



Camión de faena minera

ROLANDO CARMONA

Ingeniero civil de Industrias con mención en Mecánica, de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que junto a su familia fundó Drillco Tools. Cofundador y expresidente de Minnovex, un grupo industrial que recopila conocimiento acerca de proveedores mineros en Chile.

Civil Industrial Engineer with mention in Mechanics of the Pontificia Universidad Católica de Chile, who along with his family founded Drillco Tools. Co-founder and former president of Minnovex, an industrial group that gathers knowledge about mining suppliers in Chile.



CARTOGRAFÍA DE LA INNOVACIÓN *MAPPING OF INNOVATION*

ROLANDO CARMONA, COFUNDADOR DRILLCO TOOLS / *CO-FOUNDER DRILLCO TOOLS*

La minería del futuro

The mining of the future

FOTOGRAFÍAS_ *PHOTOS*: ARCHIVO CODELCO

LA MINERÍA ES UNA INDUSTRIA CENTRAL PARA EL FUTURO DE CHILE. HASTA HOY LO HA SIDO POR SU CONTRIBUCIÓN EN DIVISAS E IMPUESTOS. SU NATURAL DECLIVE DEBIERA DAR PASO AL SURGIMIENTO DE UNA NUEVA INDUSTRIA, CONSTRUIDA SOBRE SUS RAÍCES, DE MODO QUE, EN LUGAR DE DEJAR SOLO MINAS ABANDONADAS Y UNA HERENCIA DE PASIVOS AMBIENTALES, LEGUE AL PAÍS UNA ECONOMÍA BASADA EN EL CONOCIMIENTO.

La industria minera —en Chile y el mundo— se encuentra desafiada. Múltiples requerimientos sobre su gestión hacen que hoy los proyectos mineros se hayan vuelto más difíciles de financiar y operar.

El boom de los *commodities*, dejó a la industria con un elevado costo tanto de operación como de proyectos. Las leyes de los yacimientos, envejecidos, están en progresiva declinación. La escasez de agua y de energía, y el alto costo de esta última, ponen serias limitaciones al desarrollo de nuevos proyectos. Las comunidades donde operan se encuentran empoderadas y no están dispuestas a ver sus territorios amenazados con pasivos ambientales, y demandan mayor participación en los beneficios del negocio minero. Y todo esto ocurre en medio de un ciclo de bajos precios, que ya se prolonga por varios años.

Los accionistas están cada vez menos dispuestos a financiar nuevos proyectos bajo estas condiciones. Sin embargo,

es imposible pensar un futuro sin producción de minerales; la humanidad necesita sus metales para sostener su estándar de vida. ¿Cómo pensar una minería diferente, que resuelva estos desafíos y sea sustentable en el largo plazo?

Una nueva minería requiere una renovada forma de pensar el problema. No será suficiente mejorar la eficiencia de los procesos actuales; será necesario revisar los paradigmas en que descansa. Temas como la minería de gran tamaño, como la que prevalece en Chile, la exploración de yacimientos cada vez más profundos y remotos, los sistemas intensivos en uso de agua, la disposición masiva de relaves y otros desechos contaminantes, la intervención de comunidades asentadas en territorios cada vez más próximos a los grandes centros urbanos, la depredación de glaciares, entre otros, no podrán ser resueltos con una mirada convencional.

Todo apunta a la necesidad de enfrentar estos desafíos con un proceso de diseño en el amplio sentido del concepto. La minería ya no puede seguir operando como un ente autónomo, aislado en un entorno lejano y desconocido para el país. Más bien, debe salir al encuentro de la población, del ciudadano común, abrir sus puertas y compartir su enorme potencial generador de riqueza y de conocimiento, en un proceso virtuoso de sinergia con la comunidad.

La industria minera explota recursos no renovables, por lo cual la pregunta de qué sucederá cuando se terminen es

THE MINING INDUSTRY IS ESSENTIAL TO THE FUTURE OF CHILE. TO THE PRESENT DAY IT HAS ALSO BEEN FUNDAMENTAL BECAUSE OF ITS CONTRIBUTION IN TERMS OF CURRENCY INFLOW AND INCOME FROM TAXES. ITS NATURAL DECLINE SHOULD GIVE WAY TO THE EMERGENCE OF A NEW INDUSTRY BUILT ON ITS ROOTS, SO THAT, INSTEAD OF LEAVING ONLY ABANDONED MINES AND A LEGACY OF ENVIRONMENTAL LIABILITIES, IT MAY ENDOW THE COUNTRY WITH THE BEST OF LEGACIES: A KNOWLEDGE-BASED ECONOMY.

The mining industry—in Chile and globally—is being challenged. Multiple management demands have led mining projects to become increasingly more difficult to finance and operate. The boom in commodities left the industry with high cost operations and projects. The grades of the aged deposits are progressively declining. The shortages of water and power, and the high cost of the latter, pose serious limitations to the development of new

projects. The communities in which mining companies operate are empowered and are not willing to see their territories threatened with environmental liabilities, and demand greater participation in the benefits of the mining business. And this all is happening in the middle of a cycle of low prices that has already lasted several years.

Shareholders are increasingly less willing to finance new projects under these conditions. It is impossible to imagine, however, a future without production of minerals; humanity needs metals to sustain its standard of living. How can we rethink a different mining? One that resolves these challenges and is sustainable in the long term?

A new mining requires a new way of thinking about the problem. Improving the efficiency of the current processes will not be enough; it will be necessary to revise the paradigms on which traditional mining rests. Topics such as large-sized mining like the one that prevails in Chile, the exploration of increasingly deep

Una nueva minería requiere una renovada forma de pensar el problema. No será suficiente mejorar la eficiencia de los procesos actuales; será necesario revisar los paradigmas en que descansa.

A new mining requires a new way of thinking about the problem. Improving the efficiency of the current processes will not be enough; it will be necessary to revise the paradigms on which traditional mining rests.

relevante, por distante que dicho evento esté en el tiempo. ¿Con qué se reemplazarán los minerales cuando su extracción se haya agotado? ¿Qué dejaremos a las generaciones venideras cuando se hayan terminado? ¿Un conjunto de minas abandonadas y una herencia de pasivos ambientales por generaciones? ¿Cómo será un Chile sin minería? ¿Qué otra industria reemplazará al “sueldo de Chile”?

NUEVOS PARADIGMAS

La minería necesita repensar su forma de hacer, desde la búsqueda de nuevos yacimientos, hasta el cierre de minas. Si se tiene en cuenta la velocidad de avance de las tecnologías en todos los campos del quehacer humano, surgen múltiples oportunidades para ello.

A modo de ejemplo, en Australia, se encuentra en pleno desarrollo un Centro de Investigación Colaborativa (Collaborative Research Center o CRC, como se les conoce en inglés) abocado a cómo se buscan nuevos depósitos de minerales bajo cubierta profunda.

Los CRC son un modelo usado en Australia para hallar soluciones a problemas complejos y de gran escala, que afectan a una industria específica. Ahí confluyen empresas que requieren la solución, los centros de investigación y universidades, los proveedores con capacidades de transferir y escalar industrialmente las soluciones desarrolladas, el gobierno con

sus agencias que facilitan y co-financian el esfuerzo, entre otros. Estos CRC cuentan con una gobernanza explícita, con instancias de *accountability* públicas y con un claro foco en que los resultados de las investigaciones que se llevan a cabo sean transferidas a la industria demandante.

El CRC australiano que busca desarrollar la nueva frontera de tecnologías de exploración de yacimientos es conocido como Deep Exploration Technologies. La ambición última es incluso llegar a hacer sondeos sin hacer perforaciones, transmitir la data de exploración en tiempo real y en forma remota, a la nube, donde pueda ser analizada desde cualquier parte del mundo. Se busca evitar hacer sondeos múltiples que consumen recursos, implican el traslado de equipos y personal especializado y afectan los territorios donde estos potenciales yacimientos puedan estar.

Por cierto que una ambición de esta magnitud requiere la participación de múltiples especialistas y el desarrollo de un conjunto de programas de investigación de alta complejidad. Parte importante de este proyecto lo constituyen alrededor de 50 programas de doctorado con alumnos de tres universidades australianas. Pero es el enfoque de colaboración, de hacer concurrir a diversos actores, el que hace posible este tipo de programas.

Este método de coordinar diversos actores aparece como un componente clave para el diseño de una nueva minería.

and remote deposits, processes with intensive use of water, the disposal of massive tailings and other contaminating waste, the intervention of communities settled in territories that are increasingly closer to the major urban centers, and the depredation of glaciers, among others, may not be resolved with a conventional approach.

Everything points to the need of addressing these challenges with a design process in the broad sense of the concept. Mining can no longer continue to operate as an autonomous entity, isolated in a distant environment unknown to the country. Rather, it must go out and meet the population and the common citizen, open its doors and share its enormous potential of generating wealth and knowledge, in a virtuous process of synergy with the community.

The mining industry extracts non-renewable resources; therefore the question of what will happen when the resources are depleted is relevant, no matter how distant in time that may be. What will replace minerals when their extraction has exhausted

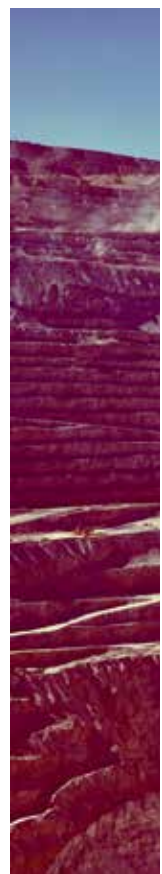
them? What will we bequeath to the future generations when the minerals have disappeared? Will we leave them a series of abandoned mines and a legacy of environmental liabilities for generations to come? How will Chile get along without mining? What other industry will replace the “salary of Chile”?

NEW PARADIGMS

Mining needs to rethink the way of doing things, from the search for new deposits to the closing of the mines. If we consider the speed of progress of new technologies in all fields of human activities, there are many opportunities to do this.

For example, in Australia, the development of a Collaborative Research Center (CRC) is under development. It is devoted to developing the new technological frontier on how to search for new ore deposits under deep cover.

The CRCs are a model used in Australia to find solutions to complex, large-scale problems affecting a specific industry. Enterprises



Tronadura Mina de Chuquicamata
II Región de Antofagasta

La industria minera es conocida por estar acostumbrada a ser autosuficiente, con altos estándares y con grandes recursos disponibles a la hora de enfrentar sus desafíos, pero el nuevo escenario que enfrenta hace difícil sostener ese enfoque para siempre.

La nueva minería debe aprender a colaborar con los otros actores del entorno con que se relaciona, dejando atrás las relaciones transaccionales que la caracterizan, reemplazándolas por relaciones basadas en la confianza y la co-creación.

Un rediseño supondrá que esta sea el motor de un ecosistema vibrante, donde confluyan los actores que poseen las competencias que los desafíos necesitan. De manera análoga al modelo de los CRC australianos, la industria minera necesita colaborar con sus proveedores, con las universidades y centros de investigación, con el gobierno, con las comunidades, con sus trabajadores y con los actores relacionados con temas medio ambientales, entre otros.

that require a solution (claimant companies), research centers and universities, suppliers with abilities to transfer and scale the solutions devised to an industrial level, the government with its agencies that facilitate and co-fund the effort, among others, all converge in the CRC. These CRCs have explicit governance, with public accountability and a clear focus on transferring the results of research carried to the claimant industry.

The Australian CRC that seeks to develop the new frontier of exploration technologies of deposits is known as Deep Exploration

Technologies. The final goal is even to get to do soundings without drilling, to transmit the exploration data in real time and remotely to the cloud, where it can be analyzed anywhere in the world. The idea is to avoid making multiple soundings, which consume resources, involve transferring equipment and trained staff to remote sites, and affect the territories where these potential deposits may be found.

Indeed, a goal of this magnitude requires the involvement of multiple specialists and the development of a set of highly-complex

LA FLEXIBILIDAD COMO REQUISITO

Esta nueva mirada implica, casi inevitablemente, un cambio de cultura, algo extremadamente complejo para cualquier industria, comunidad o agrupación. No obstante, la minería es conocida por su alta capacidad operativa cuando se trata de resolver problemas críticos a sus procesos. Esta característica y flexibilidad, será sin duda una herramienta clave a la hora de abrazar nuevas prácticas y conductas.

Un ejemplo de ello es el sistema de trabajo en turnos, dada la naturaleza de operación continua del proceso minero y de su lejanía con los centros urbanos. Esto ha sido siempre un factor limitante para la atracción de profesionales de excelencia.

Los campamentos mineros son, en general, hábitats básicos, funcionales, pero esencialmente lugares donde no se plantea la posibilidad de hacer una vida normal en familia. ¿Por qué no pensar, por ejemplo, en remplazar los campamentos por ciudades donde sea agradable vivir? Hoy existen tecnologías para crear comunidades enteras en lugares remotos, con soluciones habitacionales de calidad y espacios públicos atractivos. ¿Por qué no aprovechar los entornos físicos donde se desarrolla la minería? San Pedro de Atacama comparte el mismo tipo de paisaje con una parte importante de la gran minería chilena. ¿No se podrán crear otros pequeños San Pedros donde haya

operaciones mineras remotas de tamaño importante? Ciertamente, abordar este problema requiere un enfoque multidisciplinario, donde participen profesionales del área minera, diseñadores, arquitectos y urbanistas, sociólogos y psicólogos, profesionales del área médica, entre otros.

La industria minera siempre ha tenido el desafío de contar con buenos técnicos y profesionales especializados, y hace esfuerzos permanentes por crear y apoyar centros de capacitación y de formación técnica en las ciudades próximas a sus operaciones. ¿Por qué no integrar a las comunidades locales más masivamente, incluyendo prioritariamente a los miembros de pueblos originarios, cuyas tierras ancestrales se ven afectadas por las operaciones que transcurren en sus territorios? ¿Por qué no crear alianzas permanentes con los centros de formación técnica e institutos profesionales de mayor calidad existentes en el país, para desarrollar programas de carreras orientadas a las especialidades que requieren?

Esto ya se ha hecho en otras industrias. Recientemente, el Duoc UC firmó un convenio con Celulosa Arauco, para la creación de un CFT en la región, orientado específicamente a las especialidades que esta empresa necesita para sus procesos. La inversión en infraestructura corresponderá a la empresa, y el *know-how* académico correrá por cuenta de esta institución académica.

research programs. An important part of this project is made up of around 50 PhD programs with students from three Australian universities. But it is the collaborative approach, the fact of involving various players, which makes this type of programs possible.

This method of coordinating various players appears as a key component for the design of a new mining. The mining industry is known for being accustomed to being self-sufficient, with high standards and sizeable resources available at the time of facing its challenges, but the new scenario it faces makes it difficult to continue with that approach for ever.

New mining must learn to collaborate with the other players in the environment with which it relates, leaving behind the transactional relationships that characterize it, replacing them with relationships based on trust and co-creation. A redesign will assume that mining will be the driving force behind the creation of a vibrant ecosystem, where the players that have the skills that the challenges require, will converge. In a way similar to the model of the Australian CRCs, the mining industry needs to collaborate with its suppliers, universities and research centers, the Government, communities, its employees and the players related to environmental issues, among others.

FLEXIBILITY IS A REQUIREMENT

This new perspective implies, almost inevitably, a change in culture, something extremely complex for any industry, community or group. However, mining is known for its high operational capacity when it comes to resolving problems critical to their processes. This feature and flexibility will undoubtedly be a key tool at the time of embracing new practices and behaviors.

An example of this is the system of work shifts, given the nature of the continuous operation of the mining process and its distance from urban centers. This has always been a limiting factor in the attraction of professional excellence.

Mining camps are, in general, basic, functional habitats, but essentially places where making a normal family life is not possible. Why not think, for example, in replacing the camps for cities that are pleasant to live in? Today there are technologies to create entire communities in remote locations, with quality housing solutions and attractive public spaces. Why not think in taking advantage of the physical environments where mining is developed and turn them into attractive places to live in? San Pedro de Atacama shares the same type of scenery with an important part of the large-sized Chilean mining. Why not create other small San Pedro

DE LA EXTRACCIÓN DE MINERALES AL CONOCIMIENTO

La multiplicidad de desafíos tecnológicos que enfrenta la industria minera en pos de asegurar su sustentabilidad, ofrece enormes oportunidades para la generación de conocimiento en el país, a través de la colaboración con proveedores, universidades y centros de investigación locales.

Hoy existen en Chile alrededor de seis mil proveedores de la minería. Dentro de este vasto y heterogéneo sector, solo un número reducido cuenta con las capacidades de gestión, de absorción tecnológica y solidez financiera como para poder dar el paso y convertirse en jugadores de clase mundial. Este proceso de impulsar su desarrollo ha sido el foco del llamado Programa de Proveedores de

Clase Mundial, apoyado fuertemente en los últimos años por Fundación Chile. Aparece como un camino muy promisorio para avanzar en la creación de toda una nueva industria de proveedores avanzados tecnológicamente, de modo que, en algún momento, estos alcancen un nivel tal que puedan generar sus propios desarrollos, incluso con independencia de la minería. Así, si esto ocurre, la minería habrá logrado legar al país una industria que tendrá vida propia para cuando finalmente decline y, eventualmente, deje de ser el motor de nuestra economía.

Este proceso requiere de nuevas prácticas de los propios proveedores, quienes necesitan levantar su mirada más allá del corto plazo y disponerse



Ⓛ Antigua entrada a Chuquicamata

villages where there are remote mining operations of an important size? Obviously, addressing this problem requires a multidisciplinary approach, involving mining area professionals, designers, architects and urban planners, sociologists and psychologists, and medical professionals, among others.

The mining industry has always had the challenge of having good technicians and specialized professionals, and has made constant efforts to create and support technical training centers in the cities close to its operations. Why not integrate local communities more massively, including primarily the members of indigenous peoples, whose ancestral lands are affected by the operations that take place in their territories? Why not create permanent alliances with the technical training centers and vocational institutes of higher quality that exist in the country, to develop career

programs aimed at the specialties that are required?

This has already been done in other industries. Recently, Duoc UC signed an agreement with Celulosa Arauco for the creation of a TFC in the region, specifically aimed at the specialties that this company needs for its processes. The investment in infrastructure will be the responsibility of the companies, and the academic know-how will be the responsibility of the academic institution.

FROM THE EXTRACTION OF MINERALS TO THE KNOWLEDGE
The multiple technological challenges faced by the mining industry in order to ensure its sustainability, offers tremendous opportunities to the knowledge generation in Chile, through the collaboration with local suppliers, universities and research centers.

Hoy existen en Chile alrededor de seis mil proveedores de la minería. Dentro de este vasto y heterogéneo sector, solo un número reducido cuenta con las capacidades de gestión, de absorción tecnológica y solidez financiera como para poder dar el paso y convertirse en jugador de clase mundial.

In Chile today there are around six thousand mining suppliers. Within this vast and heterogeneous sector, only a small number have management capabilities, financial solidity and technological absorption capacities in order to be able to give the step and become world class players.

a adquirir las capacidades de gestión y tecnológicas, que les permitan optar a ser jugadores de nivel mundial en sus rubros. Chile debe y puede seguir el camino recorrido por otros países ricos en recursos naturales, que hoy han logrado economías de alto crecimiento, diversificadas y con un fuerte componente de industrias intensivas en conocimiento, como es el caso de Finlandia, Australia y Canadá.

Otro actor que debiera ser protagonista de este proceso son las universidades y centros de investigación. La magnitud y complejidad de muchos de los desafíos que enfrenta la minería de hoy, requieren de investigación y ciencia y, luego, de su transferencia a la industria para su escalamiento e implementación.

Esta participación del sector generador de conocimiento también exige un cambio cultural por su parte, donde se eleve la importancia de la transferencia tecnológica entre sus actividades de docencia e investigación. Esta llamada “tercera misión” de las universidades, todavía necesita de un desarrollo y compromiso profundo, dado que históricamente las casas de estudio han privilegiado la ciencia por sobre la tecnología, porque Chile es un país en el que hasta ahora no ha habido un sector industrial de gran tamaño, que demande este tipo de soluciones.

Sin embargo, para que se produzca esta transferencia de tecnología y la ciencia baje a la industria, se requiere otro proceso, que es poco conocido en nuestras tierras: el que ocurre después de que se ha

In Chile today there are around six thousand mining suppliers. Within this vast and heterogeneous sector, only a small number have management capabilities, financial solidity and technological absorption capacities in order to be able to give the step and become world class players. This process of promoting the development of suppliers has been the focus of the so-called program of World Class suppliers, strongly supported in recent years by Fundación Chile. This process appears as a very promising way to advance in the creation of a whole new industry of technologically advanced suppliers; so that, at some point, they will reach a level that will allow them to generate their own developments, even independently of mining. If this happens, mining will be able to bequeath to the country an industry that will have a life of its own for when it finally declines and, eventually, ceases to be the engine of our economy.

This process requires new practices by the suppliers themselves, who need to look beyond the short

term and be willing to acquire the technological and management skills that will allow them to opt to be world-level players in their fields. Chile must and can follow the path taken by other countries that are rich in natural resources, which today have achieved diversified, high-growth economies, with a strong component of knowledge-intensive industries, such as the case of Finland, Australia and Canada.

Other players that should be a protagonist of this process are universities and research centers. The magnitude and complexity of many of the challenges faced by mining today require research and science, and subsequently transferring the results to the industry for their implementation and scaling.

This participation of the knowledge generating sector also requires a cultural change on its part, where increasing importance is given to technology transfer in addition to teaching and research activities. This so-called “third mission” of the universities, still needs development and a deep commitment, since historically

generado el diseño conceptual y el prototipo prueba de concepto, y se comienza a recorrer el largo camino para llevarlo hasta la solución a escala industrial en el cliente.

Este trayecto requiere otro tipo de actor, distinto de las universidades, del cliente demandante e incluso del propio proveedor que espera escalar la solución. Es un proceso que tiene sus propios rigores y exige la experiencia necesaria. Este será un nuevo tipo de actor que deberá aparecer en el incipiente ecosistema si se ha de lograr que las ideas y conceptos lleguen finalmente a convertirse en soluciones escalables industrialmente, robustas tecnológicamente y rentables comercialmente. La instalación de centros de transferencia, la aparición de proveedores avanzados con experiencia en transferencia y escalamiento, las consultoras expertas en estos procesos, deberán estar entre el tipo de actores que ha de surgir para completar este crítico paso.

UNA NUEVA MINERÍA, UN NUEVO CHILE

El repensar la minería del futuro implica repensar el Chile del futuro. Un Chile más participativo y abierto, que es capaz de sumar miradas diversas y colaborar, que genera una

narrativa nueva para su camino al desarrollo, que es audaz y está dispuesto a romper paradigmas, y que levanta la mirada por sobre los problemas de corto plazo y conduce sus decisiones con la vista puesta en las generaciones que han de venir.

La minería es una industria central para el futuro de Chile. Hasta hoy lo ha sido por su contribución en divisas e impuestos. Es el deseo de quienes trabajamos para ella, que hacia delante lo sea por su contribución a un nuevo Chile desarrollado, que dependa cada vez menos de sus recursos naturales y cuente cada vez con una mayor parte de su Producto Geográfico Bruto generado por industrias intensivas en conocimiento.

Así, mientras esta noble industria comience inevitablemente a apagarse, ojalá logre surgir en el país una nueva industria, construida sobre las raíces de la minería, de modo que esta, en lugar de dejar solo minas abandonadas y una herencia de pasivos ambientales, legue al país una economía basada en el conocimiento.

education organizations have privileged science over technology, because Chile is a country that to date has lacked a large industrial sector that requires this type of solutions.

Nevertheless, for this transfer of technology to occur and science to go down to the industry, another process is required, which is little known in our country: the process that occurs after the conceptual design and the proof of concept prototype has been generated, and the long way to take it to an industrial scale solution with the client, starts to be travelled.

This route requires a different type of player, other than universities, the complainant client and even the provider that expects to scale up the solution. It is a process that has its own rigors and requires having the necessary experience. This will be a new type of player that must appear in the emerging ecosystem if we are to ensure that ideas and concepts may finally become industrially scalable solutions, technologically robust and commercially profitable. The installation of transfer centers, the emergence of advanced providers with experience in transfer and scaling, and the consulting companies that are experts in this process, are some of the players that must emerge to complete this critical step.

A NEW MINING, A NEW CHILE

Rethinking the mining of the future implies rethinking the Chile of the future. A more participatory and open Chile, capable of adding various perspectives and collaborating to generate a new

narrative for its path to development. A bold country willing to break paradigms and to lift its gaze beyond short-term problems; and that makes its decisions with a view to the generations to come.

The mining industry is essential to the future of Chile. To the present today it has also been fundamental because of its contribution in terms of currency inflow and income from taxes. The people who work in mining today wish that it may contribute to a new, more developed Chile that depends increasingly less on its natural resources and that a greater proportion of its GDP may be generated by knowledge-intensive industries.

Thus, while this noble industry inevitably begins to shut down, a new industry will hopefully arise in Chile, an industry built on the roots of mining, so that mining, instead of leaving only abandoned mines and a legacy of environmental liabilities, it may endow the country with the best of legacies: a knowledge-based economy.



Ex campamento minero Sewel.
VI Región. Chile

