



## Robótica en minería

# Desarrollos en Chile

- » Se trata de una tendencia que poco a poco va tomando espacio en los procesos de la industria minera y que ya ha mostrado positivos resultados.
- » Diversas universidades y centros de cooperación científicos se encuentran realizando investigaciones para mejorar el avance de esta área en el sector.
- » Si bien la aplicación de estas tecnologías conlleva una importante inversión, sus resultados compensarían el gasto, con un fortalecimiento de la seguridad, el bienestar del recurso humano y la optimización de la producción.



Fabiola García S.  
PERIODISTA CONSTRUCCIÓN MINERA



**Toma de muestra maxisacos de molibdeno. El muestreo en los maxisacos demora 60 segundos por unidad. Para cada maxisaco el robot lo identifica, posiciona, toma los incrementos de acuerdo al programa y los deposita en un contenedor. Un operador abre los maxisacos y repone los contenedores.**



**Quemado y taponeo de pasajes en hornos de fusión. El robot abre el canal de descarga de escoria mediante quemado o punzonado, toma la muestra en caliente y taponea el agujero de descarga. Luego el robot toma una herramienta de muestreo, toma un ejemplar y lo deposita en un contenedor. Así, evita que una persona se exponga a esta labor peligrosa a una temperatura superior a los 1.200 grados Celsius.**

**L**O QUE SE VEÍA LEJANO y perteneciente, hace pocos años, a la ciencia ficción, hoy pareciera ser una realidad. La robótica se hace cada vez más presente en la minería y su desarrollo crece en forma exponencial. Y es que la preocupación por la salud, integridad y seguridad de los trabajadores, sumado a que su presencia en el proceso minero incrementa las tasas de productividad, ha decantado en que la industria fije los ojos en la tecnología y las soluciones que ofrece. Investigación y desarrollo que hoy es realizada por manos chilenas.

De muestra un botón. El despegue de cátodos y la toma de muestras de material a granel, actualmente se está implementando en las compañías mineras que operan en el país y una de las empresas que está facilitando este servicio gracias a sus avances tecnológicos es la compañía nacional Mining Industry Robotic Solutions, MIRS.

También el empleo de visión artificial y reconocimiento de patrones es empleado por la empresa APLIK. En tanto, diversas casas de estudios están generando investigación y desarrollo en este campo a un costo competitivo, como es el caso de la Universidad de los Andes gracias al trabajo de Pablo Zegers, profesor de inteligencia artificial y director del Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas; como la Universidad Técnica Federico Santa María (USM) por medio del Centro de Automatización y Supervisión para la Industria Minera, CASIM; o como la

Universidad de Chile a través del Advanced Mining Technology Center, AMTC, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Y otras que, incluso, que imparten los estudios específicos como la Universidad Andrés Bello con su carrera ingeniería en automatización y robótica.

Los caminos están y también las soluciones. MIRS, apoyado por InnoChile de CORFO con la Ley Incentivo I+D, ha instalado sus productos en Radomiro Tomic con su "Manipulador de placas base en electro obtención"; en El Abra con su "Manipulador de placas base y cátodos rechazados"; en Chuquicamata con la "Apertura y cierre de pasaje de escoria horno flash"; en Molymet con la "Toma de muestras de concentrado de molibdeno"; en Mantos Blancos con la "Despegadora de cátodos"; en Asarco y Ventanas con la "Despegadora de láminas iniciales, entre otras operaciones.

Además se encuentra desarrollando tres proyectos clúster con Codelco y BHP Billiton, uno de ellos es Switchgear para Minera Escondida, que destaca por ser un robot cien por cien chileno en fase piloto que reemplaza al operador de la central eléctrica de la minera, con lo que evitaría el riesgo de arco eléctrico. De este modo, el operador no se sometería a un trabajo de alto riesgo con resultado de muerte. Si bien son accidentes que, según la industria ocurren a una persona cada dos o tres años, es fundamental evitarlos. Para llevar a cero el riesgo, este robot haría el trabajo.



**Manejo de cátodos en electro obtención, Radomiro Tomic. Corresponde a una solución robótica equipada con un gripper para levantar, mover y dejar los diferentes cátodos en su área de trabajo. Sus sensores y sistema de comunicación permiten que pueda trabajar con diversas máquinas despegadoras automáticas. También evita los espacios vacíos en la siembra de placas bases.**



**Laboratorio para el desarrollo de pruebas de los brazos robóticos. MIRS ha registrado cerca de 26 solicitudes de patentes internacionales de modelo de utilidad y de invención en mercados exigentes como el norteamericano.**

## EFICIENCIA Y SEGURIDAD

Si bien el desarrollo de estas tecnologías implica importantes costos asociados, los resultados compensarían los esfuerzos y no solo en lo monetario, sino que también por las ventajas que se les asocia. Desde MIRS comentan que con ello se retira a personas donde hay riesgos de accidentes o de ambientes de trabajo inadecuados por carga suspendida, ruido excesivo, vibraciones, exposición a partículas, gases tóxicos y riesgo de atrapamiento o explosión, entre otros. Además, con la robótica se reducirían los costos operacionales, optimizando la seguridad del proceso y poniendo fin al ausentismo de la producción gracias a la continuidad operacional, y su funcionamiento 24 horas, siete días a la semana. Estos serían trabajos no aptos para el ser humano, porque implicarían un sobreesfuerzo, pero como no existen máquinas para ello, solo queda que el hombre lo haga. Ejemplo de esto, es la observación durante horas de una correa transportadora a una velocidad cercana a 3 metros por segundo, para que no pase ningún otro material que el mineral que debe ser transportado. Para evitar la evidente fatiga ocular de esta labor, la solución tecnológica permitiría ejecutarla con menos riesgo y con mayor facilidad de administración.

## SOLUCIONES MADE IN CHILE

En MIRS trabajan con tecnología robótica Kuka (brazos robóticos) y programación punto por punto por PLC. Esto es, por controladores lógicos programables (PLC, por sus siglas en inglés), vale decir, por computadores especializados en automatización industrial.

Otro de sus desarrollos es el muestreo de concentrados

de cobre en camiones. Si bien un trabajador debe subirse al camión y sacar de 20 a 25 tiros de pala por camión con un análisis de 80 camiones diarios en la gran minería, la tecnología robótica de MIRS haría este trabajo sin personal, con una velocidad de 8 minutos por camión y 16 muestras escalable a mayor rendimiento.

También está la lavadora de camiones de mina, esta máquina puede operar 24 horas incluso en la alta cordillera, lava en 70-90 minutos, puede operar en telemando o por modalidad programada. Evita que las personas se mojen en un lugar frío y sucio. Además, la máquina que pule y guillotina placas posee visión artificial. Este aparato tiene una capacidad de pulido de 24 placas por hora (por ambos lados) para maximizar la vida útil de las placas.

Tecnología que MIRS también está comercializando en el extranjero. Este año, indican, comenzaron a exportar la máquina despegadora de láminas iniciales a la Refinería Asarco, de Grupo México. La máquina despegadora de láminas iniciales tiene un rendimiento de 600 láminas por hora, incorpora un manipulador que evita la deformación de las láminas, mejora la seguridad y evita que los operadores realicen este trabajo pesado y riesgoso para su salud.

En tanto, desde la Universidad Técnica Federico Santa María, el académico del Departamento de Electrónica e investigador del CASIM, Jorge Pontt, comenta los proyectos de automatización minera actuales, que, según explica, se potencian con la formación de capital humano en laboratorios con tecnología avanzada como lo es el Centro Integrado de Manufactura y Automatización, CIMA, con robots industriales y celdas flexibles para la ingeniería electrónica, industrial, mecánica y ramas afines de la ingeniería.



**Laboratorio de Centro Integrado de Manufactura y Automatización, CIMA-UTFSM. Da servicios para la formación de capital humano en carreras de ingeniería electrónica, industrial, mecánica y ramas afines de la ingeniería.**

» Proyecto Fondef que explora las configuraciones, aplicaciones de ondas cortas para la eficiencia de la molienda.

» Proyecto clúster minero de mejoramiento del monitoreo y control de variables en molinos SAG para eficiencia de molienda, eficiencia energética y uso racional de medios de molienda.

» Flotación. Proyecto Fondecyt para el desarrollo de metodologías de medición, diagnóstico y diseño de celdas de flotación gigantes.

» Smart Grids (redes eléctricas inteligentes). Proyecto Fondecyt para desarrollo de métodos de medición, detección, monitoreo y control de convertidores de potencia que alimentan molinos SAG de alta potencia y sistemas convertidores de potencia para el control dinámico de la calidad de energía en redes industriales, para la eficiencia, confiabilidad y operación automática de estos equipos, por ejemplo con interfaces inteligentes de conexión con cogeneración ERNC y manejo inteligente de contingencias y fallas, favoreciendo la aplicabilidad de "navegación con piloto automático" de sistemas complejos de alta productividad.

» Trabajos en robótica, automatización y telecomunicaciones, con desarrollo en modelado, simulación, control e instrumentación mediante tecnología de visión, manipulación robotizada de materiales integrada a sistemas de visión por computador y sensores de distancia láser, control basado en modelos aplicado a robótica móvil, detección de proximidad y evaluación de volúmenes, incluyendo la robotización de manufactura de equipos mineros como la fabricación de tolvas para camiones mineros, entre otros, detalla el profesor Manuel Olivares perteneciente a la misma entidad.

## El robot Switchgear de MIRS —desarrollado como proyecto clúster para Minera Escondida— saca al operador de la central eléctrica de la minera y lleva a cabo el trabajo peligroso. Con ello se evitan accidentes por arco eléctrico.

Además, la reciente creación del Grupo de Robótica Autónoma e Industrial (GRAI) en la USM, dirigido por el profesor Fernando Auat Cheein, se especializa en la biorrobótica y rehabilitación, interfaces hombre-máquina e interacción humano-robot, reuniendo a un equipo multidisciplinario de académicos e investigadores que buscan contribuir a la transferencia tecnológica y al desarrollo de nuevos conocimientos en este campo. En este contexto, y a través de un proyecto Fondecyt, el GRAI está estudiando actualmente la interacción rueda-terreno para vehículos de procesos productivos (tanto mineros como agrarios).

La universidad también posee el Centro de Robótica estudiantil del Departamento de Electrónica, que desarrolla variados robots y organiza cursos, seminarios y competencias con presencia nacional e internacional, destacando la gestión, el trabajo creativo y autónomo de estudiantes, señalan.

Asimismo, desde la entidad indican que el programa de Diploma en Nuevas Tecnologías en el Sector Minero desarrollado por CASIM y el Centro de Extensión del Departamento de Informática de la USM, incorpora las temáticas de tecnologías de automatización, robótica e innovaciones tecnológicas para impulsar las aplicaciones y desarrollos en la minería.

Desde la Universidad de los Andes, el profesor Pablo Zegers indica que están desarrollando sistemas de visión artificial que permitan identificar y medir objetos. Esto, ejemplifica, podría ser utilizado en la clasificación de cátodos de cobre, para separarlos según su calidad o también en el seguimiento de personas para el control de áreas en la faena. "Estamos desarrollando teoría y algoritmos que funcionan para todo tipo de cosas y estos procesos industriales que tienen baja cantidad de objetos", comenta.

El problema que están resolviendo es la cantidad de objetos y eventos que dificulta la discriminación que la inteligencia artificial del robot debe efectuar. Para explicar lo anterior, el profesor dio el ejemplo de las aplicaciones de celular que desbloqueaban el aparato por reconocimiento facial. Éstos han ido perfeccionando, pero se dieron cuenta que es más fácil que la inteligencia artificial reconozca un ojo, una nariz o un labio, que el rostro completo.

Son algunos avances que se realizan en el sector. Todos, apuntan a un mayor desarrollo de la industria, donde la productividad y la seguridad son sus ejes principales. El futuro es ahora. //