

Aris es una plataforma digital que permite al área de Geotecnia de una operación minera contar con información periódica, en línea, automatizada e integrada de todo lo que ocurre en la faena desde el punto de vista del comportamiento físico y mecánico de su infraestructura, incluidos los taludes. De este modo, contribuye a una mejor gestión del riesgo y, por lo tanto, a la continuidad operacional de un sitio minero. A través de la integración de un conjunto de fuentes de información y datos, permite a sus usuarios monitorear y comprender con mayor exactitud la situación geomecánica, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones de extracción y producción de manera más precisa e informada.

En la medida que se pueden levantar e integrar más fuentes de instrumentos y sensores, mejor comprensión se tiene del estado de la infraestructura y macizo de una operación. El desafío es poder integrar y desplegar la información consolidada de manera clara, teniendo en cuenta que esta proviene de distintos proveedores y tecnologías de medición. Esta

necesidad es la que busca resolver TIMining con su solución Aris.

Una de las ventajas de Aris es que es totalmente independiente de los proveedores de instrumentos y sensores. Tras levantar los protocolos, formatos de información, experiencia con el usuario y mecanismos de almacenamiento de cada sistema durante varios años, esta solución se ha abierto paso a incorporar la información de cada uno. A través del diseño de una interfaz resuelve los problemas de compatibilidad entre distintos sistemas, manteniendo un nivel de independencia de los proveedores de instrumentación. Esto les permite ofrecer una solución compatible e interoperable con las principales empresas de información geotécnica.

El sistema es capaz de conectarse con la base de datos de cada proveedor y desplegar en un mapa tridimensional la ubicación de los prismas, toda la topografía, y obtener desde un radar los cambios de forma de un terreno en cada instante, además de



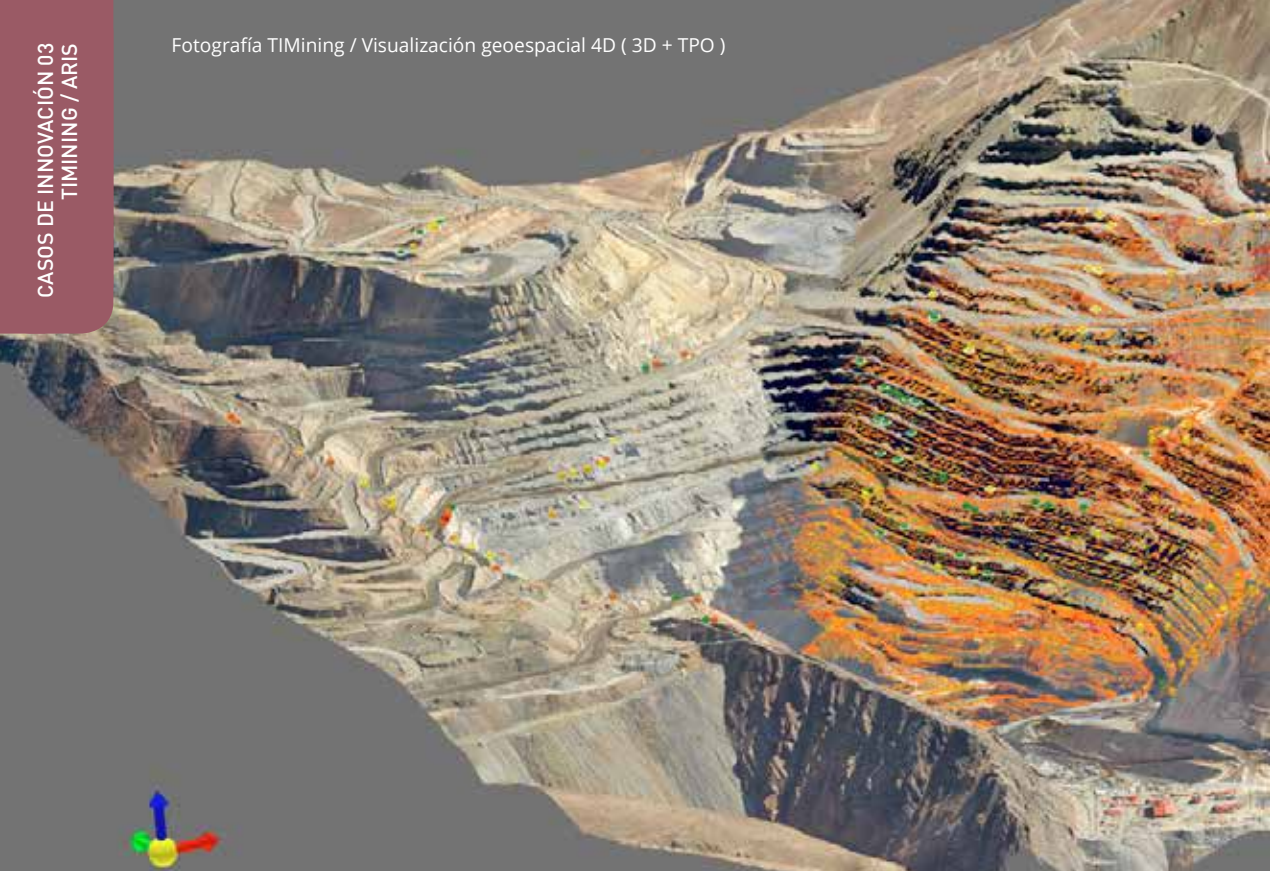
SOLUTION

Aris is a digital platform allowing the Geotechnical area of a mining operation to rely on periodic, online, automated, and integrated information on everything that is occurring in the mine from a standpoint of physical and mechanical behavior of its infrastructure, including the slopes. As such, it contributes to better management of risk, and, therefore, to the operational continuity of a mining site. Through the integration of multiple sources of information and data, its users can monitor and understand the geo-mechanical situation with greater precision to facilitate decision-making regarding extraction and production in a more precise and informed manner.

Inasmuch as more sources of instruments and sensors can be collected and integrated, the better the understanding will be of the status of the infrastructure and mass of operation. The challenge is to integrate and provide consolidated information clearly, considering that it comes from different suppliers and measurement technology. TIMining seeks to resolve this need with its Aris solution.

One of the advantages of Aris is that it is entirely independent from the suppliers of instruments and sensors. Having established protocols, information formats, experience with the user and storage mechanisms for each system for various years, this solution has opened up opportunities for incorporating information from each one. It resolves the compatibility problems between different systems via the design of an interface. This maintains a level of independence from suppliers of the instrumentation and allows it to offer a compatible and interoperable solution with the primary geotechnical information companies.

The system can connect with each supplier's database and deploy the prisms and all topography on a 3-dimensional map and obtain the changes in the form of the land from a radar at each moment, as well as information captured from satellites. The combination of these functions facilitates understanding the physical evolution

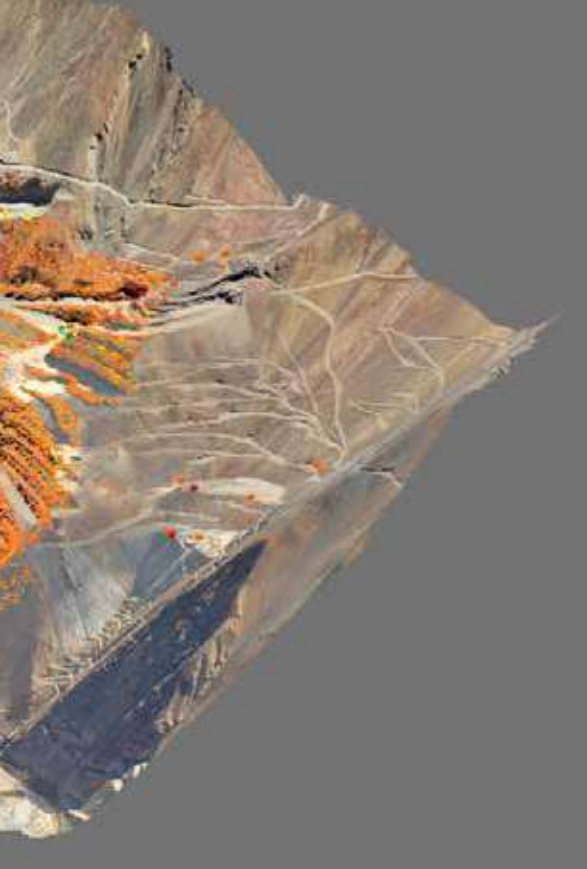


la información capturada desde satélites. La combinación de estas funciones facilita la comprensión de la evolución física de las estructuras al considerar su situación actual, los planes futuros de explotación minera, e integrarlo con cámaras que muestran en tiempo real lo que ocurre en la operación.

El equipo de TIMining, con experiencia en minería y desarrollo de software, ha construido una solución capaz de monitorear las operaciones mineras más grandes y complejas a escala mundial. Sus características de modularidad, flexibilidad de integración y compatibilidad se pueden aplicar al monito-

reo físico y mecánico de otros recursos mineros como tranques, botaderos y pilas, lo que puede contribuir a satisfacer necesidades de otras industrias de recursos naturales.

Además de integrar la información de distintos sensores e instrumentos, es relevante desplegar y conocer el contexto en donde se encuentran esos equipos y cuál es el impacto potencial que puede tener en la producción y continuidad operativa. Por esta razón, Aris tiene la capacidad de incorporar la información de ubicación de explotación de equipos móviles, como palas perforadoras, lo que permite determinar si hay una condición de



riesgo donde se opera y así evitar accidentes.

TIMining ha facilitado la forma de entregar, analizar y compartir información de calidad y comprensible del comportamiento físico de los taludes de una mina. Una innovación que apoya el trabajo coordinado entre las áreas de Operaciones y Geotecnia de una faena minera, de modo que puedan tomar decisiones informadas respecto de cómo explotar eficientemente y de manera segura su operación.

of the structures by considering their current situation, future of mining activity and integrating it with cameras showing what is happening in the operation in real time.

With experience in mining and software development, the TIMining team has built a solution capable of monitoring the largest and most complex mining operations at the global level. Its features pertaining to modularity, integration flexibility, and compatibility can be applied to the physical and mechanical monitoring of other mineral resources such as dams, dumps, and heaps, which may contribute to satisfying the needs of other natural resource industries.

Along with integrating information from various sensors and instruments, it is important to provide and understand the context in which this equipment is found, and the potential impact it may have on production and operational continuity. Therefore, Aris can incorporate the information on the location of use of mobile equipment, such as drilling shovels, which allows for determining if there is a risky condition where operations are being carried out, and to avoid accidents.

TIMining has facilitated the method for delivering, analyzing, and sharing quality, understandable information on the physical behavior of the slopes of a mine. This is an innovation that supports coordinated efforts between the areas of Operations and Geotechnics of mining activity, so that well-informed decisions can be made regarding how to efficiently and safely carry out the operation.

La etapa de comprensión profunda del problema se realiza con la participación activa de TIMining y el cliente.

PROCESO DE INNOVACIÓN - FACILITADORES Y BARRERAS

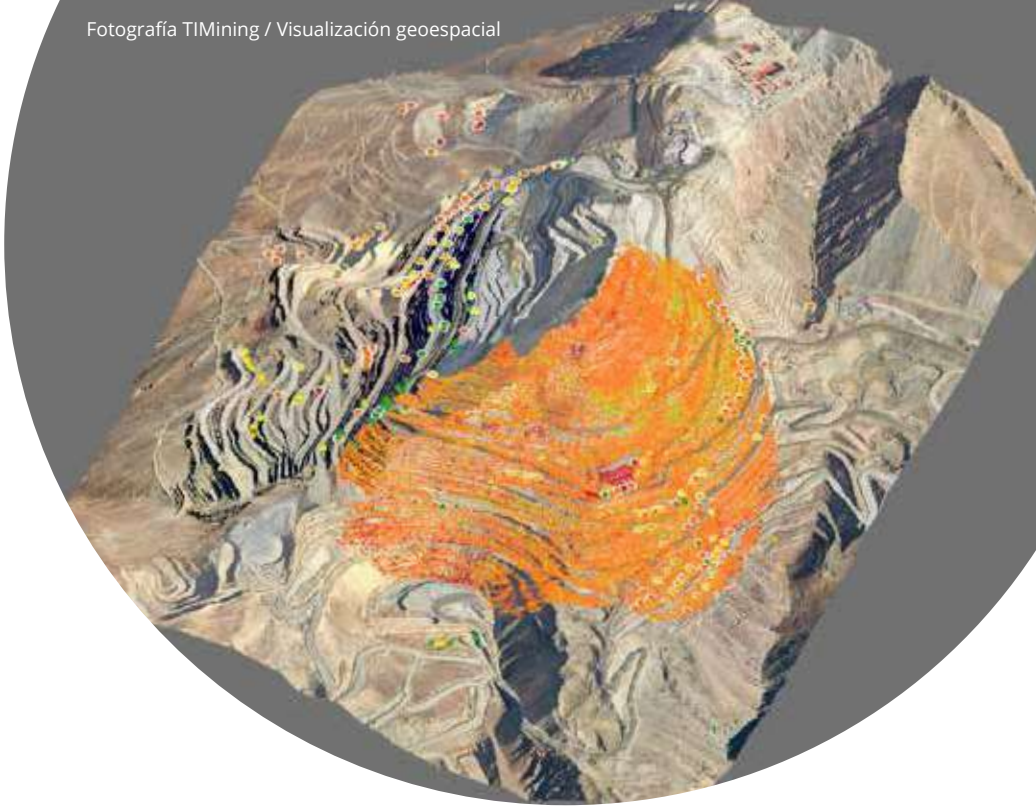
TIMining utiliza el mismo proceso de desarrollo para sus distintos sistemas y plataformas. Este se inicia con la etapa de entender muy bien el problema que tiene su cliente. Aun cuando Aris nace como una solución inicial de monitoreo geomecánico para la División El Teniente de Codelco, su consolidación se materializa a partir de la necesidad de E-Mining de monitorear rajos.

La etapa inicial de comprensión profunda del problema se realiza con la participación activa de TIMining y el cliente. Este involucramiento continúa en el desarrollo de un prototipo rápido para simplificar el problema y la solución. Luego, se prueban y validan con el usuario las hipótesis y efectividad de la primera solución. En el caso particular de Aris, este primer usuario fue Minera Los Pelambres. De acuerdo a las necesidades que surgen de los clientes y de la disponibilidad de nuevos antecedentes de medición, se agregan paulatinamente

funcionalidades claves al conjunto de mediciones realizadas en terreno, como la captura de la información del monitoreo topográfico y la integración de sensores, como los extensómetros.

Posteriormente, con las capacidades generadas en TIMining en el desarrollo de software y el conocimiento de minería, y en particular de geomecánica, se han agregado modelos de instrumentación principal, incluidos los sistemas de medición de prismas que están instalados estratégicamente en los bancos de la mina, y que son registrados por equipos topográficos para entregar la información de cada ubicación. Además, incorporaron el modelo de bloques y geotécnicos con sus respectivas lecturas, lo que permite representar toda la geometría de la operación minera.

La funcionalidad más reciente de esta solución es la incorporación de la operación desde el punto de vista de la ubicación y lugar de



INNOVATION PROCESS – FACILITATORS AND BARRIERS

TIMining uses the same development process for its different systems and platforms. This begins by thoroughly understanding the client's problem. Even though Aris originated as a geo-mechanical monitoring solution for the El Teniente Division of Codelco, it was consolidated based on the need of E-Mining to monitor pits.

The initial stage of thoroughly understanding the problem is done through the active participation of TIMining and the client. This involvement continues in the quick development of a prototype to simplify the problem and solution. Next, the hypotheses and effectiveness of the first solution are tested and validated with users. In the specific case of Aris, the first user was Minera Los Pelambres. According to the clients' needs that arise, and the availability of new measurement information, key features are gradually added to the set of measurements performed in the field, such as collecting information from topographic monitoring and the integration of sensors, like the extensometers.

After this, with the capacities generated at TIMining in software development and mining knowledge, specifically geomechanics, primary instrumentation models have been added, including the systems for measuring prisms strategically installed on the banks of the mine, and which are recorded by topographic equipment to deliver information on each location. Furthermore, they incorporated the block and geotechnical model with their respective readings, allowing all geometry of the mining operation to be depicted.

The most recent feature of this solution is the incorporation of the operation from the standpoint of the loca-

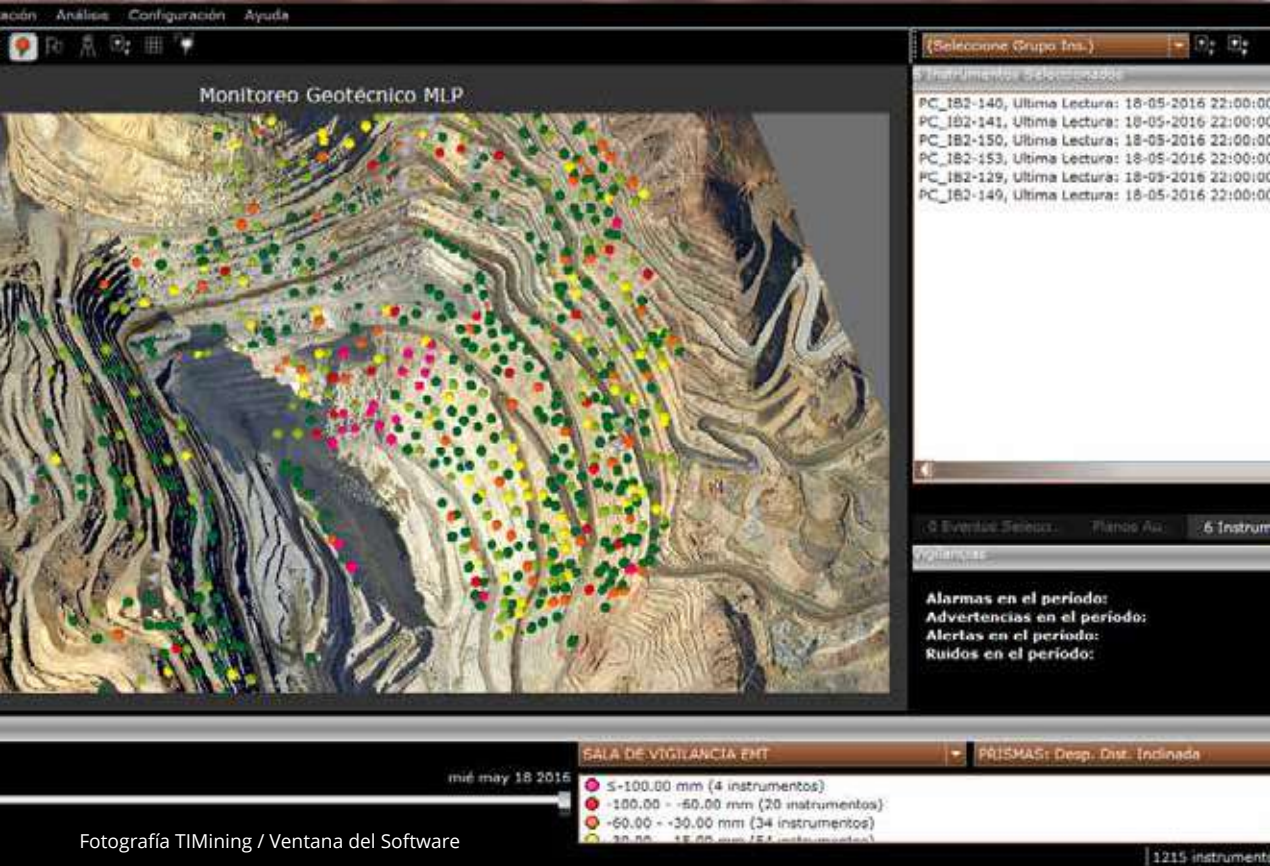
TIMining ha trabajado en pasar de ser una empresa de desarrollo de software especializado para minería, a ser un proveedor que desarrolla productos innovadores, con alto potencial de uso y crecimiento.

explotación de los equipos móviles mineros. Agregaron palas, perforadoras y todos los sensores asociados a estos. De esta manera, se puede entender el grado de exposición al riesgo en la operación al identificar si existe una inestabilidad del terreno, de modo de evitar poner en riesgo a personas, equipos y el plan minero.

Desde el 2016, TIMining ha trabajado en pasar de ser una empresa de desarrollo de software especializado para minería, a ser un proveedor que desarrolla productos innovadores, con alto potencial de uso y crecimiento. Para eso han llevado a cabo un conjunto de acciones organizacionales y de cambios de procesos que apuntan en esa dirección. El nombramiento de un nuevo gerente general y la estructuración de un área de Desarrollo Comercial van en esta línea. Adicionalmente, han descompuesto Aris en módulos específicos para generar los incentivos de nuevas funcionalidades focalizadas a las áreas de mayor interés para sus clientes.

En el desarrollo de sus soluciones tecnológicas, TIMining ha contado con el apoyo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). A través de una consultora postularon y fueron adjudicados para recibir financiamiento del Fondo de Gestión del Portafolio de Innovación. Esto les ha permitido focalizar sus iniciativas de innovación, alinearlas con la estrategia de la empresa y definir las áreas prioritarias.

Producto de esta definición, postularon y recibieron ayuda del Fondo de Validación y Empaquetamiento, el



Fotografía TIMining / Ventana del Software

tion and place of use of the mobile mining equipment. They added shovels, drills and all the sensors associated with these. The degree of exposure to risk in the operation can be understood in this manner, by identifying if there is instability of the land, with the purpose of avoiding placing people, equipment, and the mining plan at risk.

Since 2016, TIMining has worked on going from being a specialized software development company to be a supplier developing innovative products with high potential for use and growth. To do this, they have carried out several organizational actions and changes in processes that move in that direction. The appointment of a new general manager and the

structuring of an area of Business Development is in line with this. In addition, they have de-constructed Aris into specific modules for creating incentives for new features focused on the areas of greatest interest for their clients.

TIMining has relied on the Chilean Economic Development Agency's support (CORFO) in the development of their technological solutions. Through a consulting company they applied for and were awarded funding from the Innovation Portfolio Management Fund. This has allowed them to focus their initiatives on innovation, align them with the company's strategy, and define priority areas.

Resulting from this definition, they applied for and re-

Realizar cambios e incorporar nuevas funcionalidades de manera ágil y eficiente les ha permitido agregar y capturar valor más rápido.

cual les proporcionó recursos para armar por primera vez un equipo de trabajo con las capacidades técnicas y enfoque para el desarrollo de un problema específico. Más recientemente, se adjudicaron el apoyo a un proyecto del Programa Catapult(a) de CORFO para la internacionalización de una de sus soluciones. Actualmente evalúan nuevas opciones de postulación a fondos públicos con Aris.

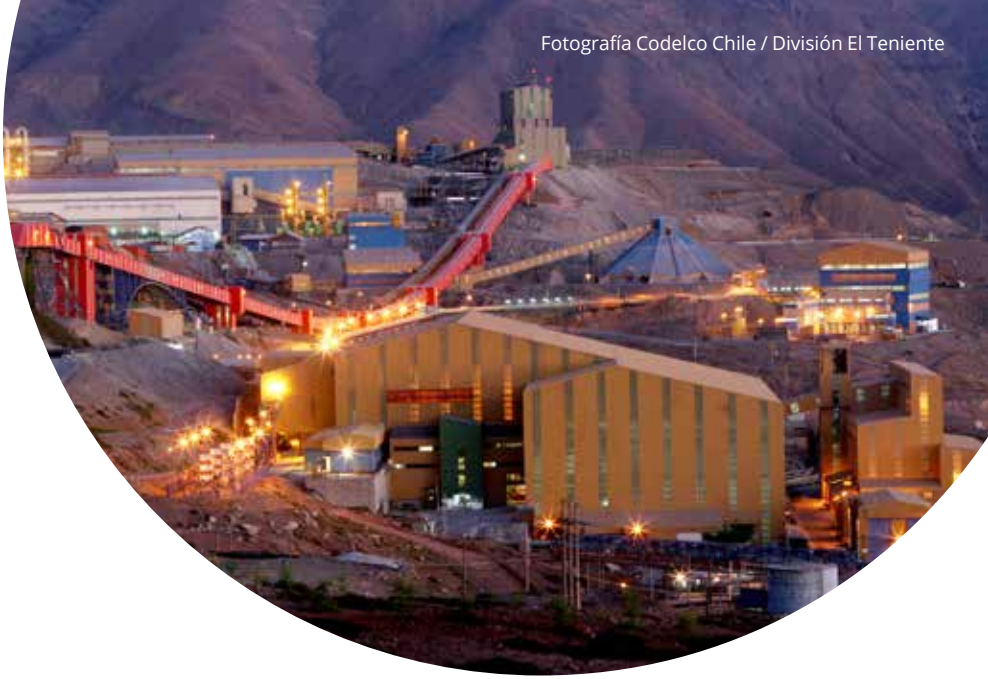
Paralelamente, con la idea de potenciar su crecimiento y expansión comercial, TIMining ha incursionado en el levantamiento de fondos privados. Aun cuando no se han incorporado nuevos socios, ha sido un aprendizaje para la empresa focalizar sus desarrollos y recursos, junto con comprender que este proceso no es inmediato y debe ser muy bien preparado.

Entender e involucrarse en profundidad con el problema, para luego definir y construir una solución que sea simple de utilizar por el usuario, le permitió a TIMining abordar el primer desafío de monitoreo topográfico con la División El Teniente de Codelco, el cual les facilitó la posibilidad de ofrecer una solución a

una operación como Minera Los Pelambres. Sin embargo, un elemento significativo en su consolidación como solución, es el apoyo en el desarrollo de capacidades locales que ha realizado Collahuasi.

Asimismo, con el Centro de Modelamiento Matemático de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, han utilizado el monitoreo para entender y estudiar el comportamiento de colapsos y estallidos de roca, lo que les ha servido para comprender mejor la importancia del monitoreo y análisis para la operación y de modelos geomecánicos.

Sin embargo, la interacción que han tenido con los especialistas geotécnicos de ambas mineras y de E-Mining, ha sido el factor diferenciador para permanecer y crecer. Realizar cambios e incorporar nuevas funcionalidades de manera ágil y eficiente, basados en la retroalimentación que le dan sus usuarios, les ha permitido agregar y capturar valor más rápido y, al mismo tiempo, desarrollar una relación con sus clientes que facilita nuevas mejoras.



ceived aid from the Validation and Packaging Fund, which granted them resources for putting together a work team for the first time with technical capacities and a focus for the development of a specific problem. Even more recently, they were awarded aid from a project of the Catapult Program from CORFO to globalize one of their solutions. They are currently evaluating new options for applying for public funds with Aris.

At the same time, and with the idea of increasing growth and commercial expansion, TIMining has investigated gathering private funds. Even when new partners have not been incorporated, it has been a lesson for the company to focus their developments and resources, along with understanding that this process is not immediate, and it must properly prepared.

Understanding and participating thoroughly in the problem, and then defining and building a user-friendly solution, allowed TIMining to address the first challenge of topographic monitoring with the El Teniente Division of Codelco, which provided

them with the possibility of offering a solution to an operation like Minera Los Pelambres. However, a significant element in consolidating the solution is the support in the development of local capacities provided by Collahuasi.

Likewise, with the Center for Mathematical Modeling of the Faculty of Physical Sciences and Mathematics of the University of Chile, they have used monitoring to understand and study the behavior of collapses and rock bursting, which has helped them to better understand the importance of monitoring and analysis for the operation and geo-mechanical models.

Nevertheless, the interactions they have had with geotechnical specialists in both mines and E-Mining has been the differentiating factor in remaining and growing. Implementing changes and incorporating new features swiftly and efficiently based on the feedback provided by their users has allowed them to add and capture value quicker, and, at the same time, develop a relationship with their clients which facilitates new improvements.



En la medida que construyeron nuevas funcionalidades y que el mercado geotécnico minero fue madurando, se hizo más expedita la adopción de Aris. Especialmente, al incorporar los protocolos y formatos de más proveedores de instrumentos y sensores, cada cliente se benefició de más fuentes de información sin costos adicionales.

Producto de los cambios organizacionales y de procesos, TIMining ha focalizado sus recursos y esfuerzos en definir, balancear y priorizar los aspectos más relevantes a mejorar de su solución. De este modo, la empresa hace un seguimiento periódico de las nuevas

funcionalidades, oportunidades de mercado y, de ser necesario, desestiman las iniciativas de desarrollo que los indicadores de monitoreo muestran como poco atractivas.

Un factor que no consideraron en el desarrollo comercial fue la influencia que tenían los auditores externos de las compañías mineras. Por la estructura societaria de las empresas mineras y por su relación con el entorno, se realizan de manera periódica auditorías que son ejecutadas por organizaciones externas. Estos auditores han conocido los resultados de la solución de TIMining y la han recomendado a otras operaciones mineras. Como



parte del proceso de auditoría, en algunos casos, se fijan metas de cumplimiento que incluyen implementar una solución integrada de monitoreo geomecánico, lo que ha promovido la entrada y crecimiento de Aris.

De acuerdo a lo expresado por TIMining, un precio del cobre al alza y en torno a US\$3 la libra facilita la adopción de la innovación, ya que se mantiene una mayor disciplina presupuestaria y de costos, con interés por incrementar gradualmente la producción. Las proyecciones al 2018 mantienen esta tendencia. Al haber precios muy altos de cobre, el foco de las áreas productivas se concentra en cómo aumentar de manera significativa la

As they built new features and the geotechnical mining market matured, the adoption of Aris became quicker. Especially when incorporating the protocols and formats from more suppliers of instruments and sensors, each client benefited from more sources of information without additional costs.

Due to the organizational and procedural changes, TIMining has focused its resources and efforts on defining, balancing, and prioritizing the most relevant aspects for improving the solution. As such, the company does a periodic follow-up of the new features, market opportunities, and if necessary, they disregard the development initiatives monitoring indicators reveal as unattractive.

One factor they did not consider in commercial development was the influence external auditors have in mining companies. Due to the corporate structure of the mining companies and their relationship with the environment, audits are conducted periodically by external organizations. These auditors have observed results of TIMining's solution and they have recommended it to other mining operations. In some cases, as a part of the auditing process, compliance goals are set including the implementation of an integrated geo-mechanical monitoring solution, which has promoted Aris' entry and growth.

According to what has been affirmed by TIMining, a rising copper price around US \$3 per pound facilitates the adoption of the innovation, given that a greater budget and cost discipline is maintained, with interest to gradually increase production. The projections for 2018 reveal this same trend. When the prices of copper are very high, the focus of the productive areas is on how to increase production significantly in the shortest time frame

Una de las primeras barreras fue convencer y demostrar al área geotécnica que la integración de información de distintos sensores en una sola plataforma agregaba valor.

producción en el menor tiempo posible. Adicionalmente, aparece una mayor oferta de soluciones que hace más confuso para el cliente distinguir entre los proveedores especializados de los que no son. Por el contrario, cuando el precio del cobre baja considerablemente, los recursos y costos disponibles se centran en las actividades más relevantes de la cadena de valor minera y, por lo tanto, el financiamiento de actividades que parecen no ser claves quedan en pausa.

Por otra parte, TIMining ha identificado que entrar a una nueva operación minera también se facilita a través de la incorporación de un especialista geotécnico que haya trabajado anteriormente con Aris.

Sin embargo, la empresa también ha superado diversas barreras para desarrollar su innovación. Una de las primeras a sortear fue convencer y demostrar al área geotécnica que la integración de información de distintos sensores en una sola plataforma agregaba valor. Esto lo logró tras desarrollar y trabajar con clientes que tenían un alto costo de integrar información geotécnica y percibían que, además de automatizar y monitorear el proceso, también era necesario tener la capacidad de analizar de forma integrada la información disponible con el fin de poder ser más predictivos y eficientes en sus decisiones.

Por otro lado, cuando se comienza por entender detalladamente el problema, se hace complejo determinar cuál va a ser la solución, recursos y esfuerzos requeridos. Esto impacta directamente en establecer de forma clara los costos y plazos de desarrollo, lo que impulsa a que la empresa desarrolladora de la solución tome el proyecto internamente.



possible. In addition, a greater offering of solutions appears, making it more confusing for the client to distinguish between specialized suppliers and those that are not specialized. By contrast, when the price of copper drops considerably, available resources and costs focus on the most relevant activities in the mining value chain, and, therefore, funding activities that do not seem to be essential are put on hold.

On the other hand, TIMining has identified that entering a new mining operation is facilitated through the incorporation of a geotechnical specialist who has worked previously with Aris.

However, the company has also overcome various obstacles to develop its innovation. One of the first obstacles to sidestep was to convince and show the geotechnical area that the integration of infor-

mation from different sensors in just one platform added value. This was achieved through developing and working with clients having a high cost of integrating geotechnical information, and thought that, along with automating and monitoring the process, it was also necessary to have the capacity to analyze the available information in an integrated manner to be able to be more predictive and efficient in their decisions.

On the other hand, when the first step is to thoroughly understand the problem, it becomes difficult to determine what the solution, resources, and required efforts are going to be. This has a direct impact on clearly establishing the costs and periods of development, which leads the company developing the solution to carry out the project internally.

Lo que debiese primar para seleccionar a un proveedor debiese ser que la calidad y el costo/beneficio de la solución sean superiores, no que el proveedor local oferte un menor precio.

Dentro de las dificultades propias de los procesos para entrar a compañías mineras, se observa que las personas que necesitan soluciones innovadoras al interior de las operaciones, en muchos casos, no conocen o no cuentan con los mecanismos que facilitan la adquisición de innovación. Además, se presentan dificultades relacionadas con mantener los servicios con los clientes actuales, en especial cuando hay un cambio de personas en el equipo de la minera. De acuerdo a TIMining, esto requiere asignar recursos y tiempos adicionales para demostrar y convencer nuevamente del valor de la solución a los nuevos especialistas geotécnicos.

Asimismo, dentro de los equipos de las compañías mineras, TIMining ha encontrado líderes que no están acostumbrados a comprar tecnología chilena. El factor de una

marca internacional se transforma en un elemento relevante al momento de invertir. Esto dificulta que empresas chilenas agreguen valor a estos clientes, aunque ofrezcan soluciones efectivas, soporte local y presencia periódica para una mejor operación. Lo que debiese primar para seleccionar a un proveedor debiese ser que la calidad y el costo/beneficio de la solución sean superiores, no que el proveedor local oferte un menor precio.

En algunos casos, compañías mineras aplican procedimientos de compra que conducen a justificar al proveedor como único por su innovación, situación que es difícil de argumentar. Este tipo de situaciones ha impactado a TIMining, al punto que en una operación tuvieron que esperar por dos años para que concluyera el proceso de evaluación.



Among the difficulties inherent in the processes for entering mining companies, it is observed that, in many cases, the people who need innovative solutions within the operations do not understand nor have the mechanisms facilitating the obtainment of innovation. Furthermore, there are difficulties related with maintaining services with current clients, especially when there is a change in personnel on the mining team. According to TIMining, this requires allocating resources and additional time to demonstrating and convincing the new geo-technical specialists of the value of the solution, again.

Likewise, TIMining has found leaders on the mining company teams who are not used to buying Chilean technology. The factor of being an international brand becomes a relevant element when investing. This makes it difficult for Chilean companies to add value for these clients, even if they offer effective solutions, local support, and a periodic presence for a better operation. What should take precedence when selecting a supplier should be a focus on quality and a superior cost/benefit ratio of the solution, not on whether the local supplier offers a lower price.

In some cases, mining companies implement purchasing procedures leading them to justify the supplier as unique to their innovation, which is a situation difficult to argue with. These types of situations have had an impact on TIMining to such an extent that they had to wait two years in one operation just to wrap up the assessment process.

CREACIÓN DE VALOR

Contar de manera sistemática con información relevante e integrada del estado del macizo rocoso permite establecer un proceso, prácticas de observación y diagnóstico. De esta forma, se pueden tomar decisiones fundadas y adecuadas sobre cómo operar de manera eficiente y segura en la zona definida. Por lo tanto, al tener una mejor gestión del riesgo, se puede operar con más seguridad y garantizar una mayor continuidad operacional. Estos factores impactan directamente en un aumento en los niveles de producción y la productividad de la operación minera.

Los niveles de producción se pueden incrementar sustancialmente en la medida que se logra optimizar y aumentar el ángulo de operación del talud de la faena minera. Esto requiere tener siempre presente que el nivel de riesgo para la operación debe estar bajo control y ser el menor posible. Basado en un análisis realizado a la mina Sandsloot en Sudáfrica, por cada incremento de un grado en el ángulo del talud global, se genera beneficios por aproximadamente US\$120 millones, según el estudio publicado por A.R. Byea y F.G. Bellb en el International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences en 2001. Esto actualizado al 2017 corresponde a US\$165 millones aproximadamente.



Fotografía Codelco Chile

VALUE CREATION

Being able to systematically rely on relevant and integrated information on the status of the rock mass allows for a process, observation practices, and a diagnostic assessment to be established. Well-founded and appropriate decisions can be made in this manner regarding how to operate efficiently and safely in the defined zone. Therefore, when there is better risk management, it is possible to operate with more safety and guarantee greater operational continuity. These factors directly impact through an increase in the levels of production and productivity of the mining operation.

The levels of production can be substantially increased if it is feasible to optimize and increase the angle of operation of the slope of the mine. For this, it is essential to always bear in mind that the level of risk for the operation must be under control and be as low as possible. Based on an analysis conducted at the Sandsloot mine in South Africa, for each increase of one degree of an angle of the overall slope, approximately US \$120 million in benefits are generated, according to the study published by A.R. Byea and F.G. Bellb in the International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences in 2001. Updated for 2017, this corresponds approximately to US \$165 million.



Un primer factor diferenciador de la propuesta de valor de Aris tiene relación con la simplicidad en el uso. Además de integrar múltiples fuentes de información, la despliega de manera intuitiva, entendible y valiosa para los usuarios de la compañía minera: gerente del área, superintendente y especialistas geotécnicos.

Su modelo de negocio funciona bajo el esquema de licencia de uso y servicios de mantenimiento del sistema. Este modelo, además, tiene la capacidad de poder escalar y aplicarse a un mercado globalizado, generando un impacto más amplio en la industria. Si bien es difícil de cuantificar la experiencia que los usuarios tienen al contar con una solución que integra de manera simple la información y facilita el proceso de toma de decisiones, es posible considerar como variable observable

el número de clientes instalados con contrato de mantenimiento, el cual en la actualidad llega al 100%.

Sus principales clientes se dividen en dos segmentos: el primero corresponde a los muy cercanos, con los cuales hay un alto grado de interdependencia y las nuevas funcionalidades son creadas en conjunto o con una alta participación de ellos. El segundo es un grupo de compañías mineras que requieren una solución más empaquetada y estructurada. Sin embargo, desde el 2017 el foco de TIMining se ha centrado en la gran minería internacional, donde ya tienen a Alumbreira como cliente en Argentina y se encuentran abriendo oportunidades de negocio en Perú con la ayuda de ProChile y teniendo a C2 Mining como distribuidor.

Aris además de integrar múltiples fuentes de información, la despliega de manera intuitiva, entendible y valiosa para los usuarios de la compañía minera.

A first differentiating factor of Aris' value proposition has to do with the simplicity of use. Along with integrating multiple sources of information, it provides this information in an intuitive, understandable, and valuable manner for the users of the mining company: area manager, superintendent, and geotechnical specialists.

Their model of business operates under the framework of user licenses and system maintenance services. Furthermore, this model can be scaled up or down and applied to a globalized market, thereby producing a broader impact in the industry. Although it is difficult to quantify the experience had by users when relying on a solution that simply integrates the information and facilitates the decision-making process, it is possible to consider the number of clients installed with a maintenance contract as an observable variable, which is currently 100%.

Their primary clients are divided into two segments. The first corresponds to the closest clients with whom there is a high degree of interdependence and the new features are created jointly or with a high level of participation from them. The second segment is a group of mining companies that require a more packaged and structured solution. However, since 2017, the focus of TIMining has been on the large-scale international mining industry, where they already have Alumbreira as a client in Argentina, and they are currently opening business opportunities in Peru with the assistance of ProChile and with C2 Mining as a distributor.



Fotografía Codelco Chile

APRENDIZAJES

En base a su historia y experiencia, TIMining ha conformado un equipo de trabajo con capacidades técnicas orientadas a sus clientes. Han sabido combinar profesionales con un alto nivel de especialización en la industria minera con expertos en desarrollo de software. La empresa promueve e invierte en la formación y el aprendizaje en terreno para entender mejor las necesidades de sus clientes mineros y construir soluciones que resuelvan sus problemas. Además, fomentan la actualización académica de sus funcionarios para complementar la comprensión de las dificultades en la minería.

Desde sus inicios, TIMining ha mostrado interés por resolver problemas desafiantes de la industria minera, lo que les ha permitido desarrollar múltiples soluciones. Sin embargo, para construir una empresa, se requiere poner atención en servicios que sean replicables, comercializables y escalables, y no desviar la atención a problemas que no abren espacio a este tipo de soluciones.

Para poder atender a requerimientos más amplios de sus clientes han desarrollado alianzas con otras empresas que complementan su oferta. La experiencia con licitaciones donde, por ejemplo, se requerían



los servicios de monitoreo geotécnico junto a una plataforma de comunicaciones, o con solicitudes de una solución de monitoreo geotécnico que incluyera un sistema CCTV con cámaras, les hizo comprender la importancia de la asociatividad. Construir alianzas les ha servido para diferenciarse y complementar su oferta con aliados técnicos y comerciales, demostrando que a través de este tipo de relaciones se promueve una cultura de colaboración entre proveedores, universidades y empresas mineras.

LEARNINGS

Based on their history and experience, TIMining has formed a work team with technical capacities geared towards their clients. They have understood how to combine high-level professionals specialized in the mining industry with experts in software development. The company promotes and invests in on-site education and lessons to better understand the needs of their mining clients and to build solutions that resolve their problems. Furthermore, they encourage their staff members to take refresher courses to update their knowledge to complement understanding of the difficulties in mining.

Since its beginning, TIMining has demonstrated interest in resolving challenging problems in the mining industry, which has allowed them to develop multiple solutions. However, to build a company, attention needs to be placed on services being replicable, marketable, and scalable, and not getting distracted by problems that do not create opportunities for these types of solutions.

They have developed partnerships with other companies that complement their offering to cater to the broader needs of their clients. The experience with tenders where geotechnical monitoring services is required, for example, along with a communications platform, or with requests for a geotechnical monitoring solution including a CCTV system equipped with cameras has allowed them to understand the importance of partnering. Building partnerships has helped them to stand out and complement their offering with technical and commercial partners, thereby demonstrating that a collaborative culture among suppliers, universities, and mining companies is fostered through these types of relationships.



SAMSUNG

96% 12:29 PM

MARIBO DIAZ U

Toneladas por hora [Efectivo]	: 3.092
Toneladas por hora [Operacional]	: 2.597
Toneladas movidas	: 19.672

Eficiencia de Operación



Oportunidades



13 Toneladas por Baldada a mejorar



04

INDIMIN

SMART MINING COACH

SMART MINING COACH

Smart Mining Coach busca aumentar la capacidad productiva de los operadores de equipos de carga y transporte, con tecnologías que capturan, analizan y entregan información relevante a trabajadores y jefes de turno sobre el manejo de los equipos móviles.

Smart Mining Coach searches to increase productive capacity of the operators of loading and transportation equipment using technologies that capture, analyze and deliver relevant information to workers and shift supervisors regarding handling of mobile equipment.





INDIMIN
Innovación Digital para la Minería

CONTACTO / CONTACT:

Álvaro Díaz
Gerente General

www.indimin.com
+56 9 82891676

La Concepción 191, Piso 6
Providencia, Santiago - Chile

RESEÑA DE LA EMPRESA

El año 2016, Loreto Acevedo, Álvaro Díaz y Álvaro Roselló crearon INDIMIN a partir de la combinación de tres elementos centrales de la historia de sus fundadores: primero, experiencia en la industria minera; segundo, el diseño, implementación y desarrollo de soluciones tecnológicas; y tercero, la realización conjunta de una tesis para un magíster de innovación. La conjugación de estos antecedentes, en el contexto de la crisis global de productividad de la industria minera, dio origen a esta empresa dedicada a conectar trabajadores con herramientas de inteligencia artificial para aumentar la productividad en los procesos de carguío y transporte minero.

Antes de que se gestara esta *start-up*, sus fundadores iniciaron un proyecto de investigación para la tesis de su magíster que

incluyó entrevistas con varias compañías mineras nacionales e internacionales. A partir de esto identificaron una positiva recepción y mayor interés por parte de CAP Minería. Este proceso motivó y facilitó la profundización en los problemas y oportunidades de productividad laboral existentes en la industria minera. Además, pudieron aprender sobre tecnologías digitales, como data science e inteligencia artificial, para dar respuesta a las necesidades identificadas con información del proceso productivo y de sus participantes.

A través de su investigación lograron identificar el siguiente problema de productividad: no se aprovechaban por completo las capacidades operativas de los equipos mineros. Esto catalizó el surgimiento de INDIMIN como compañía el mismo año



COMPANY REVIEW

Loreto Acevedo, Álvaro Díaz and Álvaro Roselló founded INDIMIN in 2016 combining three key elements of the history of its founders: first, experience in the mining industry; second, the design, implementation and development of technological solutions; and third, the three of them attended a joined master's thesis on Innovation. The mixture of this background information, in the context of a global crisis in the mining industry's productivity, gave place to this company dedicated in connecting employees with AI tools to rise productivity in loading and mining transportation processes.

Before this *start-up* was born, its founders started an investigation project for their master's thesis,

which included interviewing several national and international mining companies. From this they identified a positive reception and growing interest from CAP Minería. This process motivated and facilitated looking into labor productivity problems and opportunities present in the mining industry. Additionally, they were able to learn about digital technologies, such a data science and AI, to meet the needs identified with information from the productive process and its participants.

With their investigation they were able to identify the following productivity problem: The operative capacities of the mining teams were not fully exploited. This prompted the creation of INDIMIN as a

INDIMIN tiene como objetivo poner la tecnología a disposición de las personas y empoderarlas para mejorar su productividad de manera sostenible.

2016, a través de un primer piloto diseñado en conjunto con CAP Minería para la faena Los Colorados. El objetivo fue desarrollar una herramienta que activara el potencial productivo de los operadores de equipos móviles mineros dentro del proceso de extracción y así aumentar la productividad de la operación.

INDIMIN tiene como objetivo poner la tecnología a disposición de las personas y empoderarlas para mejorar su productividad de manera sostenible. Sin embargo, llevar este propósito a la industria minera ha sido un desafío importante y no exento de dificultades, tales como: darse a conocer en distintas empresas mineras, pilotear sus soluciones en operaciones, acceder e integrar múltiples fuentes de datos, entre otras. En este proceso de desarrollo y puesta en marcha se han incorporado siete personas a INDIMIN, cuyo foco principal está en el desarrollo de software y en la implementación y validación de sus soluciones con los clientes por medio de una plataforma inteligente de productividad.

Actualmente, Mina Los Colorados de CAP Minería validó el piloto realizado, por lo que se inició la implementación del software con el fin de brindarles un servicio de medición de desempeño y orientación que permita manejar adecuadamente los equipos móviles mineros a través de su solución llamada Smart Mining Coach.



Fotografía INDIMIN

company that same year (2016), through their first pilot designed along with CAP Minería for the job site “Los Colorados.” The objective was to develop a tool which could activate the productive potential of the mining mobile equipment operators within the extraction process and thus rise the operation’s productivity.

INDIMIN’s objective is to provide technology to people and empower them to improve their productivity in a sustainable manner. However, carrying this purpose to the mining industry has been a huge challenge and has had some difficulties, such as: to become known in several mining companies, managing their solutions in operations, accessing

and incorporating numerous data bases, among others. Seven people have been incorporated to INDIMIN in this process of development and launching. INDIMIN’s missions is to dedicate itself to software development and the implementation and validation of its solutions with clients through a productivity platform.

Currently, CAP Minería’s mine Los Colorados validated the executed pilot, for that matter the software implementation started, to give them a performance and orientation measurement allowing adequately drive the mobile mining equipment through their solution called Smart Mining Coach.



DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INNOVACIÓN

PROBLEMA

De acuerdo a lo señalado por la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) el año 2014, la productividad laboral en minería cayó un 20% respecto al año 2000, tanto en Chile como a nivel mundial. Esto constituye una preocupación relevante para las empresas mineras que, con el fin de revertir esta situación, iniciaron la búsqueda de soluciones con foco en los procesos, nuevas tecnologías y las personas.

La experiencia previa en la industria, así como en el diseño e implementación de soluciones tecnológicas, permitió que los fundadores de INDIMIN descubrieran durante el desarrollo de su tesis de magíster que una forma efectiva e innovadora de aumentar la productividad

era utilizar la data disponible de la operación minera. Con esta data sería posible conectar y analizar información en tiempo real de las personas y de los equipos involucrados en el proceso productivo, con el fin de obtener datos relevantes dirigidos a potenciar el desempeño de estos recursos.

Las compañías mineras están conscientes que cada vez es más complejo y costoso cumplir sus planes de producción. Por un lado, el gerente de mina de una operación cuenta con información de los camiones que pueden estar sobre o sub cargados y, por otro lado, el gerente de mantenimiento tiene los datos sobre el cumplimiento de las pautas de manten-

DESCRIPTION AND CHARACTERISTICS OF THE INNOVATION

PROBLEM

Labour productivity in the mining industry dropped 20% in comparison with 2000, in Chile and internationally, as stated by the Chilean Copper Commission (Cochilco) in 2014. This is an important concern for the mining industries that, with the purpose of solving this situation, started to search for a solution for the processes, new technologies, and people.

Previous experience in the industry, as well as in the design and implementation of technological solutions, allowed INDIMIN's founders to discover during their master's thesis that an effective and innovative way of rising productivity was to use the available data of the mining operation. With this data it would be possible to connect and analyze information in real time of people and equipment involved in the productive process, so they would be able to acquire relevant data aimed at reinforcing these resources' performance.

Mining companies know as time goes by it is harder and more expensive to achieve their production plans. On the one hand, a mining operation manager has information on the trucks that could be overloaded or not fully loaded, and on the other hand, the maintenance manager has data on the achievement of the maintenance guidelines and the spare parts' costs. Each one has different information on the availability of the equipment, however, they do not always agree on the causes of the failures that trucks, shovels and auxiliary equipment may have, which end up affecting the production indicators of the operation. A reason explaining this is, that the information each one has is split and not necessarily shared, which makes more difficult identifying factors affecting the efficiency of the productive processes and lastly, implement effective solutions.

ción y de los costos de repuestos. Cada uno cuenta con información sobre la disponibilidad de los equipos, sin embargo, no siempre están de acuerdo respecto de las causas de las fallas de los camiones, palas y equipos auxiliares, que finalmente impactan en los indicadores de producción de la operación. Una razón para esto es que la información con la que cada uno cuenta es parcelada y no necesariamente compartida, lo cual dificulta identificar claramente los factores que inciden en la eficiencia de los procesos productivos para, finalmente, implementar soluciones efectivas.

Actualmente, la menor utilización operativa de los camiones puede ser resuelta aumentando la cantidad y capacidad de las máquinas o en el cómo se realizan los procesos propios de la operación. Esto significa una gestión basada en la optimización de la disponibilidad mecánica de los activos mineros a un costo razonable y conveniente para la compañía.

De acuerdo a lo indicado en la Hoja de Ruta del Programa Nacional de Minería Alta Ley 2015-2035, «el capital humano es un eje transversal que cruza gran parte de los desafíos actuales y futuros de la industria minera nacional». En efecto, «se constituye como un habilitador para materializar los próximos proyectos de inversión, mejorar la productividad de la industria e incorporar nuevas tecnologías a los procesos de la minería y sus proveedores. Avanzar hacia una minería innovadora depende, en gran medida, de la calidad y cantidad del capital humano disponible para ello». Considerando los resultados presentados en el Estudio de Fuerza Laboral de la Gran Minería Chilena 2014-2023 (Consejo de Competencias Mineras, 2014), un 80% de los operadores no tienen cubiertas las habilidades mínimas para manejar los equipos, lo que resulta en más de mil daños al año por máquina. Esto se

traduce en más de US\$5 millones de inversiones anuales en reparaciones no planificadas. Hay una brecha relevante en las competencias que debe ser reducida y que, particularmente para la operación de camiones mineros, toma entre tres y cinco años desempeñarse óptimamente, de acuerdo a la información levantada por INDIMIN. Sin embargo, estos datos son analizados de forma grupal, por lo que los resultados de mejoras no son tan efectivos como si fueran personalizados.

En este contexto fue que los fundadores de INDIMIN abordaron problemas identificados en la Hoja de Ruta del Programa Nacional de Minería Alta Ley 2015-2035, relacionados con la gestión de activos y seguridad, así como el problema de productividad laboral en los procesos de carguío y extracción. Propusieron explorar una solución que se centrara en el trabajo de los operadores de equipos mineros y en sus jefes de turno, ya que ambos son actores clave del proceso productivo diario. Aunque actualmente se cuenta con un análisis agregado de los turnos, no se tiene el detalle de los resultados y desempeños de cada trabajador, por lo que no es posible realizar un análisis acabado de esto, ni tampoco definir acciones específicas de mejora.



Currently, one way of solving the fact that trucks are underused, is by rising the quantity and capacity of the machines or by knowing how the inherent processes of the operation are executed. This means management based on the optimization of the mechanical availability of the mining actives at a reasonable and convenient cost to the company.

According to what is stated on the Road Map of the Alta Ley National Mining Program of Transforma 2015-2035, “human capital is a transversal axis crossing a large part of the current and future challenges of the national mining industry.” indeed, “it is thought as an enabler to realize the next investment projects, improve the industry’s productivity and incorporating new technologies to mining processes and their suppliers. Going towards an innovating mining industry, largely depends on the quality and quantity of the human capital that is available for that purpose”. Taking into consideration the results of the Labor Force Study of the Great Chilean Mining Industry 2014-2023 (Council of Mining Competences, 2014), 80% of the operators do not have the minimum skills to drive the equipment, which generates over a thousand damages annually per

machine. This means more than US\$5 million in annual investments for unplanned reparations. There is an important breach in the skills that needs to be reduced and particularly, according to the information gathered by INDIMIN, it takes between three to five years to perfectly perform when driving a mining truck. However, this data is analyzed as a group, this means that the results on improvements would be more effective if they were personal.

It was in that context that INDIMIN’s founders addressed the problems identified in the Road Map of the Alta Ley National Mining Program of Transforma 2015-2035, related to actives and safety management, as well as the labor productivity problem in the loading and extraction processes. They proposed exploring a solution which its focus would be on the work of the mining equipment operators and their shift managers, since they are both key participants in the daily productive process. Although nowadays we have an extra analysis of the shifts, we don’t have the details of the results and performance of each employee, so it is not possible to carry out a deep analysis of this, nor defining specific actions for improvement.



Uno de los principales descubrimientos de la investigación realizada por INDIMIN es que los jefes de turno son un eslabón clave en la cadena productiva. Al estar en primera línea frente a la operación, son capaces de vincularse directamente tanto con los operadores como con la gerencia, siendo un punto de enlace entre el plan de producción y el liderazgo, cuidado y bienestar de los trabajadores a su cargo. Además, sostienen la mayor cantidad de vínculos e interacciones con otros *stakeholders* del sistema e inciden directamente en los costos de explotación (camiones) y en los activos clave de producción (palas). En este sentido, el jefe de turno debiera ser el responsable de primera línea de la producción, pero no cuenta con las herramientas ni competencias para desarrollar esta tarea.

La Comisión del Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales —Chile Valora— define dentro de las competencias de perfil de cargo de un jefe de turno tareas como gestión de desempeño de trabajadores a su cargo, seguridad, y cumplimiento del plan de producción. Sin embargo, según las mediciones realizadas por INDIMIN, no se alcanza el nivel esperado de cumplimiento de estas labores, lo que se debe, en gran medida, a que los jefes de turno tienen una visión acotada de lo que ocurre en los equipos y particularmente con cada uno de sus operadores a cargo. La mayoría de los sistemas de información con los que se cuenta se centran en el estado y rendimiento de la máquina, sin necesariamente conectarlo con los operadores, sus habilidades, desempeño y otras variables del entorno productivo.



Fotografía Codelco Chile

Capturar, integrar y gestionar lo que ocurre durante el turno requiere de herramientas tecnológicas que integren y analicen estas fuentes para, finalmente, diseñar soluciones centradas en las personas.

INDIMIN ha corroborado que este problema no solamente ocurre en Chile, sino que en otros países mineros como Australia y Canadá. La participación en iniciativas nacionales e internacionales les ha servido para conectarse con potenciales clientes y proveedores, además de incorporar mentores y asesores extranjeros en la estrategia y promoción de la empresa.

One of the biggest discoveries found in INDIMIN's investigation was that the shift managers were a key factor in the productive chain. Because they are at the front line of the operation, they can interact with the operators as well as with management. They are a connection point between the production plan and leadership, care and well-being of the employees they are responsible for. Moreover, they have the largest amount of links and interactions with other *stakeholders* of the system and have a direct impact on the exploitation costs (trucks) and on the key actives of production (shovels). In that sense, the shift manager should be the one responsible for the first line of production, but she/he does not have the tools nor competence to carry out this task.

The National System Commission of Labor Competence Certification —Chile Valora— defines among the competences a shift manager should have in his/her position profile tasks such as managing the performance of the employees he/she is responsible for and fulfilling the production plan. Nevertheless, according with measurements done by INDIMIN, the expected level of achievement of these tasks is not reached, which is largely because the shift managers have a narrow view of what is happening in the teams and particularly with each operator they are responsible for. Most of the information systems they have are focused on the state and performance of the machine, without necessarily connecting it with the operators, their skills, performance and other variables for the productive environment.

Capturing, incorporating and managing what happens on the shift requires technological tools that incorporate and analyze these sources to then design solutions focused on people.

INDIMIN verified that this problem not only happens in Chile, but in other mining countries like Australia and Canada. Participation in national and international initiatives has been helpful for them to connect with potential clients and suppliers, additionally to incorporating foreign tutors and advisers in the company's strategy and promotion.

SOLUCIÓN

Con el fin de resolver los problemas de productividad asociados al comportamiento operacional de los trabajadores, INDIMIN desarrolló una solución que busca amplificar la capacidad productiva de los operadores de equipos de carga y transporte, con tecnologías digitales que capturan, analizan y entregan información relevante a los trabajadores y sus jefes de turno. Para esto diseñaron y construyeron Smart Mining Coach, un entrenador personal digital pensado para orientar y mejorar el manejo de los equipos móviles mineros de manera de contribuir al aumento productivo en las operaciones. Lo anterior consiste en entregar herramientas digitales a las personas para que puedan entender sus brechas productivas, visualizar su desempeño de manera permanente e identificar aspectos a mejorar. Además, incorpora y comparte información complementaria del operador con su jefe de turno como su cumpleaños, vacaciones, hijos, entre otras; lo que ayuda a acercar de un modo más humano a los jefes de turno con sus trabajadores, junto con adoptar un rol completo de acompañamiento, empoderamiento y gestión de sus equipos de trabajo.

En la actualidad, la recopilación de información y desempeño de los trabajadores, tanto en las áreas de operaciones de la mina como en las de planificación, se realiza a través de herramientas como Microsoft Excel, sin embargo, la posibilidad de análisis de muchas variables resulta compleja y limitada a través de herramientas de este tipo. Es aquí donde Smart Mining Coach ofrece una alternativa que entrega información relevante desde múltiples fuentes para mejorar la productividad en la mina. Esta solución integra la lógica de negocios, programación y algoritmos de procesamiento inteligente de datos para desplegarlos



Fotografía INDIMIN / Aplicación Smart Mining Coach

SOLUTION

With the purpose of solving productivity problems associated with the employee's operational behavior, INDIMIN developed a solution seeking to broaden the productive capacity of the loading and transportation equipment operators, with digital technologies that capture, analyze and deliver relevant information to the employees and their shift managers. For this purpose, they designed and built Smart Mining Coach, a digital personal trainer to guide and improve the operation of the mobile mining equipment to contribute to the productive rise of the operations. The former consists on delivering digital tools to people, for them to understand their productive breaches better, visualize their performance permanently and identifying aspects to improve. Furthermore, it incorporates and shares additional information of the operator with his/her shift manager such as his/her birthday, holidays,

children, among other; which helps to bring closer in a more humane way the shift managers and their employees, along with assuming a complete role of companionship, empowering and management of their work teams.

Currently, gathering information and performance of the employees, in areas such as mining operation as well as planning, is done through tools such as Microsoft Excel, yet, the possibility of analysis of many variables proves to be complex and limited using these types of tools. Therefore, Smart Mining Coach offers an alternative delivering relevant information from several sources to improve the productivity in the mine. This solution incorporates the logic of business, programming, and smart processing algorithms of data to deploy them in a simple and comprehensive way. The system that INDIMIN developed gathers information from equipment sensors,

de manera simple y comprensiva. El sistema desarrollado por INDIMIN toma información desde sensores de equipos, softwares de gestión de la producción, condiciones del sitio, perfil de Recursos Humanos, entre otros, y los combina con motores de inteligencia artificial y analítica avanzada. A partir de modelos matemáticos, se recoge el conocimiento experto de las mejores prácticas de la operación en la mina. La solución se compone de distintos módulos que se pueden adquirir bajo la modalidad de software como servicio (SaaS) y se basa en el número de trabajadores que se quiera analizar:

Coach Turno: Confecciona un perfil digital de cada operador, permitiéndole a los jefes de turno entregar retroalimentación y detectar oportunidades de mejora de manera única y personalizada para cada uno de sus operadores a cargo, con el fin de acelerar los procesos de aprendizaje y perfeccionamiento. Por ejemplo, mejorar el tiempo y posicionamiento del camión para que sea cargado por la pala o aumentar la eficiencia con que los operadores de carguío realizan sus baldadas.

Coach Mina: Con motores propios de analítica avanzada, el jefe de turno, superintendente o gerente de mina, puede aprender y conocer de manera más precisa a las personas, procesos y activos involucrados en un sitio minero.

Se genera constantemente información sobre la productividad que facilita la toma de decisiones de quienes están a cargo de la producción y la posibilidad de concretar periódicamente metas de excelencia operacional. Por ejemplo, el sistema permite identificar pérdidas operacionales en forma dinámica como baja de productividad según la zona de la mina o por alza de costos debida a ineficiencias en el transporte.

Las tecnologías utilizadas por las compañías mineras abordan con frecuencia el uso óptimo de los activos y un mayor rendimiento de los equipos de carga y transporte. INDIMIN cubre estos dos ámbitos e incorpora a ellos sistemas de inteligencia artificial, al centrar la entrega de su propuesta y potencial de mejora en las personas que participan en el proceso de carguío y transporte, es decir, los operadores, jefes de turno y gerente de mina. De esta forma se logra una combinación hombre-máquina en que las tecnologías sirven de asistentes, ayudan a optimizar el uso de los recursos y mejoran los niveles de productividad.

Actualmente, Smart Mining Coach es una solución comercial que está en proceso de expansión y crecimiento. Por sus características propias de SaaS, se incorporarán nuevas funcionalidades y características que irán desarrollándose dentro de su servicio.

SMART COACH ¿CÓMO FUNCIONA?



Esquema INDIMIN

production management software, the site's conditions, Human Resources profile, among others, and combines them with advanced Artificial Intelligence and analytical engines. Expert knowledge is gathered from mathematical models regarding best practices of the operation inside the mine. The solution is made up of different modules that can be acquired under a software method like service (SaaS) and it is based on the number of employees to be analyzed:

Shift-Coach: Makes a digital profile of each operator, allowing the shift managers to deliver feedback and find improvement opportunities in a unique and personalized way for each of the operators in charge, so they can accelerate the learning and improvement processes. For example, improving the time and placement of the truck so it can be loaded by the shovel or increasing the efficiency with which the loading operators carry out their loading.

Mine Coach: The shift manager, the superintendent or the mine manager can learn and know in a more precise manner the people, processes and actives involved in a mining site, with their own engines of advanced analytics. There is a constant generation of information regarding the produc-

tivity which makes easier the policy-making of those in charge of production and the possibility of reaching periodically goals of operational excellence. For example, the system allows to identify operational losses in a dynamic form such as dropping the productivity levels depending on the zone of the mine or because of an increase on the costs due to inefficiencies on transportation.

The mining companies use technologies which frequently address the optimal use of the actives and a higher performance of the loading and transportation equipment. INDIMIN covers these two areas and includes to them AI systems, by focusing the delivery of its proposal and improvement potential on the people that participate in the loading and transportation process, i.e., the operators, shift managers and the mine managers. Thus, a human-machine combination is achieved in which the technologies serve as assistants, help to optimize the use of resources and improve the levels of productivity.

Currently, Smart Mining Coach is a commercial solution that is expanding and growing. New features and characteristics are included because of its own SaaS characteristics that will be developed within their service.

PROCESO DE INNOVACIÓN - FACILITADORES Y BARRERAS

INDIMIN utiliza un método iterativo de innovación, el cual se aplicó para construir Smart Mining Coach, fruto de un trabajo conjunto con CAP Minería. Se compone de las siguientes etapas:

- 1 Inmersión y descubrimiento.** Con el fin de obtener información relevante respecto de las necesidades de sus clientes, se utilizan métodos de indagación empática para percibir el desafío inicial de distintas maneras, con el fin de identificar y desafiar ideas preconcebidas, supuestos y puntos de vista. Al ver distintas alternativas y aproximaciones es posible disminuir los errores generados por sesgos. Adicionalmente, se realiza una evaluación de la información digital disponible en terreno, la que se cruza con los principales descubrimientos de esta fase de inmersión. Con esto, es posible levantar espacios de oportunidad de alto valor y únicos para cada faena.
- 2 Definición de la problemática y propuesta de valor.** Producto de los antecedentes levantados, se declara el foco de la problemática de forma específica y se plantea una propuesta de valor. Adicionalmente, se realizan iteraciones constantes para asegurar el cumplimiento de los objetivos definidos como propuesta de valor de la herramienta. En el caso de Smart Mining Coach, dado que el foco era mejorar la productividad a través de las personas, se ideó una solución con la intención de empoderar ciertos roles claves, como los jefes de turno, para así aumentar el potencial productivo de los operadores a su cargo. En el proceso participaron antropólogos y diseñadores para sumar puntos de vista y diferenciación.



INNOVATION PROCESS - FACILITATORS AND BARRIERS

INDIMIN uses an iterative method of innovation, which was applied to construct its solution Smart Mining Coach, the result of a joined work with CAP Minería. It is made up of the following stages:

1. Immersion and discovery. To obtain relevant information on their clients' needs, empathetic inquiry methods are used to perceive the initial challenge from different ways to identify and challenge pre-conceived notions, assumptions and points of view. By observing different alternatives and approaches, it is possible to decrease the mistakes generated by biases. Moreover, an evaluation on the available digital information in the work site is done, intersecting with main discoveries in this immersion stage. With this, it is possible to create high value and unique spaces of opportunity for each work site.

2. Definition of the problem and value proposition. Due to the gathered background, the focus of the problem is declared in a specific way and a value proposition is posed. In addition to that, continued iterations are being done to ensure the compliance of the objectives defined as a value proposition of the tool. In the case of Smart Mining Coach, since the focus was to improve the productivity through people, a solution was designed with the intention of empowering certain key roles, such as shift managers, to thus rise the productive potential of the operators they are responsible for. Anthropologists and designers participated in the process to add points of view and differentiation.



Fotografía INDIMIN

3 Conceptualización de la solución.

A partir de ciclos de ideación, prototipaje y experimentación, se genera un aprendizaje rápido acerca de los atributos e impacto de la innovación. En el caso de Smart Mining Coach con la Mina Los Colorados iteraron y validaron el concepto de solución y el valor generado para la compañía minera antes de desarrollar la solución definitiva. En esta etapa, se realizaron prototipos en baja y mediana resolución para asegurar que se estaban resolviendo los puntos crí-

ticos de operación de manera eficiente en términos de tiempo y costo.

4 Definición del modelo de negocios.

Se desarrolla a partir de los impactos esperados en la operación del cliente. Basándose en los objetivos e indicadores de desempeño claves para la operación minera, se define un caso de valor para el cliente. En el caso de CAP Minería, como el objetivo era aumentar la productividad de la empresa, fue relevante entender los indicadores de desempeño que se utilizaban en rela-

La definición del modelo de negocio se desarrolla a partir de los impactos esperados en la operación del cliente, basándose en los objetivos e indicadores de desempeño claves para la operación.

ción a la productividad. Posteriormente, iteraron junto con el cliente los distintos aspectos del modelo de negocio, lo que permitió a Smart Mining Coach alimentar la inteligencia detrás de su plataforma y seguir el modelo de ingresos definido por INDIMIN: software como servicio.

3. The solution's conceptualization. From the design, prototyping and experimentation cycles a quick learning is generated on the innovation's attributes and impacts. In the case of Smart Mining Coach with the Los Colorados Mine they iterated and validated the solution concepts and the value generated for the mining company before developing the definitive solution. At this stage, prototypes in low and medium resolution were executed to ensure that the critical points of the operation were being solved in an efficient manner in terms of time and cost.

4. Business model definition. It is developed as of the expected impacts on the client's operation. Based on the objectives and the key performance indicators for the mining operation, a value case is defined for the client. In CAP Minería's case, since the objective was to rise the company's productivity, it was relevant to understand the performance indicators used in relation with productivity. Later, they iterated alongside the client the different aspects of the business model, which allowed Smart Mining Coach to feed the intelligence behind its platform and follow the income model defined by INDIMIN: software as service.

En INDIMIN el proceso de innovación se hace de manera iterativa, continua y sistemática.

En INDIMIN el proceso de innovación se hace de manera iterativa, continua y sistemática. Se considera de alta importancia fallar temprano, rápido y barato para generar la mayor cantidad de aprendizaje posible en torno a un desafío y, de esta forma, generar soluciones tecnológicas de alto impacto al servicio de las personas. Se busca visibilizar todos los recursos involucrados y sus estados para que, a partir de eso, las personas puedan gestionar y tomar decisiones informadas basadas en su experiencia y conocimiento.

La primera versión de Smart Mining Coach fue el resultado de un trabajo de codiseño con el equipo de operaciones de Mina Los Colorados de CAP Minería. Esta operación fue pionera en dar a sus operadores y jefes de turno tiempo para innovar y permiso para equivocarse. Esta iniciativa nació de una definición estratégica de CAP, en la que decidieron hacer que la innovación los llevara hacia adelante y que esta definición llegara hasta los operadores. La visión de la compañía fue

complementada con un precio del hierro que descendió antes que el cobre y motivó a dar sustentabilidad a su negocio a través de la mejora de los costos y la agregación de valor.

En INDIMIN reconocen lo importante que resulta entender los distintos modelos de innovación, junto con seleccionar el método y los recursos adecuados para la construcción de la solución, además de considerar el lugar y la situación particular en la que se puede aplicar. Sin esto, el proceso se hace más complejo de manejar y de alcanzar los objetivos. El trabajo en torno a Smart Mining Coach fue una experiencia que les permitió trabajar de manera estructurada el proceso de innovación. Es importante considerar su característica iterativa, ya que, al desarrollarlo con el cliente, pudieron hacer varios ajustes que contribuyeron a alcanzar los resultados de productividad acordados con CAP.

Smart Mining Coach ha requerido de competencias que INDIMIN debió buscar afuera. Es así como el Centro de Innovación UC Ana-



Fotografía INDIMIN / Usuario de Smart Mining Coach

The innovation process at INDIMIN is done in an iterative manner, continuously and systematically. It is of high importance to fail early on, quickly and cheap so one can generate the largest amount of possible learning regarding a challenge and, thus, creating technological solutions with high impact focused on people. The goal is to represent all the resources involved and their states, from that, people can manage and make informed decisions based on their experience and knowledge.

The first version of Smart Mining Coach was the result of a co-designed work with the operations team of Los Colorados Mine of CAP Minería. This operation was pioneer because it gave their operators and shift managers time to innovate and authorization to make mistakes. This initiative was created from CAP's strategic definition, in which they decided to make innovation push them forward and that this definition reached the operators. The company's vision was supplemented with price of iron that

declined before than price of copper and it motivated them to give sustainability to their business by improving the costs and adding value.

At INDIMIN they recognize how important it is to understand the different innovation models, alongside selecting the adequate method and resources to build the solution, besides considering the place and the specific situation in which it can be applied. Without this, the process and reaching the objectives becomes more difficult to handle. Working around Smart Mining Coach was an experience that allowed them to work in a structured manner on the innovation process. It is important to consider its iterative characteristic, because once they developed it with the client, they were able to do several adjustments that contributed to reach the productive results they had arranged with CAP.

Smart Mining Coach has required competences that INDIMIN had to search beyond their company. That was how the Anacleto Angelini UC Innovation Center

La asociatividad es altamente valorada por INDIMIN, ya que las alianzas y redes toman un rol importante en la materialización de acciones a menor costo.

cleto Angelini de la Pontificia Universidad Católica de Chile les abrió las puertas y los invitó a ser miembros del programa Sin Límites, donde han trabajado con especialistas en antropología y experiencia de usuario (UX) para revisar y reenfocar la información capturada y desplegada. De esta forma se ha fortalecido la solución de modo que los costos de aprendizaje y adopción por parte de los usuarios sean mínimos y puedan obtener beneficios de alto impacto en menor tiempo.

La asociatividad es altamente valorada por INDIMIN y se basa en la confianza. Una empresa que comienza tiene acceso muy limitado a recursos, por lo que las alianzas y redes toman un rol importante en la materialización de acciones a menor costo, además de fortalecer el impacto de la solución, al ser enfrentada de manera colaborativa. En la industria minera, esta capacidad amplía la oferta al cliente y abre más oportunidades de negocio. Es así como en el año 2017 se incorporaron a la asociación gremial Minnovex, que reúne a empresas chilenas para la innovación y la exportación de productos, insumos y servicios intensivos en conocimiento para el sector minero e industrial. Esta participación les ha generado relaciones para innovar junto a otras empresas.

Por otra parte, la adjudicación de fondos públicos concursables ha facilitado su continuidad operacional y la



of the Pontificia Universidad Católica de Chile opened their doors and invited them to be members of the program “Sin Límites”, where they have worked with experts in the areas of anthropology and user experience (UX) to review and refocus the captured and deployed information. Thus, the solution has been strengthened in a way that costs of learning and incorporation by the users can be minimum, and they can obtain high impact benefits in a shorter time.

At INDIMIN associativity is highly praised and is based on trust. A company that is just starting has limited access to resources, that is why partnerships and networks have an important role in the realization of actions at a low cost, besides strengthening the solution's impact, by being treated in a collaborative manner. In the mining industry, this capacity expands the offer to the client and opens more business opportunities. That was how in 2017 they were included in the trade association Minnovex, which brings together companies that work on product innovation and exportation, supplies and intensive services in knowledge for the mining and industrial sector. This participation has allowed them to build relations to innovate with other companies.

On the other hand, awarding of public grant funds has facilitated its operational continuity and the validation of



validación de su solución. En el 2016 ganaron el concurso Piensa en Grande Minería de Fundación Chile, que les permitió obtener un subsidio Semilla de Asignación Flexible para el apoyo de emprendimientos de Innovación (SSAF-i). Luego de finalizar exitosamente la primera etapa, les aprobaron la segunda fase de este programa. Adicionalmente, INDIMIN ha recibido apoyo de las aceleradoras de negocio de Fundación Chile para ampliar sus redes y facilitar el acceso a fuentes de financiamiento en Chile. También se sumaron a Women on the Move, organización internacional sin fines de lucro que busca promover y compartir experiencias para el desarrollo

de las mujeres y, de esta manera, ampliar su visibilidad y redes a escala internacional. Asimismo, participaron del MIT Innovation & Entrepreneurship Bootcamp en Australia, con el objetivo de ampliar su conocimiento en el estado del arte de su oferta de soluciones tecnológicas.

Sin embargo, una de las dificultades que este emprendimiento ha tenido para escalar en su validación y comercialización en la industria minera son las distancias físicas respecto a las operaciones de cada sitio minero. Los costos de preparación, que consideran exámenes médicos, certificaciones de seguridad y equipamiento para transportarse, son muy

altos tanto en términos monetarios como en la cantidad de tiempo que demandan. Esto se torna aún más difícil cuando cada operación exige distintos permisos.

Si a esto se suma que ha sido mucho más complejo -de lo que INDIMIN esperaba- encontrar mineras con una cultura de promoción de la innovación como CAP Minería, la capacidad de validarse y crecer es aún más desafiante. También ha sido todo un reto acceder a los datos necesarios y contar con tiempo del cliente. Esto último, producto de la poca disponibilidad que puede tener la persona responsable de las operaciones de carguío y transporte en la compañía minera.

its solution. In 2016 they won the fund “Piensa en Grande Minería” of Fundación Chile, which allowed them to get a grant called Flexible Assignment Seed supporting Innovation undertakings (SSAF-i). After successfully finishing the first stage, they approved the second stage of this program. Additionally, INDIMIN has received support from the business accelerators on Fundación Chile to expand their networks and facilitate their access to founding sources in Chile. They also joined Women on the Move, an international nonprofit organization that seeks to promote and shares experiences for women's development and, thus, expand their visibility and networks on an international level. Likewise, they participated in the MIT Innovation & Entrepreneurship Bootcamp in Australia, aiming at expanding their knowledge on the state of the art of their technological solutions offer.

However, one of the difficulties that this entrepreneurship has had in validating and merchandising themselves in the mining industry, are the physical distances in respects to the operations of each mining site. The preparation costs, which consider medical exams, security certifications and transportation equipment, are very high in monetary terms as well as the amount of time they demand. This becomes even harder when each operation demands different permits.

This reality combined with the fact that for INDIMIN it has been more complex, exceeding their initial expectations, to find mining companies with a promotion culture of Innovation like CAP Minería, the ability to validate themselves and growth is even harder. Accessing the necessary data and having the client's time has also been a great challenge. The latter is because the person responsible for the loading and transportation operations of the mining company does not have much availability.

Una de las principales dificultades que ha enfrentado INDIMIN ha sido las cláusulas de propiedad intelectual que bloquean la posibilidad de compartir los retornos por lo generado.

Desde la perspectiva de la importancia de los datos, según INDIMIN, en algunas operaciones mineras existe aún el paradigma de que lo único relevante es la producción y, por lo tanto, la información generada por los sistemas, servicios y equipos son menos significativos. Por lo que su gestión y propiedad es delegada a los respectivos proveedores. Si bien esto ha cambiado en el tiempo, la baja utilización de los datos, que no supera el 5%, demuestra la poca atención que las compañías le prestan para entender sus procesos e identificar áreas para ser más eficientes.

INDIMIN tiene el interés de continuar con la agregación de valor y mejorar su solución. La academia es un colaborador que cuenta con el conocimiento y experiencia especializada, por lo que en INDIMIN han explorado oportunidades con algunas instituciones de investigación y desarrollo. Sin embargo, la principal dificultad que han enfrentado en este aspecto han sido las cláusulas de propiedad intelectual que bloquean la posibilidad de compartir los retornos por lo generado.



From the perspective of the importance of data, according to INDIMIN, in some mining operations the paradigm that the only relevant matter is production still exists and, therefore, information that is generated by the systems, services, and equipment are less meaningful. Consequently, its management and ownership are being delegated to the respective suppliers. Although this has changed through time, the low usage of data, which does not amount to more than 5%, proves that companies pay little attention to understanding their processes and identifying areas to be more efficient.

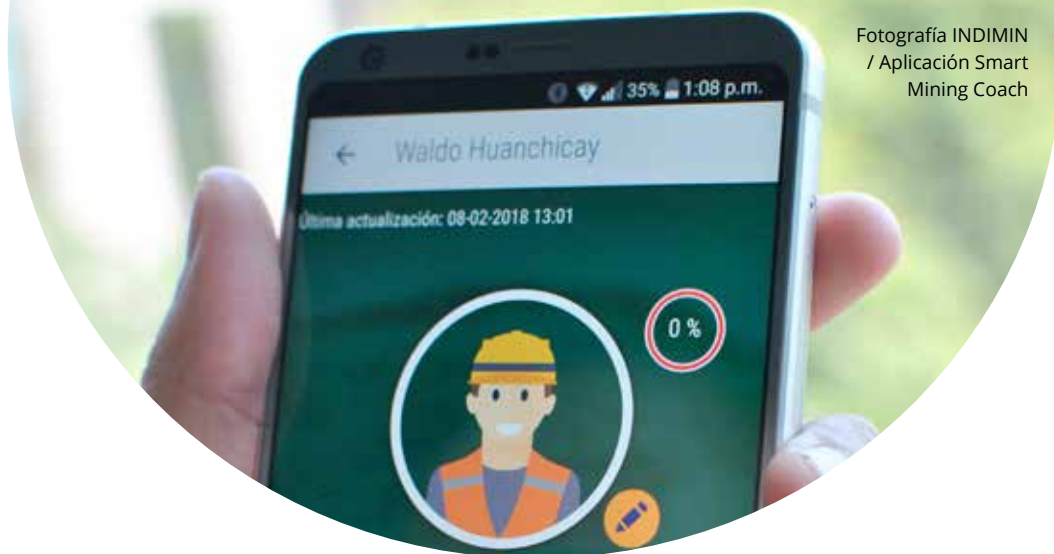
INDIMIN wishes to continue adding value and improving their solution. The academia is a contributor that has specialized knowledge and experience, that is why at INDIMIN they have explored opportunities with some research and development institutions. However, the biggest difficulty they have faced in this respect has been the intellectual property clauses that inhibit the possibility of sharing the generated income.

CREACIÓN DE VALOR

Smart Mining Coach es una solución que busca, en una primera etapa, impactar el proceso productivo de extracción minera de las palas. En particular, las metas planteadas por INDIMIN con Mina Los Colorados fueron mejorar en al menos 3% el tonelaje por balda y disminuir 12% los tiempos de carguío, a fin de lograr un aumento promedio de 6,5% de la producción anual. Sin embargo, para presentar estas metas debieron construir con el cliente una línea base que les permitiera establecer de manera objetiva la situación previa a la implementación de la innovación. Los resultados obtenidos fueron superados en el piloto realizado con Los Colorados de CAP Minería y equivalen a una mejora de 5,1% de la eficiencia en carguío, pudiéndose generar un beneficio anual en torno a los 2 a 3 millones de toneladas movidas adicionales. De acuerdo a lo expresado por el gerente de mina, ya están pasando a la fase de plataforma operacional.

Al seguir este proceso con más detalle, se trabajó no sólo con los sensores de la pala y camiones, sino que también con variables que estaban fuera de la máquina como, por ejemplo, peso, habilidades de operadores y tipo de mineral. Con esto se pudo establecer cuál sería la adecuada combinación que maximiza el tonelaje extraído y minimiza las detenciones no programadas. Con el objetivo de mostrar un caso de negocio de impacto para el cliente, todos los indicadores de desempeño definidos deben contar con los mecanismos y servicios tecnológicos que aseguren la recepción permanente de los datos y sus variables de medición, tanto del estado y desempeño de los equipos, como de los operadores.

Junto al cumplimiento de los resultados esperados por INDIMIN para el piloto, fue muy relevante la satisfacción del gerente de mina y, sobre todo, de los jefes de turno y operadores respecto del uso de la solución.

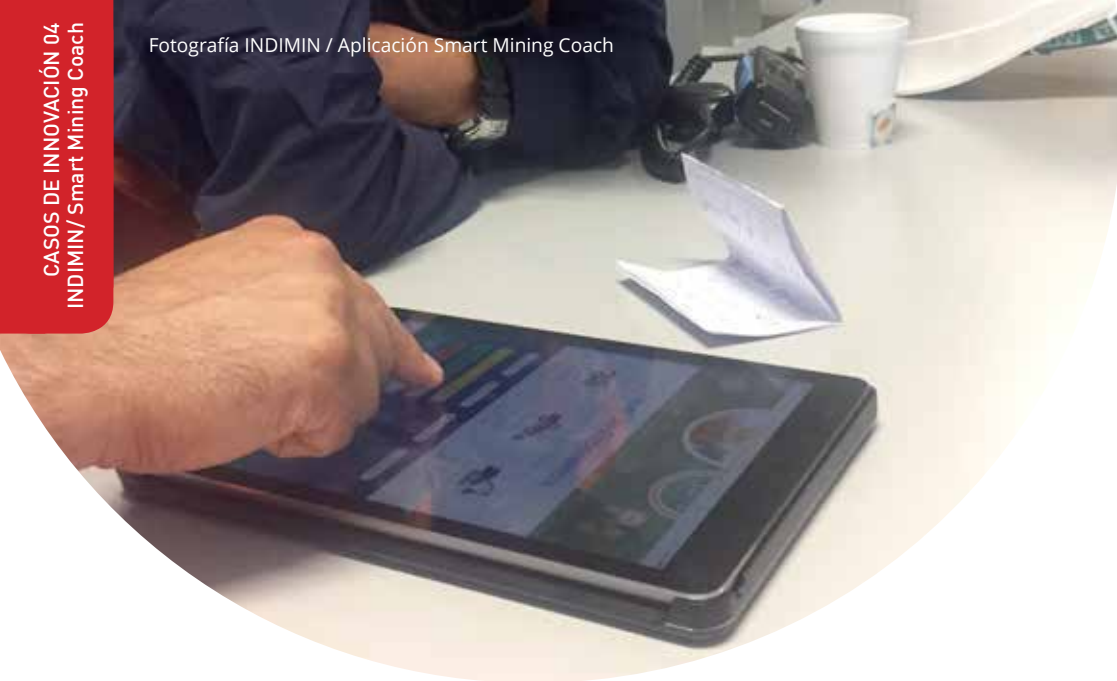


VALUE CREATION

Smart Mining Coach is a solution that seeks, in a first stage, to impact the productive process of mining extraction of shovels. Particularly, the goals set by INDIMIN with Mine Los Colorados were to improve in at least a 3% the tonnage by loading and decreased in 12% the loading times, to thus achieve an average rise of 6,5% of the annual production. Nevertheless, to set these goals they had to build a base line with the client that allowed them to establish in an objective manner the previous situation to the innovation implementation. The results acquired were exceeded in the pilot executed with Los Colorados of CAP Minería and they correspond to an improvement of 5,1% in the loading efficiency, so an annual benefit of approximately 2 to 3 million tonnes that are moved additionally, is generated. According to what the mine manager said, they are entering the operational platform stage.

By closely overseeing this process, they worked not only with the trucks and shovel sensors, but also with variables that were outside of the machine such as weight, skills of the operators and type of minerals. With this they were able to establish which would be the adequate combination that would maximize the extracted tonnage and would minimize unscheduled detentions. All the defined performance indicators must have the technological mechanisms and services that ensure the continuous reception of data and their measurement variables, of the equipment's state and performance as well as the operator, to thus show a business case that has an impact for the client.

The satisfaction of the mine manager was very relevant and, above all, of the shift managers and operators in respects to the use of the solution, alongside the fulfillment of the results expected by INDIMIN for the pilot.



La opinión recogida de parte de los operadores fue muy positiva, ya que ellos por primera vez recibieron comentarios objetivos y constructivos de manera periódica, y no solamente cuando ocurría una falla, una situación negativa o la tradicional evaluación anual. Se identificó que los trabajadores tienen interés por saber cómo hacen sus tareas, cuáles son sus fortalezas y cómo pueden mejorar.

Las diferentes fuentes de datos presentes en un sitio minero develan diversos espacios de oportunidad adyacentes a la productividad laboral, como por ejemplo la preocupación por temas de eficiencia energética. Es así como en la faena Los Colorados de CAP Minería, INDIMIN se encuentra desarrollando una nueva plataforma denominada Coach

Energy, la cual está diseñada para entregar de manera sistemática un programa de recomendaciones para la reducción del uso de combustible y energía, en torno a una gestión de mantenimiento inteligente con foco en el ahorro de costos y disminución de las emisiones de CO₂. Por ejemplo, este módulo indica la velocidad promedio de subida recomendada para que el rendimiento de consumo de combustible se reduzca en un porcentaje específico. De este modo, Smart Mining Coach se convierte en una herramienta que no sólo potencia la productividad sino que además da respuesta a la relevancia de la sostenibilidad y eficiencia energética para las operaciones mineras.

Si bien actualmente la industria objetivo de INDIMIN es la minería, también ha identificado otros sectores que necesitan aumentar la productividad a través de sus trabajadores, como son los casos de la construcción y la manufactura, donde hay una alta dependencia productiva entre un trabajador y una máquina.

INDIMIN ha explorado participar en distintas iniciativas internacionales, particularmente con Australia y Canadá, pues consideran que entrar en la casa matriz de una compañía minera como BHP, Rio Tinto o Barrick puede abrir oportunidades rápidamente a escala global.

The operators' opinion was very positive, since they for the first time received regularly objective and constructive feedback, and not only when a failure took place, a negative situation or the traditional annual evaluation. It was identified that employees have an interest on knowing how they perform their tasks, what their strengths are and how they can get better.

The different data sources available on a mining site revealed varied spaces of opportunity close to labor productivity, such as the concern regarding matters of energy efficiency. As such in the working site Los Colorados of CAP Minería, INDIMIN is developing a new platform called Coach Energy, which is designed to systematically deliver a recommendations program for the reduction of fuel and energy use, around an intelligent maintenance management which focus is on saving costs and reducing CO2 emissions. For example, this module indicated the recommended upwards average speed so that the performance of fuel consumption can be reduced in a specific percentage. Thus, Smart Mining Coach becomes a tool that not only empowers productivity, but also provides an answer to the relevance of energetic sustainability and efficiency for mining operations.

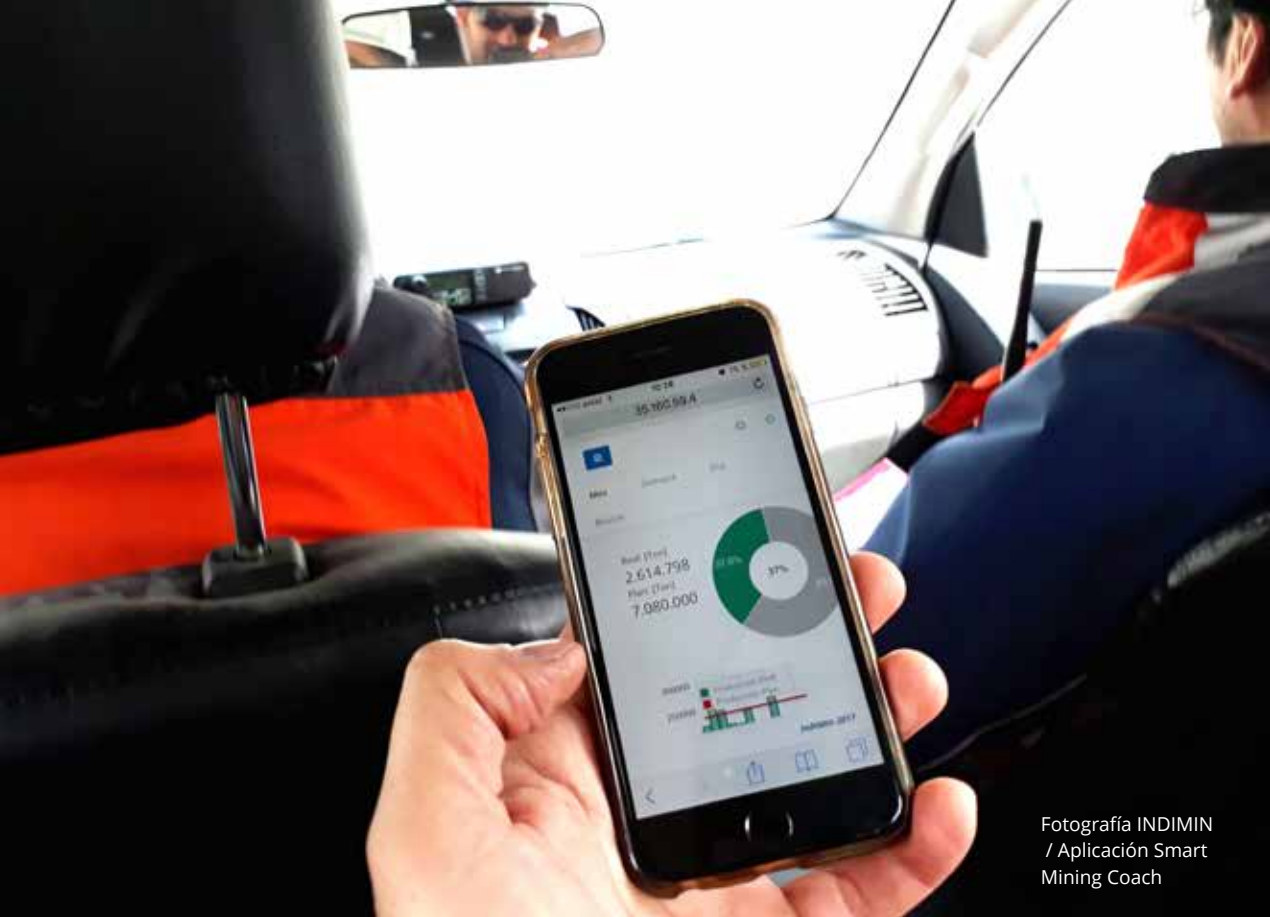
Although currently INDIMIN's target industry is mining, they have also identified other areas that need to raise their productivity through their employees, like in the case of construction and manufacturing, where they have a high productive reliance between man and machine.

INDIMIN has explored participating in multiple international initiatives, particularly with Australia and Canada, because they consider that going into a parent company of the mining area, such as BHP, Rio Tinto or Barrick can quickly open opportunities on an international level.

APRENDIZAJES

A 2 años de su creación, INDIMIN es capaz de mirar con perspectiva su trayectoria y reconocer significativos aprendizajes. A partir del diseño, desarrollo y ejecución de la solución Smart Mining Coach, sus fundadores han sacado las siguientes conclusiones:

- 1 Disciplina financiera.** Es fundamental cuidar los recursos, especialmente cuando se trata de un emprendimiento. Innovar es una carrera de largo aliento y lo mejor es contar con aquello que está más a la mano y al menor costo. Por ejemplo, si es posible, comenzar la operación de la empresa en el garaje de la casa o en la bodega, y en la medida que se tengan los recursos y las necesidades de mayor espacio, hacer el cambio.
- 2 Tener un foco claro como empresa.** Para INDIMIN es esencial que toda compañía, y en particular ellos, definan y cuenten con una propuesta de valor clara y acotada. En su caso es: «empoderar a las personas para mejorar su productividad poniendo a su disposición la mejor tecnología». Esto expresa las razones por las cuales una organización existe y la determinación de lo que quiere alcanzar. Además, es lo que convence a las personas para colaborar o trabajar en la



Fotografía INDIMIN
/ Aplicación Smart
Mining Coach

LEARNINGS

2 years from its foundation, INDIMIN can look with perspective its trajectory and recognize significant lessons. As of the design, development, and execution of the solution Smart Mining Coach, its founders have reached the following conclusions:

1. Financial discipline. It is important to watch over the resources, especially when we are dealing with an entrepreneurship. Innovating is a long race and the best you can do is work with what is closer to you and has the lowest cost. For example, if it is possible, start the company's operation from the house's garage or the storage room, and as you

acquire resources and need a bigger space, change your center of operation.

2. As a company, have a clear focus. For INDIMIN it is essential that every company, and particularly themselves, define and have a clear and narrowed down value proposition. In its case is: "empowering people to improve their productivity putting at their disposition the best technology". This explains the reasons why an organization exists and the determination of what it wants to achieve. Moreover, it is what convinces people to collaborate or work in the organization, this has even encouraged its founders

En la medida que haya un espacio más fértil
para el desarrollo de innovaciones,
habrá más soluciones para crecer
a ritmos más acelerados.

organización, lo que incluso ha impulsado a sus fundadores a renunciar a sus trabajos y dedicarse plenamente a INDIMIN. Es esta definición de propuesta de valor la que permite construir una solución coherente y en sintonía con la empresa.

3 Identificar socios que participen activamente en el desarrollo de la solución.

El caso de CAP Minería es un excelente ejemplo de disposición a asumir riesgos, cultura proclive a gestionar procesos de alta incertidumbre y una visión estratégica pro innovación que varias compañías mineras debieran seguir. También permitió que INDIMIN desarrollara y trabajara en una solución de alto

valor para el desafío de productividad planteado. Buscar, mostrar y argumentar a las empresas mineras la necesidad de implementar innovaciones radicales permitirá dar grandes saltos de desempeño en cortos periodos de tiempo. En la medida que haya un espacio más fértil para el desarrollo de innovaciones, habrá más soluciones como las que ofrece INDIMIN para crecer a ritmos más acelerados. Finalmente, para INDIMIN, incorporarse a un ecosistema conectado y activo de proveedores como Minnovex le ha permitido construir relaciones de confianza para estructurar soluciones más robustas e innovadoras con otras empresas que tienen recepción positiva en las compañías mineras.



to quit their jobs and fully dedicate themselves to INDIMIN. It is this value proposition definition that allows to build a coherent and attuned with the company solution.

3. Identify partners that can actively participate in the solution's development. CAP Minerías' case is an excellent example of willingness to take risks, a culture prone to managing highly uncertain processes and a pro innovation strategic vision that several mining companies should follow. It also allowed INDIMIN to develop and work a worthwhile solution for the posed productivity challenge. Seek, show and argue with mining companies the need to incorporate radical innovations will allow to give huge performance steps in short periods of time. As a more fertile workspace for the development of innovations is created, there will be more solutions similar to the ones INDIMIN offers to grow at a faster pace. Lastly, for INDIMIN, entering a connected and active ecosystem in terms of suppliers like Minnovex has allowed them to build trustworthy relations to structure bigger and more innovative solutions with other companies that have a positive reception in mining companies.



05

A X Y S

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO Y CONTROL DE PALAS

SHOVEL INTEGRATED MONITORING AND CONTROL SYSTEM

El Sistema Integrado de Monitoreo y Control de Palas de AXYS se basa en observar y procesar en tiempo real los movimientos y esfuerzos que realiza la pala, permitiendo mejorar el manejo de éstas y disminuir las detenciones por fallas.

The Shovel Integrated Monitoring and Control System developed by AXYS, is based on observing and processing in real time motion and stresses executed by the shovel, allowing improving their handling and reducing detentions due to faults.





AXYS S.A.
Ingeniería e Integración de Sistemas

CONTACTO / CONTACT:

Álvaro Urzúa
Gerente General

www.axys.cl

+56 2 27765357

Avenida 5 de Abril 4454-3b
Estación Central, Santiago - Chile

RESEÑA DE LA EMPRESA

AXYS S.A. comenzó el año 2004 con la clara idea de diferenciarse de las empresas tradicionales de tecnología en Chile que representan e integran soluciones y marcas internacionales. La compañía se propuso mostrar que desde su país era posible diseñar, construir y desarrollar integralmente tecnologías innovadoras que dieran soluciones a sectores como astronomía, defensa, minería, telecomunicaciones y transporte. AXYS fue fundada por Álvaro Urzúa y Sergio Muñoz, dos ingenieros con experiencia en múltiples desarrollos tecnológicos, que decidieron experimentar con soluciones electrónicas y de información para el monitoreo y control, entre otras, con el objetivo de no depender de terceros en el mundo tecnológico de productos y sistemas.

Sus primeras soluciones no fueron dirigidas a la industria minera, sino a telecomunicaciones y defensa. Ellos habían trabajado anteriormente en minería y conocían los requerimientos que debía cumplir una empresa para participar en dicha industria. Particularmente, contar con el patrocinio de un cliente que requiriera resolver sus necesidades desa-

rollando tecnologías. Por lo tanto, iniciar desarrollos en otras industrias, les permitió construir un historial y buenas referencias de proyectos, una masa crítica y acumulación de experiencia y aprendizaje que les permitió, años después, ser más conocidos para abrir oportunidades de negocio en minería.

Así, en el año 2011, desde el Programa de Proveedores de Clase Mundial fueron invitados a participar en un desafío de ahorro energético y mejoramiento de la calidad del proceso de electroobtención. Proyecto con resultados exitosos que les abrió los espacios para, posteriormente, ser invitados a construir una solución que mejorara la disponibilidad mecánica de las palas en la extracción de mineral.

Actualmente, AXYS está formada por aproximadamente 25 profesionales con amplia experiencia en distintas ramas de la ingeniería y que le permite enfrentar, desde múltiples disciplinas, problemas aplicados de alta complejidad, junto con ofrecer soluciones tecnológicas que los resuelvan en sectores como astronomía, defensa y minería.



COMPANY REVIEW

AXYS S.A. began in 2004 with the clear idea of distinguishing itself from traditional technology companies in Chile that represent and integrate international solutions and brands. The company proposed showing it was possible in Chile to integrally design, build, and develop groundbreaking technologies providing solutions in sectors such as astronomy, defense, mining, telecommunications, and transportation. AXYS was founded by Álvaro Urzúa and Sergio Muñoz, two engineers with experience in multiple technological developments, who decided to experiment with electronic and IT solutions for monitoring and control, among other matters, to not have to depend on third parties in the technological world of products and systems.

Their first solutions were not geared towards the mining industry, but rather towards telecommunications and defense. They had previously worked in mining and understood the requirements a company had to meet to participate in this industry. Specifically, one requirement was having the sponsorship of a client with a demand for resolving their needs by developing technologies. Therefore, initiating de-

velopments in other industries allowed them to build a track record and good project references, a critical mass, and accumulate experience and education. Years later, this allowed them to be more well-known and be able to create business opportunities in mining.

Thus, in 2011, they were invited from the World Class Suppliers Program to participate in a challenge involving energy-saving and improvement of the quality of the electrowinning process. This project saw successful results that opened-up the door later on for them to be invited to build a solution that would improve mechanic availability of the power shovels in mineral extraction.

Currently, AXYS is comprised of approximately 25 professionals with extensive experience in different engineering disciplines. As a result, they can address highly-complex applied problems from multiple disciplines, along with offering technological solutions in sectors such as astronomy, defense, and mining.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INNOVACIÓN

PROBLEMA

La disponibilidad de las palas mineras es un factor relevante para los procesos de extracción y carguío. Durante la operación se somete a esfuerzos importantes a todo el equipo y sus partes, ya que llegan a cargar varias toneladas de material.

Si una pala falla, impacta directamente en toda la cadena productiva. Mantenerlas en buen estado es crítico para el proceso productivo minero, por tanto, su disponibilidad tiene una alta prioridad. Considerando esta realidad, BHP vio la necesidad de aumentar la confiabilidad y disponibilidad de las palas, es decir, aumentar el tiempo promedio entre fallas de estas para una de las operaciones de Pampa Norte.

Los daños que se producen en las palas son provocados por diversas situaciones, y algunas de ellas, están directamente relacionadas con la falta de información y su modo de operación, como por ejemplo, la extensión desmedida del balde vacío de la pala, la retracción exagerada del mango, el exceso de cargas laterales sobre el balde, producto de operaciones de excavación y giro simultáneo, que conducen a la pérdida del paralelismo de los brazos del mango. Es decir, forzar el balde y brazo de la pala con movimientos que salen fuera del rango promedio de extensión y carga de operación. Esto se produce cuando el operador no cuenta con la información en línea que le permita visualizar lo que ocurre y evitar a tiempo esas maniobras forzadas.

En el año 2012, BHP tomó contacto con AXYS para que participaran en el Programa de Proveedores de Clase Mundial con el objetivo de que hicieran un diagnóstico y desarrollaran una solución que extendiera la continuidad operacional de las palas en Cerro Colorado. Con sólo mejorar la disponibilidad de la pala en 1% se podía considerar el desarrollo como exitoso.



Fotografía Codelco Chile

DESCRIPTION AND CHARACTERISTICS OF THE INNOVATION

PROBLEM

The availability of mining power shovels is an important factor for extraction and loading processes. During the operation, pieces of equipment and their parts are submitted to significant forces given they end up loading several tonnes of material.

If a power shovel malfunctions, this has a direct impact on the entire productive chain. Maintaining them in good condition is critical for the mining productive process, and, thus, their availability has high priority. Based on this reality, BHP observed the need of increasing reliability and availability of power shovels, meaning increase the average time between malfunctions for one of the operations in Pampa Norte.

Damages occurring in the power shovels are caused by various situations, and some of them are directly linked to the lack of information and *modus operandi*, such as the disproportionate extension of the empty bucket of the shovel, the excessive retraction of the dipper stick, the excess of lateral loads on the bucket, as a result of digging operations and simultaneous rotation, which lead to the loss of parallelism of the arms of the dipper stick. This implies forcing the bucket and arm of the shovel with movements that are outside of the average range of extension and load of operation. This occurs when the operator does not have on-line information allowing him to visualize what is happening and avoiding these forced maneuvers in a timely manner.

In 2012, BHP contacted AXYS inviting them to participate in the World Class Suppliers Program, so they could conduct a diagnostic assessment and develop a solution that would extend the operational continuity of the power shovels at Cerro Colorado. The development could be considered a success even if it only improves availability of the power shovel by just 1%.



SOLUCIÓN

El funcionamiento del Sistema Integrado de Monitoreo y Control de Palas y Frente de Carguío de AXYS se basa en observar, recolectar y procesar en tiempo real, mediante sensores, lo que hace la pala y los esfuerzos que ésta realiza durante la operación. A través de la aplicación de modelos matemáticos y reglas en tiempo real, determina y valida, en cada punto de operación los consumos de energía y esfuerzos de la máquina, así como las desviaciones de buenas prácticas operacionales. La plataforma fue diseñada para que cada pala incorpore un computador que se encargue de capturar y analizar su operación y situaciones anómalas, lo que permite no depender de un sistema central para su correcta operación.

Esta solución consiste en una plataforma de hardware y otra de software. La primera está compuesta por concentradores de datos, sensores, un computador a bordo de la

pala, una pantalla en la cabina del operador y cámaras. La segunda, en tanto, captura, procesa, analiza y modela el movimiento y esfuerzos de la pala para evaluar en tiempo real las acciones y tipos de maniobras que realiza el operador. Esta solución es ofrecida por AXYS bajo la modalidad de licencia de uso anual. Tiene la capacidad de entregar información directa y comprensiva al operador para ayudarlo a mejorar el uso de la pala, reducir fallas y extender su disponibilidad. Adicionalmente, la información generada se puede centralizar para entregar más antecedentes del tipo y características de las operaciones realizadas, así como del estado de los componentes de la pala y dar apoyo al mantenimiento de ellas. La solución de AXYS, además, permite a los instructores de pala recabar información de la forma en que un operador la usa y entrenar de manera más específica su correcta operación.



Con la información de los múltiples sensores es posible analizar y comparar la operación de la máquina bajo ciertas condiciones que sean las adecuadas para funcionar sin causar daño. En caso que alguna operación de la pala salga de los límites normales de operación, o que presente riesgos para ella, el sistema entrega avisos específicos al operador.

Hasta el momento, esta solución tiene la particularidad de poder ser utilizada transversalmente por cualquiera de las marcas de palas mineras o por operaciones con marcas y modelos combinados, a diferencia del resto de las soluciones existentes en el mercado que son específicas para cada marca y modelo de pala.

SOLUTION

The operation of the Integrated Monitoring And Control System of the Power Shovels and loading front of AXYS is based on observing, collecting, and processing what the power shovel does in real time through sensors, and the forces exerted by the shovel during the operation. Using the application of mathematical models and rules in real time, it determines and validates the consumption of energy and forces of the machine at each point of operation, as well as the deviations from good operational practices. The platform was designed in such a manner each power shovel would incorporate a computer tasked with capturing and analyzing its operation and abnormal situations, which makes it possible to not depend on a central system for it to operate properly.

This solution consists of a hardware platform and a software platform. The hardware platform is comprised of data concentrators, sensors, a computer aboard the power shovel, a screen in the operator's cabin, and cameras. The software platform captures, processes, analyzes, and models the movement and forces of the power shovel to be able to evaluate the actions and types of maneuvers performed by the operator in real time. This solution is offered by AXYS under the modality of an annual user license. It can provide direct and comprehensive information to the operator to help him use the power shovel better, cut down on malfunctions, and prolong its availability. In addition, the information generated can be centralized to provide more information on the type and characteristics of the executed operations, as well as the status of the components of the power shovel, and to provide support in the maintenance of these. AXYS' solution also enables power shovel instructors to gather information on the manner by means of the operator uses the shovel, and train more specifically regarding proper operation.

With information obtained from multiple sensors, it is possible to analyze and compare the operation of the machine under certain conditions which are appropriate for operating without causing damage. In the event of an operation of the power shovel going outside of the normal limits of operation, or presenting risks for the operation, the system delivers specific warnings to the operator.

To date, this solution has the feature of being able to be used in a cross-cutting manner by any of the brands of mining power shovels or by operations with combined brands and models, which sets it apart from the rest of the solutions existing on the market which are specific for each brand and model of the shovel.

PROCESO DE INNOVACIÓN - FACILITADORES Y BARRERAS

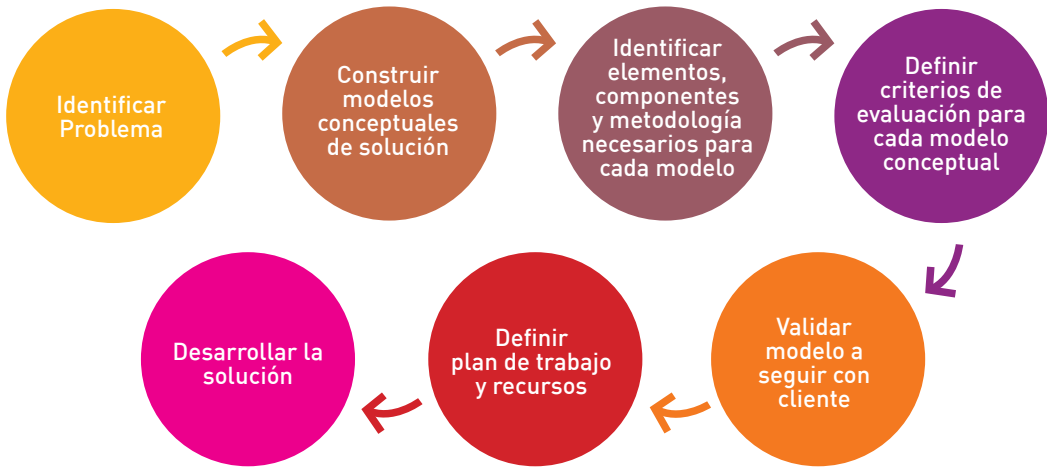
Para abordar nuevas oportunidades de desarrollo, AXYS ha adoptado para su aplicación una metodología de innovación basada en la Teoría y Técnica para Resolver Problemas de Invención, mejor conocida como TRIZ por sus siglas en ruso.

Su método comienza con la conformación de un equipo multidisciplinario que identifica el problema y realiza un primer diagnóstico de la situación. Luego, se proponen y analizan uno o más modelos conceptuales de solución que puedan resolver directamente el problema. En cada uno se identifican los elementos, componentes y aproximaciones necesarios para abordarlo. Posteriormente, se definen criterios de evaluación para cada modelo y sus parámetros. Luego se valida junto con el cliente el modelo más adecuado. Con estos antecedentes se define un plan de trabajo y los recursos necesarios para desarrollar la solución. Para el caso particular del Sistema Integrado de Monitoreo y Control de Palas este proceso comenzó el año 2012.

Primero se construyó un modelo funcional de laboratorio, compuesto por una pala mecánica a escala que replicó todos los movimientos y límites mecánicos de operación de una pala minera. Luego, se desarrolló un prototipo de automatización y control con un panel digital para guiar la toma de decisiones del operador de pala, cuya información también fue recibida y monitoreada por una central. Finalmente, se adaptó el prototipo a una plataforma que operaba con distintas marcas de palas.

Dentro de la etapa de desarrollo se hicieron todos los modelamientos para identificar y validar las mediciones de los sensores en la máquina. De acuerdo a la información levantada por AXYS, una pala minera viene desde fábrica con cientos y hasta miles de sensores, los cuales estudiaron en detalle para identificar lo que se podía medir y lo que faltaba, de modo de alimentar adecuadamente los modelos que representaban el comportamiento físico y funcional de ésta.

METODOLOGÍA TRIZ



INNOVATION PROCESS -FACILITATORS AND BARRIERS

To address new development opportunities, AXYS has adopted an innovation methodology for its application based on the Theory and Technique for Resolving Invention Problems, better known as TRIZ for its initials in Russian.

Its method begins with the formation of a multidisciplinary team capable of identifying the problem and conducts the first diagnostic assessment of the situation. Further, one or more conceptual models of the solution are proposed and analyzed, which could directly resolve the problem. In each one, the elements, components, and approaches necessary for addressing it are identified. After this, assessment criteria are defined for each model, along with their parameters. Then, the most appropriate model is validated together with the client. A work plan is defined using this information, as well as the resources needed for developing the solution. In the specific case of the Shovel Integrated Monitoring and Control System, this process began in 2012.

For the development of this system, first a functional laboratory model was built, including a scale-sized power shovel which reproduced all the movements and mechanical limitations of operation of a mining shovel. Next, an automation and control prototype were developed with a digital panel for guiding the decision-making of the operator of the power shovel, which information was received and monitored by a central control. Lastly, the prototype was adapted to a platform operating with different brands of power shovels.

All the modeling was executed during the development phase to identify and validate the measurements of the machine's sensors. According to the information gathered by AXYS, a mining shovel comes manufactured with hundreds and even thousands of sensors, which they studied in detail to identify what could be measured and what was missing, to properly feed the models representing the physical and functional behavior

Los modelamientos alcanzaron tal nivel de detalle que les permitió entender la forma de operar y evaluar los esfuerzos de la pala. Incluso, a través del proceso y correlación en tiempo real de variables de operación de la pala, pudieron estimar la calidad de la trocadura en el frente de carga, algo que no se había podido evaluar tan directamente. Este proceso de desarrollo concluyó a mediados del año 2013 y los resultados de las pruebas realizadas finalizaron a comienzos del 2014.

El Programa de Proveedores de Clase Mundial gatilló la posibilidad de desarrollar innovaciones tecnológicas para la industria minera. En particular hubo varios elementos que capturaron el interés de AXYS y permitieron su desarrollo tecnológico en esta industria.

El primer aspecto tuvo relación con que una compañía minera como BHP tomó contacto con la empresa para invitarlos a participar en desafíos de innovación. En segundo lugar, que la compañía minera haya explicado su problema sin condicionar la forma en que debía ser resuelto. Esto les permitió actuar con mayor libertad al momento de construir una solución adecuada. Incluso en AXYS pudieron capacitarse en la metodología TRIZ y aplicarla

para proponer una forma más efectiva de resolver el problema de su cliente. Además, al interior de la minera se generó un equipo multidisciplinario (operaciones y abastecimiento) que acompañó a AXYS en el proceso de desarrollo de su innovación. Esto permitió que desde la compañía minera hubiese una organización interna ocupada por asegurar el avance y cumplimiento de los resultados esperados, la que a su vez colaboraba con AXYS para resolver y facilitar las coordinaciones operacionales necesarias.

Junto a este impulso liderado por BHP, la participación del sector público contribuyó al desarrollo exitoso de la plataforma creada por AXYS. La invitación de CORFO a participar en el Programa de Alta Tecnología —hoy Programa de Innovación Empresarial de Alta Tecnología— financió parte del desarrollo de la solución. La iniciativa de la CORFO consiste en apoyar la generación de soluciones innovadoras a desafíos productivos complejos, a través de investigación y desarrollo de tecnología de punta con llegada al mercado.

Más organizaciones públicas, como el Ministerio de Economía y Minería, y privadas, como asociaciones gremiales de compañías mineras y de proveedores, han tomado una mayor



of the shovel. The modeling reached such a level of detail that it enabled understanding the mode of operation and evaluating the forces of the shovel. What is more, through the processing and correlation of the operation variables of the shovel in real time, they could estimate the quality of blasting at the front of the load, which is something that was not able to be evaluated so directly. This development process ended in the middle of 2013 and the results of the tests performed were finalized at the beginning of 2014.

The World Class Suppliers Program triggered the possibility of developing technological innovations for the mining industry. Specifically, there were various elements that caught the interest of AXYS and allowed for technological development in this industry.

The first aspect was related with the fact that a mining company such as BHP contacted the company to invite them to participate in innovation challenges. Secondly, the mining company explained their problem without demanding conditions on the way in which it had to be resolved. This allowed them to act with greater freedom when building an appropriate solution. Even at AXYS they were able to train

in the TRIZ methodology and apply it to propose a more effective way of resolving their client's problem. Furthermore, a multidisciplinary team (operations and supply) was created within the mine which lent support to AXYS in the development process of their innovation. This allowed for there to be internal organization in the mining company concerned with ensuring advances and fulfillment of the expected results, which also partnered with AXYS to resolve and facilitate essential operational coordination.

Along with this boost led by BHP, participation from the public sector contributed to the successful development of the platform created by AXYS. CORFO's invitation to participate in the High Technology Program, currently the Corporate Innovation Program of High Technology, funded part of the development of the solution. The initiative CORFO, consists of supporting the generation of innovative solutions to complex productive challenges through research and development of cutting-edge technology able to reach the market.

Other public agencies, such as the Ministry of Economy and Ministry of Mining, and private organizations, such as trade associations of mining companies and suppliers, have become more aware of and



conciencia y convicción de promover el desarrollo de la industria minera a través de la ampliación de la matriz productiva nacional, agregando valor y realizando iniciativas que promuevan la materialización y la creación de nuevas soluciones.

En la medida que haya más compañías mineras en Chile que se sumen a esta visión de la industria se abrirán las puertas para nuevos desarrollos y soluciones. Sin embargo, debido a la magnitud de las inversiones de capital en maquinaria, las compañías mineras son adversas a probar soluciones en operaciones que puedan generar fallas o detenciones al

proceso productivo. Es por esta razón que las soluciones de mayor preferencia para las compañías mineras son aquellas que han sido exitosamente probadas en otras operaciones, ojalá internacionales, y por un periodo de tiempo superior a tres años.

Esta realidad constituye una barrera importante para el desarrollo de soluciones innovadoras más radicales, es decir, que agreguen mayores eficiencias en un menor tiempo de prueba. Adicionalmente, el resto de las operaciones mineras con las que AXYS había interactuado no contaban con una estructura y cultura que promoviera, facilitara



y acompañara los procesos de innovación. Esto hizo más difícil adaptar la solución y que las demás mineras las adoptasen, ya que no existían los incentivos para que los trabajadores de las operaciones identificaran problemas y buscasen nuevas soluciones. Los incentivos han estado puestos en disminuir la variabilidad y riesgo a corto plazo del desempeño productivo y no en innovar con resultados en el mediano y largo plazo.

Un tercer desafío que AXYS enfrentó con su solución de monitoreo y control de palas, tuvo relación con los operadores. Esta plataforma, al levantar información tan detallada

generated a firmer belief in promoting the development of the mining industry through the expansion of the domestic productive matrix, thereby adding value and carrying out initiatives that encourage the solidification and creation of new solutions.

The more mining companies there are in Chile joining this vision of the industry, the more doors will open to new developments and solutions. However, due to the magnitude of the capital investments in machinery, mining companies are averse to testing out solutions in operations that could produce malfunctions or stoppages of the productive process. Therefore, the solutions preferred more by the mining companies are those that have been tested out successfully in other operations, preferably internationally, and for a period greater than three years.

This reality constitutes a significant obstacle to the development of more radical innovative solutions, meaning which add greater efficiency in less testing time. Furthermore, the rest of the mining operations with which AXYS has been involved did not have a structure and culture that promoted, facilitated, and supported innovation processes. This made it more difficult to adapt the solution and for the other mines to adopt it, given there were no incentives for the workers in the operations to identify problems and seek out new solutions. Incentives have been placed on reducing variability and risk over the short term of productive performance, and not on innovating with medium-term and long-term results.

A third challenge faced by AXYS with their monitoring and control solution of shovels had to do with the operators. In gathering such detailed information regarding the way in which the machine is used by

AXYS incorporó en el Sistema Integrado de Monitoreo cámaras de video que muestran en tiempo real lo que sucede permitiendo al operador manejar la pala de mejor manera.

de la forma en que la máquina es utilizada por ellos, debió considerar también la percepción y feedback de los operadores. Esta situación los llevó a ampliar su atención en entender los problemas de estos trabajadores y proponer soluciones que fortalecieran los beneficios de este sistema. Una de las principales preocupaciones de los operadores era que la pala fallara bajo su operación. Y una de las variables que podía indicar un problema general de la pala tenía relación con el cable que sostiene y mueve el balde. Cuando el cable se estira mucho, el operador tiende a frenar el brazo o, si ve que está muy suelto, lo recoge para mantenerlo más tenso, lo que puede producir un desenrollamiento y enredo de los cables. Ambas acciones fuer-

zan el comportamiento del cable tanto en su extensión como en el proceso de enrollado el que, producto de estos movimientos, puede llegar a cortarse. Y todo esto ocurre a casi 10 metros debajo de la cabina, lo que no permite al operador tener un mejor entendimiento de lo que está ocurriendo con el cable. Para dar solución a esto, AXYS incorporó en el Sistema Integrado de Monitoreo cámaras de video que muestran en tiempo real lo que sucede. Esto permite al operador manejar la pala de mejor manera, transmitiéndole mayor tranquilidad en la operación. De no haber considerado la preocupación de los trabajadores, es muy probable que el sistema no hubiese sido utilizado y adoptado por ellos.



operators, this platform should have also considered their perception and feedback. This situation led them to expand their focus in understanding the problems of these workers and proposing solutions that would increase the benefits of this system. One of the primary concerns of the operators was that the shovel would malfunction while they were operating it. And one of the variables that could indicate a general problem with the shovel had to do with the cable sustaining and moving the bucket. When the cable tightens in excess, the operator tends to brake the arm, or if he observes it is too loose, he tightens it to keep it tenser, which can cause unrolling and tangling of the cables. Both actions strain

the behavior of the cable in its extension and in the rolling process, which, due to these movements, could end up being cut. Additionally, if all of this occurs 10 meters underneath the cabin, it does not allow the operator to have a greater understanding of what is happening with the cable. To provide a solution for this, AXYS incorporated video cameras in the Integrated Monitoring System showing what is happening in real time. This allows the operator to better manage the shovel, thereby allowing him to be much calmer in the operation. If the concerns of the workers had not been taken into consideration, it is very likely the system would not have been used and adopted by them.

CREACIÓN DE VALOR

Parte fundamental de la selección del modelo conceptual y desarrollo de la solución de AXYS consideró establecer ciertos indicadores de desempeño. La idea era dar cuenta que el problema declarado por la compañía minera fue resuelto y produjo mejoras y beneficios específicos.

Para esto, AXYS y BHP establecieron en conjunto dos variables de mejora con sus respectivos resultados esperados. La primera fue la disponibilidad operativa de las palas, cuyo resultado esperado se fijó en aumentar 1% la disponibilidad general de la pala. De acuerdo a las estimaciones realizadas en el Informe de Productividad de la Gran Minería del Cobre el año 2017, el promedio nacional de tiempo disponible de la pala alcanza 18,5 horas de un total de 24 horas. De esta forma, la estimación de AXYS es que el aumento establecido como meta significa 11 minutos más de operación. De acuerdo a las mediciones realizadas por AXYS, se observó un aumento de disponibilidad general de la pala.

La segunda variable definida fue la cantidad de avisos de alarma registrados en la pala por la plataforma de AXYS. El resultado esperado para este caso fue disminuir en un 3% el número de alertas. El objetivo era mejorar efectivamente la forma de operar la pala, lo que se traduciría en menos fallas y, por tanto, mayor disponibilidad de ésta. El resultado obtenido por AXYS durante los primeros 6 meses de prueba arrojó una disminución de los avisos de alarma. Para BHP, contar con información histórica de la operación de las palas y sus alarmas, le permitió hacer una mejor gestión sobre éstas y determinar con más detalle potenciales daños y acciones para remediarlos y prevenirlos.



Fotografía Codelco Chile

VALUE CREATION

A fundamental part of the selection of the conceptual model and development of the solution of AXYS considered the establishment of certain performance indicators. The idea was to inform that the problem declared by the mining company had been resolved and improvements and specific benefits had been produced.

To do this, AXYS and BHP jointly defined two improvement variables with their respective expected results. The first variable was the operational availability of the shovels, and the expected result for this was to increase overall availability of the shovel by 1%. According to the estimates carried out in the Productivity Report of the Large-Scale Copper Industry in 2017, the national average of available time of the shovel reaches up to 18.5 hours out of a total of 24 hours. As such, AXYS' estimate is that the increase set as the goal represents 11 additional minutes of operation. According to the measurements performed by AXYS, an increase was observed in overall availability of the shovel.

The second defined variable was the quantity of alarm warnings recorded in the shovel by the platform of AXYS. The expected result for this was to reduce the number of warnings by 3%. The objective was to effectively improve the way of operating the shovel, which translated into less malfunctions and, thus, greater availability of the shovel. The result obtained by AXYS during the first 6 months of testing revealed a decrease in the alarm warnings. Having historic information on the operation of the shovels and alarms allowed BHP to wield better management over them and determine potential damages and actions to remedy or prevent these in greater detail.



La propuesta de valor de AXYS busca disminuir las detenciones no programadas por fallas de las palas en el corto plazo, con el fin de extender su vida útil. Esto se logra al señalar al operador de la pala la forma adecuada de manejarla. Adicionalmente, la solución se diseñó y construyó modularmente, y es compatible con distintos modelos y marcas de pala, como por ejemplo, P&H, Caterpillar y TZ Mining de procedencia china.

La creación de valor de esta plataforma se centra en tres factores relevantes. El primero es el aumento de disponibilidad de la pala. El segundo, la reducción de costos operacionales y de mantenimiento, ya que el sistema permite obtener información relevante y precisa de la operación y del estado de los

componentes para realizar las mantenciones en el momento adecuado, como también mejorar y retroalimentar a los operadores de la forma de uso que le están dando al equipo. El tercer factor es la prevención de la caída de pérdidas de Ground Engaging Tools (GET). Los GET son las herramientas que van alrededor de la pala y que se pueden desprender, como dientes, pasadores y adaptadores. Lo que se busca es estar informados en caso de desprendimientos para evitar que estos elementos pasen a chancado o molienda y, de ese modo, no afecten la continuidad operacional del proceso.

Si bien el segmento de mercado inicial de esta solución son las operaciones mineras, un hallazgo de AXYS es que la operación y man-



tenimiento de estas máquinas en algunos casos son delegadas a un proveedor minero, y por lo tanto, un potencial nuevo mercado para AXYS. Estos proveedores tienen la necesidad de garantizar la disponibilidad y continuidad operacional eficiente de la pala. Estimaciones realizadas por la empresa indican que en el mundo, al año 2017, hay más de 1700 palas de este tipo y en Chile más de 90.

AXYS ofrece una solución innovadora porque genera una mejora medible y demostrable en la operación de las palas. Además de desarrollar e implementar una solución tecnológica eficiente para una compañía minera internacional.

AXYS' value proposition seeks to reduce unplanned stoppages due to malfunctions of the shovels over the short term, to extend their useful life. This is achieved by indicating the best way to manage the shovel to its operator. Furthermore, the solution was designed and built modularly and is compatible with different models and brands of shovels, such as P&H, Caterpillar, and TZ Mining of Chinese origin.

The creation of value of this platform is focused on three relevant factors. The first is the increase in availability of the shovel. The second is the reduction of operating and maintenance costs given that the system allows for relevant and precise information to be obtained on the operation and the status of the components for performing maintenance at the appropriate time, as well as improving and providing feedback to the operators on the method of use they exhibit with the equipment. The third factor is the prevention of the fall of losses of Ground Engaging Tools (GET). The GET are the tools that go around the shovel and that can be detached, such as teeth, bolts and adapters. The aim is to be well-informed in the event of detachments so as to avoid sending these elements to crushing or milling, and ensure this does not affect the operational continuity of the process.

Even though the initial marketing segment of this solution was mining operations, one of AXYS' findings is that the operation and maintenance of these machines in some cases is delegated to a mining supplier, which is a potential new market for AXYS. These suppliers must guarantee availability and efficient operational continuity of the shovel. Estimates performed by the company indicate that, globally, in 2017, there were more than 1,700 of this kind of shovel, and over 90 in Chile.

AXYS offers an innovation solution because it generates a measurable and demonstrable improvement in the operation of shovels. It also develops and implements an efficient technological solution for an international mining company.

APRENDIZAJES

Uno de los aprendizajes que AXYS destaca es que es posible innovar en compañías mineras cuando hay un foco en la organización, un modelo que lo soporta y una cultura que promueve declarar problemas y buscar soluciones.

Hay que considerar que inicialmente este proyecto se materializó como un desarrollo específico para BHP. Actualmente, el modelo de comercialización de AXYS está bajo licenciamiento anual de uso y, de esta forma, da sostenibilidad a la plataforma y el negocio en el tiempo.

Además de considerar los problemas productivos expresados por la Gerencia de Minas, AXYS entendió que los operadores de palas jugaban un rol clave en el uso y adopción de su solución. De este modo tuvieron la flexibilidad de incorporar en su modelo de innovación la participación de los usuarios finales de la solución. En este caso, haber prestado atención a los actores claves involucrados facilitó su utilización en la operación minera.

AXYS indagó qué instituciones académicas, nacionales e internacionales, habían hecho investigación aplicada en torno a las palas. Se encontraron con múltiples publicaciones y trabajos de ingenieros en Canadá relacionados con temas mecánicos, hidráulicos, modelos matemáticos y de productividad, que fueron realizados en faenas con máquinas en operación. Esto les mostró que hay un espacio de crecimiento y mejora en la conexión entre la academia y la industria nacional, desde la investigación aplicada hasta el desarrollo conjunto de soluciones.



LEARNINGS

One of the lessons highlighted by AXYS is that it is possible to innovate in mining companies when there is a focus on organization, a model that supports this, and a culture that encourages problems to be declared and solutions to be sought.

It must be taken into consideration that this project was brought to life as a specific development for BHP. Currently, AXYS' marketing model is under annual user licensing, and, as such, grants sustainability to the platform and the business over time.

Along with considering the productive problems expressed by Mining Management, AXYS understood that the shovel operators played a fundamental role in the use and adoption of their solution. As such, they had the flexibility of incorporating participation of the end users of the solution into their innovation model. In this case, having paid attention to the key actors involved facilitated use in the mining operation.

AXYS did research on which academic institutions, both national and international, had conducted applied research on shovels. They came across multiple publications and engineering works from Canada related to mechanical and hydraulic issues, mathematical models, and productivity, which were conducted on activities with machinery in operation. This showed them there is room for growth and improvement in the link between academia and the domestic industry, ranging from applied research to the joint development of solutions.

La mayoría del equipamiento y tecnología minera se adquiere de países mineros extranjeros. AXYS aprovechó una oportunidad específica para agregar valor a la industria desde Chile, con la capacidad de funcionar internacionalmente con las principales marcas y modelos de palas.

Un problema que suele ocurrir con empresas chilenas innovadoras en minería es que se hace muy costoso y difícil probar sus soluciones a escala industrial. Acceder a espacios o centros de pilotaje minero por cierta cantidad de tiempo para probar una solución ayudaría a romper las dificultades de no poder validar soluciones a escala industrial. Así, se podrían generar mecanismos que mostraran los resultados positivos de los desarrollos y garantizaran la efectividad de las soluciones. Parte de estos problemas son los que se espera resolver con el Programa de Fortalecimiento de Capacidades en Pilotaje y Validación de Tecnologías para la Minería impulsado por CORFO.

Uno de los elementos clave para aumentar el éxito de una solución innovadora en minería es nacer de un problema o desafío real de

una operación. AXYS tuvo la oportunidad de participar en el Programa de Proveedores de Clase Mundial, donde BHP planteó su necesidad. De acuerdo a lo expresado por AXYS, no se habrían sentido atraídos a trabajar en la industria minera sin una iniciativa como la impulsada por BHP.

Siendo Chile uno de los principales productores mineros del mundo, la mayoría del equipamiento y tecnología se adquiere de países mineros como Canadá, Estados Unidos, Australia, entre otros. AXYS aprovechó una oportunidad específica para agregar valor a la industria desde Chile: diseñó, construyó e implementó una solución modular, adaptable y pionera en su tipo con la capacidad de funcionar internacionalmente con las principales marcas y modelos de pala disponibles.



One problem that typically occurs with innovative Chilean companies in mining is that it becomes very expensive and difficult to test out their solutions at an industrial scale. Having access to spaces or centers for mining pilot tests for a certain amount of time to test out the solution would help to remedy the difficulties of not being able to validate solutions at the industry level. Thus, mechanisms could be generated that would demonstrate the positive results of the developments and guarantee the effectiveness of the solutions. Some of these problems are hoped to be resolved with the Program for Strengthening Capacities in Pilot Tests and Validation of Technologies for Mining, spearheaded by CORFO.

One of the key elements for increasing the success of a groundbreaking solution in mining is when it is born out of a real problem or challenge pertaining to operation. AXYS had the opportunity to participate in the World Class Suppliers Program where BHP presented their need. According to what has been expressed by AXYS, they would not have felt drawn to work in the mining industry without an initiative such as the one led by BHP.

Chile is one of the primary mining producers in the world and they purchase most equipment and technology from mining countries such as Canada, the United States, Australia, and others. AXYS capitalized on a specific opportunity to add value to the industry from Chile: they designed, built, and implemented a modular, adaptable, cutting-edge solution of its kind, with the capability of functioning internationally with the primary brands and models of available shovels.



PROPUESTA DE VALOR

VALUE PROPOSITION

Para definir una propuesta de valor atractiva es fundamental desarrollar un cliente, es decir, conocer sus problemas y necesidades, identificar el tipo de soluciones por la que está dispuesto a pagar y comprender los beneficios esperados.

With the purpose of defining an attractive value proposition, it is fundamental to develop a client that is, knowing its issues and needs, identifying for which type of solutions it is willing to pay for and understand expected benefits.



«Crear un emprendimiento exitoso, en esencia, requiere descubrir y validar quién será el cliente» - *Blank, 2007.*

«EL PROPÓSITO DE UNA EMPRESA ES CREAR UN CLIENTE» - *Peter Drucker*

Esta frase de Drucker, uno de los gurús de la gestión moderna, es provocadora y a la vez cierta. Crear un emprendimiento exitoso exige mucho más que el desarrollo de un producto y marketing. Crear un emprendimiento exitoso, en esencia, requiere descubrir y validar quién será el cliente (Blank, 2007). En particular, identificarlo y determinar si la tecnología o servicio ofrecido es importante para él.

Las empresas pequeñas o las *start-ups* enfrentan distintos desafíos a la hora de identificar a los clientes y sus necesidades. Sobre todo en la industria minera, ya que ésta tiende a privilegiar soluciones que minimicen riesgos a nivel operacional. Un ejemplo de esto fue lo vivido por Carlo Calderón, al ofrecer su software de monitoreo geomecánico a una empresa minera antes de asociarse con E-Mining y dar origen a TIMining. En ese momento su modelo de negocio estaba basado en una *Software Factory*, es decir, diseñaba software a la medida para los requerimientos de sus clientes. Si bien el software de monitoreo topográfico era una herramienta muy interesante, desde una minera le hicieron ver que el riesgo de que el proyecto dependiera de una sola persona, y no de una empresa con un equipo de respaldo, no hacía posible su contratación. Este fue un llamado de alerta para Carlo, que lo motivó a crear una

organización formal capaz de responder como empresa en caso de que él tuviese algún problema.

Los desafíos que enfrentan los proveedores de la minería provienen de la incertidumbre tecnológica y de la falta de recursos que tienen las *start-ups*. Esto no sólo implica más presión para desarrollar soluciones, sino que también impacta en el desarrollo de prototipos que permitan validar la solución propuesta. Ser asertivos en qué tipo de actividades enfocar los esfuerzos puede determinar el éxito o fracaso del emprendimiento.

Los emprendedores en minería necesitan, entonces, de un proceso que les permita transformar sus intuiciones y entusiasmo en actividades concretas para corroborar, pivotear o abandonar su modelo de negocio original. Esto requiere articular un set de hipótesis adecuadas para determinar cuál será la propuesta de valor a ofrecer, el producto mínimo viable que entregará esta propuesta y el modelo de negocio que capturará parte del valor creado. El emprendedor, además, requiere una señalización oportuna de las necesidades futuras por parte de sus clientes. Es necesario prospectar el mercado para identificar nichos donde aún no hay solución para descubrir oportunidades de negocio.



“THE PURPOSE OF BUSINESS IS TO CREATE AND KEEP A CUSTOMER” - *Peter Drucker*

Drucker’s quote, one of the gurus of modern management, is provocative and at the same time true. Creating a successful product demands more than just developing a product and doing marketing. Creating a successful entrepreneurship, essentially requires discovering and validating who the client is going to be (Blank, 2007). Particularly, identifying and figuring out if the technology or service is important to the client.

Small companies or *start-ups* face different challenges when they must identify clients and their needs. Specially in the mining industry, because it tends to privilege solutions that minimize risks on an operational level. An example of this is Carlo Calderón’s experience, when he offered his geo-mechanical monitoring software to a mining company before associating with E-Mining and creating TIMining. At that moment his business model was based on a *Software Factory*, i.e., he designed custom-made software based on his clients’ requirements. Even though the topographic monitoring software was a very interesting tool, a mining company pointed out that they could not hire their service because there was risk on the fact that the project depended on only one person, and not an entire company with a backup team. This was a wake-up call for Carlo, which motivated him to create a formal organization capable of answering as a company in case he had any problems.

The challenges that mining suppliers face come from technological uncertainty and from the lack of resources that *start-ups* have. This not only implies more pressure to develop solutions, but it also has an impact on prototype development that allow to validate the solution that is being proposed. Carefully picking out what activities you will put your efforts in can determine the success or failure of the entrepreneurship.

Therefore, mining entrepreneurs need a process that allows them to transform their intuitions and enthusiasm in concrete activities to verify, pivot or abandon their original business model. This requires articulating a set of adequate hypotheses to determine the value proposition that they will offer, the Minimum Viable Product that will deliver this proposal and the business model that will capture part of the created value. Moreover, the entrepreneur needs its clients to timely point out their future needs. It is necessary to prospect the market to identify the niche where there isn’t a solution yet to discover business opportunities.

¿CÓMO DESARROLLAR UN CLIENTE?

«Un escritorio es un lugar peligroso para observar al mundo» —John Le Carré

Una cosa es identificar una necesidad y otra distinta es desarrollar un cliente. Necesidades hay muchas, pero entender por cuáles de ellas el cliente está dispuesto a pagar es una tarea que va más allá de la simple identificación. Por eso, se habla de desarrollo de clientes más que de descubrimiento de oportunidades de negocio. Por ejemplo, muchas empresas parten con una tecnología o con ganas de ofrecer productos a la minería por la envergadura e importancia de esta industria para Chile. Lo cierto es que tecnologías existen muchas y necesidades en la industria minera también. En consecuencia, hay un riesgo de que, en ausencia de un plan sistemático y acotado, los emprendedores pierdan mucho tiempo dando «palos de ciego» a problemas que pueden no ser tales, con tecnologías que pueden estar inmaduras o, por el contrario, que sean muy sofisticadas, pero innecesarias.

Una recomendación de los fundadores de AXYS es partir de la mano de un minero: «La idea es no generar una oferta porque sí e ir a ofrecerla». Es mucho mejor «partir con algún cliente minero que esté esperando una oferta de una empresa innovadora».



¿HOW TO DEVELOP A CLIENT?

“A desk is a dangerous place from which to view the world” —John Le Carré

One thing is to identify a need and another entirely different is to develop a client. There are plenty of needs but understanding for which ones the client is willing to pay is a task that goes beyond simply identifying it. That is why we talk of client development more than business opportunity discovery. For example, many companies start with a technology or desire to offer products to the mining industry because it has a huge scale and importance in Chile. The truth is that there are many technologies and needs in the mining indus-

try as well. Consequently, there exists a risk, if there is no systematic and delimited plan, entrepreneurs lose too much time and waste their efforts on problems that may not be such, with technologies that are underdeveloped or, on the contrary, that are too sophisticated, but unnecessary.

AXYS' founders recommend starting from a mining company's hand: “The idea is to not generate an offer without a reason and offer it”. It is much better to “start with a mining client that is waiting the offer of an innovative company”.

Para desarrollar un cliente en la minería se necesita generar hipótesis en dos áreas distintas:

1 ¿Cuál es problema del cliente?

Y ¿cuál es la posible solución?

Contestar estas preguntas requiere formular hipótesis testeables sobre los problemas potenciales del cliente y la solución que podría ofrecer la empresa. Estas hipótesis —y sus respuestas— son centrales para definir la propuesta de valor de la compañía, que es el elemento central del modelo de negocios.

El caso de INDIMIN es reflejo de un proceso sistemático para descubrir al cliente y sus problemas. Los fundadores de esta compañía entrevistaron en terreno a más de 30 personas en Minera Escondida, Ministro Hales, El Teniente, entre otras. Gracias a estas entrevistas —que eran parte de la tesis del magíster de innovación de los fundadores— llegaron a un cliente concreto con un problema relevante al cual pudieron ofrecer un prototipo de solución para su validación. También ayudó que sus fundadores tuviesen experiencia previa trabajando en el rubro minero, ya que, según declaran «ayudó mucho a sensibilizarnos respecto a la problemática».

2 ¿Cómo crear demanda por la solución? Y ¿quién —o quiénes— inciden en el proceso de compra?

Esto parece trivial, pero muchas veces el cliente no es quien parece ser. Es más, muchos confunden al cliente con el usuario y cuesta distinguir a todos los involucrados en un proceso de compra. La experiencia de AXYS permite ejemplificar esta diferencia. En este caso, la minera Cerro Colorado era quién necesitaba una tecnología para disminuir fallas en las palas y frentes de carguío. Los usuarios de esta tecnología, sin embargo, eran los operarios, por quienes pasaba gran parte de la decisión final de utilizar o no la propuesta. Tener hipótesis que permitan caracterizar quiénes son el cliente y el usuario es fundamental para definir las características del producto y la estrategia para salir al mercado.



Fotografía Codelco Chile

You must create a hypothesis in two different areas to develop a client in the mining industry:

1. ¿What's the client's problem? And ¿what's the possible solution?

To answer these questions, one needs to develop a verifiable hypothesis on the client's potential problems and the solution the company could offer. This hypothesis -and its answers- are key to define the value proposition of the company, which is the key element of the business model.

INDIMIN's case is the reflection of a systematic process to discover clients and their problems. The founders of this company interviewed on the work site more than 30 people at Minera Escondida, Ministro Hales, El Teniente, among others. Thanks to these interviews -which the majority were part of the founders' master thesis on Innovation- they came upon a concrete client with a relevant problem to which they could offer a solution prototype to validate. It also helped that its founders had previous experience working in the mining industry, since, according to what they say "it helped us a lot to become more aware of the issue".

2. ¿How to create demand through the solution? And ¿who —or whom— comes into play in the purchase process?

This may seem trivial, but often the client is not whom it appears to be. What is more, many mistakes the client with the user and it is difficult to distinguish everyone who is involved in a purchase process. AXYS' experience allows to exemplify this difference. In this case, Cerro Colorado mining company was the one who needed a technology to diminish failures in shovels and loading faces. However, the users of this technology were the operators, who had the biggest impact on the final decision of whether to use the proposal. It is key to have a hypothesis that allows to characterize who the clients and users are to define the product's characteristics and the launching strategy.

«Nadie paga por productos, la gente paga por soluciones a sus problemas»

- Peter Drucker

Al momento de generar hipótesis sobre el cliente, la solución y el proceso de compra, conviene tener en cuenta las siguientes distinciones:

DISTINGUIR ENTRE PROBLEMAS VERSUS PRODUCTOS

«Nadie paga por productos, la gente paga por soluciones a sus problemas» —Peter Drucker

El primer paso para descubrir un cliente es verificar que el mercado pueda existir. En otras palabras, hay que contestar las siguientes preguntas: ¿se ha identificado un problema que los clientes potenciales quieren resolver? —y si es así, —¿la solución permite hacerlo? El objetivo no es determinar cómo construir el producto, sino comprobar si en verdad se necesita ese producto. Para esto es importante distinguir los problemas de las soluciones.

Un error recurrente es definir un negocio en función de la solución, es decir, de las características del producto o la tecnología, más que en los beneficios que ésta entrega al cliente. Esto es habitual en emprendedores tecnológicos, ya que por lo general son guiados por la ciencia y la tecnología. En consecuencia, tienden a gastar gran cantidad de su tiempo en el desarrollo del producto, más que en identificar correctamente el problema del cliente. La clave es poder conocer realmente al cliente, de manera que esto sea un insumo en el desarrollo del producto.

Durante el proceso de desarrollo es importante confirmar que los potenciales clientes tienen una necesidad insatisfecha, incluso cuando ellos no la reconozcan. Si bien es útil que sepan articular sus preferencias y necesidades, ellos no debiesen especificar necesariamente la solución, ya que esto restringe las



It is appropriate to have in mind the following distinctions when creating a hypothesis about the client, solution and the purchase process:

DISTINGUISH BETWEEN PROBLEMS AND PRODUCTS

“Nobody pays for products, people pay for solutions to their problems” —Peter Drucker

The first step to discovering a client is to verify that the market could exist. In other words, you must answer the following questions: ¿has there a problem been identified that potential clients want to solve? -and if that's so, ¿does the solution allow to do it? The objective is not to determine how to construct the product, but to verify if that product is indeed needed. For this it is important to distinguish between problems and solutions.

A common mistake is to define a business depending on the solution, meaning on the product or technology's characteristics, rather than the benefits it gives to the client. This is very common in technological entrepreneurs, because they are usually guided by science and technology. Consequently, they tend to spend a great deal of their time in developing the product, more than properly identifying the client's problem. The key is to really get to know the client, so that this becomes an input in the product's development.

During the development process it is important to verify that the potential clients have an unfulfilled need, even when they themselves cannot see it. While it is useful that they can voice their preferences and needs, they shouldn't necessarily specify the solution, since this constraints the entrepreneur's



posibilidades creativas de los emprendedores. Un buen ejemplo de esto es el caso de AXYS y BHP. La minera levantó el desafío de aumentar el tiempo de utilización de las palas dentro del Programa de Proveedores de Clase Mundial, sin embargo, nunca especificó la solución que buscaba. De acuerdo a los fundadores de AXYS: «Cerro Colorado nos dijo 'tengo este problema, a las máquinas les está pasando esto [fallas y paradas no programadas], y no tengo idea por qué». Cerro Colorado jamás especificó la naturaleza de la solución, lo que le permitió a AXYS abrir distintas posibilidades al desarrollo.

En la industria minera, afortunadamente, existe capacidad para articular problemas y levantar desafíos productivos. De acuerdo a los fundadores de Aplik: «los mineros son bastante buenos para hablar de sus problemas, (...) como industria son bastante abiertos al respecto. Y, por lo tanto, nosotros íbamos escuchando un problema y, de repente, dijimos "nosotros tenemos

la capacidad de entrar ahí". Tenemos el nicho tecnológico en que podemos entrar». El caso de TIMining refleja justamente esta realidad. La minera Doña Inés de Collahuasi declaró que el poseer un sistema integrado de monitoreo geotécnico era una línea crítica para ellos. Esto permitió que TIMining pudiese desarrollar y adaptar su solución a los requerimientos específicos de este cliente. Lo mismo ocurrió en el caso de AXYS, donde la necesidad de aumentar el tiempo entre fallas de la pala en Pampa Norte había sido declarada como línea fundamental para BHP, lo que motivó que AXYS ingresara a trabajar en el rubro minero.

Descubrir un cliente significa especificar cómo algunas características del producto o solución se traducen en beneficios para ellos. Esto se hace usualmente basado en la observación de experiencias de los usuarios. La labor del innovador es desarrollar hipótesis como: ¿cuál es el problema básico que enfrenta el cliente? ¿Quiénes serán los

usuarios de la solución? ¿Quiénes intervendrán en la decisión de compra? ¿Qué soluciones pueden aumentar su satisfacción mientras trata de solucionar el problema? ¿Cuáles son las dimensiones funcionales (tecnológicas y de usabilidad) de una solución satisfactoria? En este sentido, programas como Expande permiten señalar cuáles son las prioridades de la industria minera y también acercar a proveedores con clientes.

creative possibilities. A good example of this is AXYS and BHP's cases. The mining company posed the challenge of raising the usage time of the shovels within the World Class Suppliers Program, yet, it never specified the solution it sought. According to AXYS' founders: "Cerro Colorado told us 'I have this problem, this is happening to the machines [unscheduled failures and stops], and I have no clue as to why'. Cerro Colorado never specified the nature of the solution, which allowed AXYS to "open several possibilities towards development".

Luckily, within the mining industry exists the capacity to articulate problems and raise productive challenges. According to Aplik's founders: "the miners are quite open to discussing their problems, (...) as an industry they are very open about it. And, therefore, as we heard a problem, suddenly, we said 'we have the ability to go in there' We have the technological niche in which we can go on". TIMining's case precisely reflects this reality. The mining company Doña Inés of Collahuasi stated that having an integrated geotechnical monitoring system was critical to them. This allowed TIMining to develop and adapt their solution to this client's specific requirements. The same happened in AXYS' case, where the need to raise the time between failures in the shovel in Pampa Norte had been declared as a fundamental matter to BHP, which motivated AXYS to enter and work for the mining industry.

Discovering a client means to specify how some of the product's characteristics or the solution translate as benefits for them. This is usually done through observing the user's experiences. The work of the entrepreneur is to develop hypothesis like: ¿what is the basic problem that the client is facing? ¿Who will the solution's users be? ¿Who will intervene in the purchase's decision? ¿What solutions can raise its satisfaction while they try to solve the problem? ¿What are the functional dimensions (technological and of usage) of a satisfactory solution? In that sense, programs like Expande allow to point out which are the mining industry's priorities additionally bringing together suppliers with clients.

DISTINGUIR ENTRE BENEFICIOS VERSUS STATU QUO

«Lo más riesgoso que se puede hacer es mantener el statu quo» —Bob Iger

De acuerdo a la teoría de la prospección (Kahneman & Tversky, 1974) los seres humanos tomamos decisiones siempre con respecto a un punto de referencia que «ancla» nuestra percepción sobre los beneficios y costos de un determinado producto. Esta percepción, además, no es lineal. Nos duele mucho más una pérdida que una ganancia. La «aversión a las pérdidas» hace que cualquier solución que se proponga tenga que ser muy superior al costo incurrido en incorporarla, de lo contrario siempre ganará el statu quo.

Cuando nos referimos a la inversión para desarrollar una solución, no sólo está relacionada al precio de ésta, sino también al gasto incurrido por el cliente al cambiarse de plataforma, aprender a usar una nueva tecnología por parte de operarios, obsolescencia, transacción, etc. El punto es que todos estos suman a favor del statu quo, por lo que

vencer esta inercia requiere de productos que aporten un claro y significativo valor para que los clientes decidan implementarlos.

El caso de Aplik y su desarrollo tecnológico para el monitoreo de pilas de lixiviación sirve para ilustrar la trampa del statu quo. El sistema desarrollado toma imágenes y, por medio de la termografía, estima cuál es la humectación superficial que tiene una pila de lixiviación. Esto no sólo permite mejorar el riego de ésta sino que también disminuir accidentes, ya que reduce la necesidad de que los operarios suban a inspeccionar las pilas. Al momento de evaluar la solución propuesta, la comparación que hizo la minera no fue necesariamente en función del beneficio creado, sino que cuál sería el costo de monitoreo con personas. De acuerdo a los fundadores de Aplik: «tú podrías decir: ‘es cosa que yo contrate 50 personas, las suba a todas a la pila y también la voy a tener completamente monitoreada’. Entonces, el valor económico no es el aumento de la eficiencia de las pilas, sino que cuánto me saldría tener esto mismo en personas».



Fotografía Codelco Chile

DISTINGUISH BENEFITS VERSUS STATUS QUO

“The riskiest thing we can do is just maintain the status quo” —Bob Iger

According to the likelihood theory (Khanneman & Tversky, 1974) human beings always make decisions with respects to a point of reference that «anchors» our perception on the benefits and costs of a given product. Moreover, this perception is not linear. A loss hurts us more than a gain. The «loss aversion» obliges a solution to be much more superior to the cost of applying it, if not, the status quo will always prevail.

When we speak of the investment to develop a solution, it is not only related to the price of it, but also to the cost the client has when changing platforms, the operator learns how to use a new technology, obsolescence, transaction, etc. The point is that these works in favor of the status quo, that is why defeat-

ing this requires the product to provide a clear and significant value so that clients thus decide to use it.

Aplik's case and its technological development to monitor leaching piles serves to illustrate the status quo's trick. The system they developed takes pictures and, through thermography, it estimates the superficial moisturizing a leaching pile has. This not only allows to improve the watering of it but also to decrease accidents, because it reduces the operator's need to go up and inspect the piles. When evaluating the proposed solution, the comparison the mining company did was not necessarily in terms of the created benefit, but rather in what the cost of monitoring with people would be. According to Aplik's founders: “you could say: ‘it's only a matter of hiring 50 people, getting all of them on top of the pile and I'd also have it completely monitored.’ Then the economic value is not the increase of the piles' efficiency, but how much would it cost me to have the same but with people”.

DISTINGUIR ENTRE CLIENTES VERSUS USUARIOS

Por lo general, son muchas las personas involucradas en el proceso de compra de una innovación en minería, sobre todo cuando requiere de inversiones de capital (CAPEX). Por lo mismo, es clave entender que dentro de una misma compañía minera (el cliente) hay distintas personas involucradas en este proceso de compra.

- 1 Iniciadores:** Son aquellas personas que saben que la empresa tiene un problema que puede ser solucionado al comprar el producto o servicio ofrecido. Por lo general son los primeros en aproximarse a los proveedores de innovaciones o buscan activamente alguna solución al problema detectado.
- 2 Gatekeepers:** Por lo general detentan el título de comprador (ej. gerente de abastecimiento) y monitorean las distintas ofertas de proveedores. Ellos controlan el flujo de la información y tienen acceso a quienes toman las decisiones de inversión en distintos centros de costo.
- 3 Influenciadores:** Corresponde a aquellas personas que tienen algo que decir en el proceso de compra, aunque no necesariamente tengan el poder formal de aprobarla. Pueden, sin embargo, tener poder de veto, ya sea de la compra o de la empresa vendedora.
- 4 Decidores:** Son aquellos que tienen la última palabra —y poder de veto— sobre la compra. No son necesariamente quienes llevan a cabo las negociaciones acerca de precio y condiciones. En general, hay sólo uno por venta, aunque podría corresponder a un comité. El decidor se fijará en temas económicos, el costo total de la solución, cómo encaja con el presupuesto, cuál es el retorno a la inversión y el impacto en productividad.



Fotografía Codelco Chile

DISTINGUISHING CLIENTS VERSUS USERS

Generally, there are many people involved in the innovation purchase process in the mining industry, especially when it includes capital-spending plans (CAPEX). Therefore, it is key to understand that within a mining company (the client) there are different people involved in the purchase process.

1. Originators: People that know the company has a problem which can be solved by buying the product or the service that is being offered. Usually they are the first ones to approach the innovation suppliers or they actively seek a solution to the recognized problem.

2. Gatekeepers: They usually have the title of buyer (e.g. supply manager) and they monitor several supplier's offers. They control the information flow and have access to those who make investment decisions in different cost centers.

3. Influencers: People who have something to say regarding the purchase product, even though they do not necessarily have the formal power to approve it. Yet they might have the power of banning the purchase or the selling company.

4. Decision makers: People who have the last word -and ban power- over the purchase. They are not necessarily the ones in charge of doing the price negotiations and conditions. Usually there is only one per purchase, although there could be a committee. The decision maker will pay attention to economic matters, the total cost of the solution, how it fits the budget, what is the investment's contribution and the impact it will have on productivity.



Fotografía Codelco Chile

5 Usuarios: Quienes consumen el producto o servicio, aunque no hayan participado de la compra. Tienden a privilegiar facilidad de uso, rendimiento y confiabilidad de la solución. En una faena minera, los usuarios son muchas veces los mismos operarios.

Una persona puede ocupar más de un rol. Entender cada uno de ellos, sin embargo, resulta crítico, ya que cada uno tiene métricas diferentes para evaluar el valor de la solución propuesta.

Un caso interesante del papel que juegan los usuarios en la aceptación y utilización de una solución tecnológica es el caso de AXYS y su Sistema Integrado de Monitoreo y Control de Palas y Frente de Carguío. Esta solución permite levantar información detallada de la forma en que la máquina es utilizada por

el operador. Si bien este monitoreo ayuda a mejorar el uso de la pala, reducir fallas y extender su disponibilidad, los operarios percibieron esta tecnología como una amenaza. Para resolver este problema, los fundadores de la empresa tuvieron que enfocarse en las necesidades de los trabajadores: «con algunos ingenieros tuvimos que hacer un análisis casi psicológico del operador.: ¿Qué decisión toma? ¿Qué es lo que hace?». Así, empezaron a comprender los temores de los operarios: «el gran miedo de un operador es que se rompa una pala y no tenga a quién culpar».

AXYS descubrió que las principales fallas ocurrían cuando los operarios cometían un error que hacía que se desenrollara el cable de la pala. «Cuando se le desenrolla el cable, el instinto es frenar el balde, los motores, frenar todo. Y eso empeora las cosas porque, por inercia, puede seguir saliendo cable. Cuando



el operario ve el cable colgando, psicológicamente lo trata de recoger y [cuando lo hace] genera las fallas. Esa acción de recoger era lo que le causaba pánico».

Los ingenieros de AXYS se dieron cuenta de que el operador no tenía cómo observar lo que pasaba con el cable al momento de recogerlo. Entonces decidieron incorporar cámaras y una pantalla con la que pudiesen observar cómo se iba enrollando. Nada muy sofisticado, pero sí eficaz, ya que permitió a los operarios mejorar la forma de parar la pala y disminuir la posibilidad de fallas. Según AXYS, fue con esta funcionalidad que les «empezó a gustar» la solución. Esta aceptación por parte de los operarios fue fundamental para la correcta implementación en la operación.

5. Users: People who use the product or service, even though they might not have participated in the purchase. They tend to prefer that the solution is easy to use, the performance and the reliability. In a mining work site, users are on several occasions the operators themselves.

A person can fulfill more than one role. Yet understanding each one of them is key, since each one has different metrics to evaluate the value of the proposed solution.

An interesting case of the role users play in accepting and using a technological solution is AXYS' case and their Shovel Integrated Monitoring and Control System. This solution allows to gather detailed information on the way the machine is used by the operator. Although this monitoring helps to improve the use of the shovel, reduce failures and extend its availability, the operators perceived this technology as a threat. To solve this problem, the company's founders had to focus on the needs of the employees: "with some engineers we almost had to do a psychological analysis of the operator: ¿What decision does he/she make? ¿What does he/she do?" Thus, they started to understand the operator's fears: "the biggest fear an operator has is that a shovel breaks and he/she has no one to blame".

AXYS discovered that the major failures happened when the operators made a mistake which provoked the shovel's cable to unroll. «When the cable is unrolled, they instinctively slow down the bucket, the engine, slow down everything. And this makes things worse because, by inertia, the cable may continue to unroll. When the operator sees the cable hanging, psychologically they try to roll it and [when they do] failures arise. That rolling action was what caused panic».

AXYS' engineers realized that the operator did not have a way of seeing what was happening with the cable when they tried to roll it back. So, they decided to incorporate cameras and a screen with which they could see how the cable was being rolled back. It was not too sophisticated, but it was useful, for it allowed the operators to improve the way in which they stopped the shovel and decrease failure probabilities. According to AXYS, with this feature was that they «started to like» the solution. The operator's acceptance was fundamental to the correct implementation in the operation.

CONCLUSIONES

El proceso para desarrollar un cliente es iterativo. En consecuencia, los emprendedores deben aproximarse a las labores de descubrimiento en forma gradual. Privilegiar el aprendizaje en cada iteración, más que el desarrollo de una solución 100% completa. Lo clave es enfocarse en aquellos atributos esenciales, no sólo en aquellos que «sería bueno tener».

Los atributos esenciales definen al producto mínimo viable que da origen al prototipo inicial que la empresa utilizará para conseguir su primer cliente. INDIMIN partió precisamente así. Hicieron un piloto simple y luego agregaron nuevas funcionalidades. Tener un piloto en funcionamiento también ayuda a validar la solución y disminuir la percepción de riesgo de incorporar una nueva tecnología a la minería. SAX, por su parte, antes de ofrecer una solución 100% operativa destina tiempo y recursos para llevar a cabo una integración, validación y pruebas de calidad. De acuerdo a sus fundadores: «es mejor preparar y probar muy bien el sistema antes de llevarlo a faena, para reducir áreas de riesgo que puedan impactar o generar una percepción negativa de la solución en el cliente».

Aquí muchas veces hay que armarse de paciencia, ya que los ritmos de la minería y las ventanas de oportunidad de ofrecer un producto dependen del ciclo de los commodities. Por ejemplo, SAX empezó a desarrollar su prototipo de difractorómetro en sus laboratorios durante los años 1999 y 2000, para luego trabajar en una patente compartida con Codelco. Se planeaba que en los años posteriores se desarrollaría el producto industrial, pero no fue sino hasta el 2011-2012 en que esto ocurrió y recién en 2013 la empresa logró instalar el prototipo en terreno.



CONCLUSIONS

The process to develop a client is iterative. Consequently, entrepreneurs should approach the discovery labors gradually. They should privilege learning in each iteration, more than developing a solution that is a 100% ready. The key is to focus on those essential attributes, not just those that “it would be nice to have”.

Essential attributes define the Minimum Viable Product which generates the initial prototype that the company will use to obtain its first client. That was precisely how INDIMIN started. They made a simple pilot and then they added new features. Having a working pilot also helps to validate the solution and decrease the risk perception of incorporating a new technology to the mining industry. SAX, for their part, before offering a solution that is a 100% operative assigns time and resources to

carry out an integration, validation and quality testings. According to their founders: “it’s best to prepare and test the system very well before bringing it to the work site, to reduce risk areas that could impact or generate a negative perception of the solution on the client”.

In this stage you usually must have a lot of patience, because the mining rhythms and the window opportunities to offer a product depend on the commodities’ cycle. For example, SAX started to develop its diffractometer prototype in its laboratories during 1999 and 2000, to then work on a shared license with Codelco. They thought that the industrial product would be developed in the years to come, but it wasn’t until 2011-2012 that this happened, and it was only in 2013 that the company managed to install its prototype in the work site.



Fotografía Codelco Chile

Si el producto mínimo viable valida el modelo de negocio, la recomendación es perseverar y continuar testeando hipótesis en la misma dirección de la solución propuesta. Si ya no quedan más hipótesis del modelo de negocio por validar, entonces está listo para empaquetar el prototipo y escalar. Esto no significa que a futuro no se puedan agregar funcionalidades nuevas, como es el caso de TIMining. Ellos tienen como protocolo hacer un seguimiento periódico de oportunidades de mercado y nuevas funcionalidades que les sugieren sus clientes, junto con desechar ideas que consideran —u observan— como poco relevantes.

A nivel del escalamiento, la recomendación es calcular muy bien los tiempos necesarios ya que pasar de un prototipo a un modelo industrial tarda tiempo. SAX aprendió esto luego de recibir su primera orden de compra para su innovación: «tuvimos muy poco tiempo para instalar todo, probar [la tecnología] y simular todo el ambiente industrial. Una vez que lo llevamos [a faena] y lo instalamos, resolver problemas dentro de la planta sin herramientas, sin todos los equipos que tenemos en el laboratorio, fue muy lento, costoso».



Si se rechaza una hipótesis del modelo de negocio, pero descubren una forma de cambiarlo, la recomendación es avanzar en esa línea. Rara vez una idea nace 100% definida en su primera versión, y en el proceso de pivoteo se pueden mejorar los distintos elementos del modelo de negocio. Si bien esta etapa puede ser costosa y disruptiva, no cambiar puede ser fatal.

If the Minimum Viable Product validates the business model, the recommendation is to persevere and continue testing hypothesis in the same direction as the proposed solution. If there are no more hypothesis of the business model to validate, then the prototype is ready for packaging and escalating. This does not mean that in the future they won't be able to add new features, like TIMining's case. They have as part of their protocol to do a regular follow-up of market opportunities and new features that are suggested by their clients, along with dismissing ideas that they consider -or see- that are not relevant.

On an escalation level, the recommendation is to estimate the times very well since going from a prototype to an industrial model takes time. SAX learned this after receiving their first purchase order for their innovation: "we had very little time to install everything, test [the technology] and simulate the industrial environment. Once we took it to the [work site] and we installed it, solving problems inside the plant without tools, without all the equipment we have at the lab, was very slow, expensive".

If a business model hypothesis is rejected, but they find a way of changing it, the recommendation is to keep going on that line. Hardly ever an idea is a 100% defined in its first version, and on the pivot process different elements of the business model can be improved. Although this stage can be expensive and disruptive, not changing can be fatal.

Rara vez una idea nace 100% definida en su primera versión, y en el proceso de pivoteo se pueden mejorar los distintos elementos del modelo de negocio. Si bien esta etapa puede ser costosa, no cambiar puede ser fatal.

Para pivotear la propuesta de valor en la minería resulta útil trabajar en conjunto con el cliente. En el caso de SAX, esta empresa colaboró con el área de Innovación Tecnológica de Codelco Norte en el desarrollo de su solución. Este departamento realizó un trabajo para alinear a las personas de operaciones y así poder avanzar en el desarrollo. De acuerdo a los fundadores de SAX: «el haber contado con el patrocinio del jefe de control metalúrgico fue fundamental para el desarrollo de la solución».

Muchas veces el pivoteo no es sólo en la solución, sino que también puede ser en torno a la estructura organizacional de la empresa. Por ejemplo, cuando una compañía minera rechazó un proyecto propuesto por uno de los fundadores de TIMining por ser un emprendimiento con poco respaldo y muy dependiente del dueño, él decidió armar un equipo, asociarse con otra empresa

que le aportara capacidades y así cambiar su modelo de negocio. Pasó de ser un desarrollador de software a la medida, a una empresa proveedora de productos y servicios de la minería. Esta nueva compañía fue TIMining. En palabras de uno de sus fundadores: «para mí fue bien clarificador, bien chocante [el rechazo por falta de respaldo de una empresa de mayor tamaño]. Y pensé, aquí tengo que armar equipo y una empresa diferente».

Finalmente, si la hipótesis se rechaza y no se encuentra cómo pivotear, se debe volver al pizarrón y a terreno para buscar una propuesta de valor realmente interesante para el cliente. El error que generalmente se comete en esta etapa es enamorarse de la tecnología, ya sea por los conocimientos de quien diseña la solución o por falta de una visión más amplia del problema, ya que son las necesidades de los clientes y usuarios las que determinan el éxito o fracaso de una empresa.



To pivot the value proposition in the mining industry it is useful to work alongside the client. In SAX's case, this company collaborated with the Technological Innovation area of Codelco Norte in their solution's development. This department carried out the task of aligning the operations people in order to advance in the development. According to SAX's founders: "Having the sponsorship of the Metallurgical Management Chief was fundamental for the solution's development".

A lot of times the pivot not only takes place in the solution, but also around the organizational structure of a company. For example, when a mining company rejected a project proposed by one of TIMining's founders because it was an entrepreneurship that did not have a lot of backup and depended too much on its owner, he decided to form a team, associate himself with another company which could contribute skills and thus change his business model. He was a custom-made software developer who became a product and mining services supplier company. This new company was TIMining. In the words of one of its founders: "to me [the rejection because of lack of backup from a bigger company] was very clarifying, very shocking. And I thought, I have to form a team and a different company".

At the end, if the hypothesis is rejected and you cannot see how to pivot, then you need to go back to planning the site to look for a value proposition that could be interesting to the client. A common mistake at this stage is to fall in love with the technology, whether it is because of the knowledge the person who designs the solution has or because there is a lack of perspective, because the clients and users' needs are the ones that determine the success or failure of a company.

Referencias:

Steve Blank, (2007). *The Four Steps to the Epiphany*, (Quad Graphics)

Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), 263-292

Centro de Innovación UC Anacleto Angelini

El Centro de Innovación UC Anacleto Angelini busca promover la generación de una cultura pro innovación y emprendimiento en la universidad, el país y América Latina. Actúa como puente entre la academia, la empresa y el sector público, generando oportunidades de colaboración y acelerando el desarrollo de proyectos interdisciplinarios de alto impacto.

Motivado por sus tres verbos "Inspirar, Conectar y Orquestar" el Centro participa en esta iniciativa a través de su Laboratorio de I+D+i Empresarial, el cual busca contribuir con estudios e investigaciones que permitan una mejor toma de decisiones estratégicas, tanto del sector público como privado. En esta línea, la presente publicación aporta con aprendizajes para impulsar, guiar y facilitar los procesos de innovación en las empresas de la industria minera, desde la etapa de ideación hasta su llegada a nuevos mercados.



CENTRO DE INNOVACION UC
ANACLETO ANGELINI



