



DESCUBRA LOS AVANCES EN MINERÍA MASIVA AUTÓNOMA

Desbloqueo de recursos críticos a través de la minería masiva totalmente autónoma.

Sandvik Mining and Rock Solutions está ensamblando una pila de tecnologías que permitirán total autonomía, desde la planificación hasta la ejecución, para las operaciones de minería masiva subterránea. A continuación le contamos cómo....

Cuando la mayoría de la gente piensa en operaciones autónomas de explotación subterránea, por lo general es desde una perspectiva de equipos o sistemas, es decir, un área de una mina – generalmente en un entorno de producción – que funciona sin la presencia física de seres humanos. Las operaciones como estas han sido posibles por algún tiempo y se clasificarían como nivel tres ‘autónomas condicionalmente’ en el Modelo de madurez de automatización minera de GMG. Sin embargo, para que una operación sea clasificada como “altamente” o “totalmente” autónoma (nivel cuatro o cinco según lo definido por el GMG) se exige que una operación funcione, excluyendo al personal y su toma de decisiones.

Los sistemas con esta capacidad también son clasificados como nivel seis ‘altamente automatizados’ de conformidad con el modelo de madurez de GMG para los sistemas de control de intervalos cortos (SIC por sus siglas en inglés) (consulte la figura 1). Estas tecnologías permiten que un coordinador centralizado optimice el equipo y las actividades según las funciones, como el mantenimiento, la planificación minera y la logística, lo que ofrece mejoras en la precisión, la eficacia y la velocidad de la coordinación de actividades en toda la operación.

Para la mayoría de las minas, las operaciones y los sistemas como estos aún son una ilusión. No obstante, para las operaciones de minería masiva, como los hundimientos por bloques y paneles, la producción totalmente autónoma es una posibilidad tangible hoy en día, ya existen tecnologías que pueden entregar ventajas significativas, y cuando se reúnen las soluciones y los proveedores adecuados, se pueden conseguir esas ventajas.

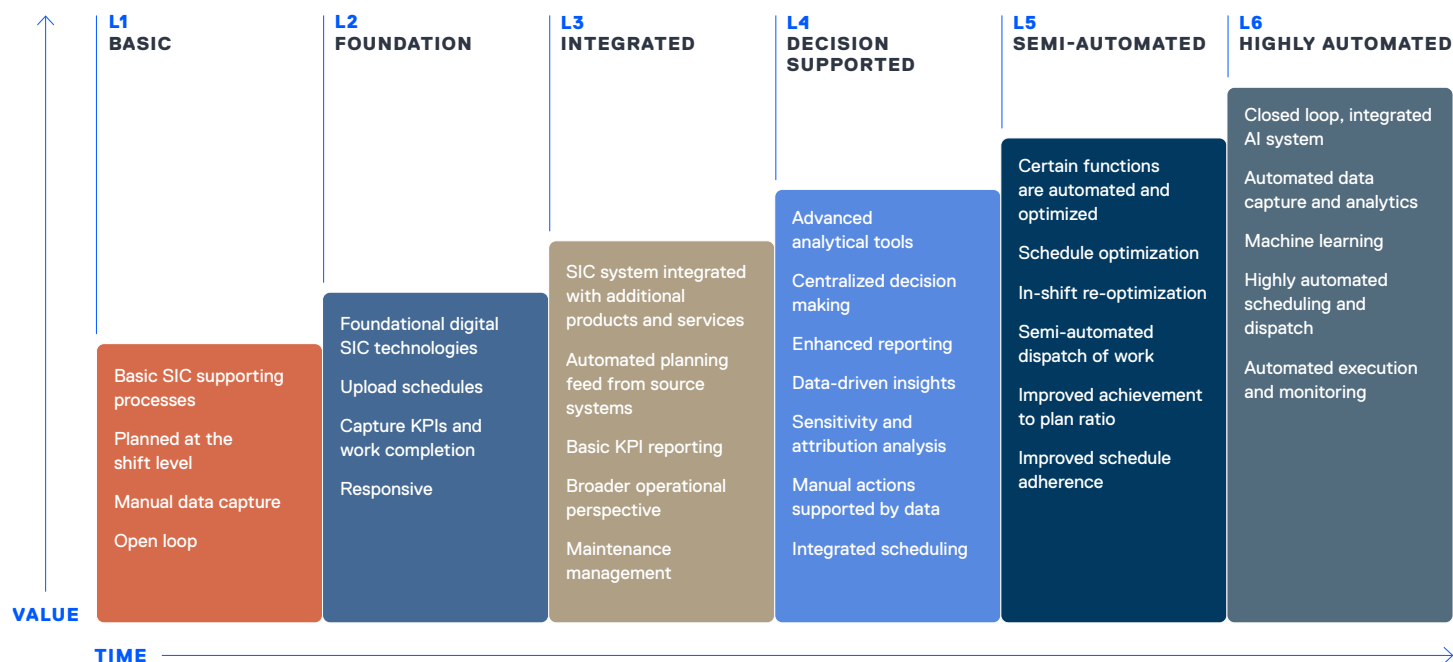


Figura 1: Niveles de madurez del sistema de control de intervalos cortos de GMG. Fuente: GMG

LA EXPLOTACIÓN CONTINUA SE ADAPTA A LA AUTONOMÍA TOTAL

Los hundimientos por bloques son generalmente activos duraderos a gran escala. La alta velocidad, el alto volumen y la naturaleza repetitiva de las actividades de producción (por ejemplo, la carga en puntos de extracción y el transporte por rampas con camiones) implican que se prestan bien a una operación altamente o totalmente autónoma, al igual que la huella operativa relativamente estable (aunque esto se desarrollará y ampliará con el tiempo). Esta estabilidad implica que un sistema de producción autónomo se puede configurar y ajustar para un rendimiento óptimo, así como para la integración con otros sistemas y funciones mineros, por ejemplo, la planificación y la programación.

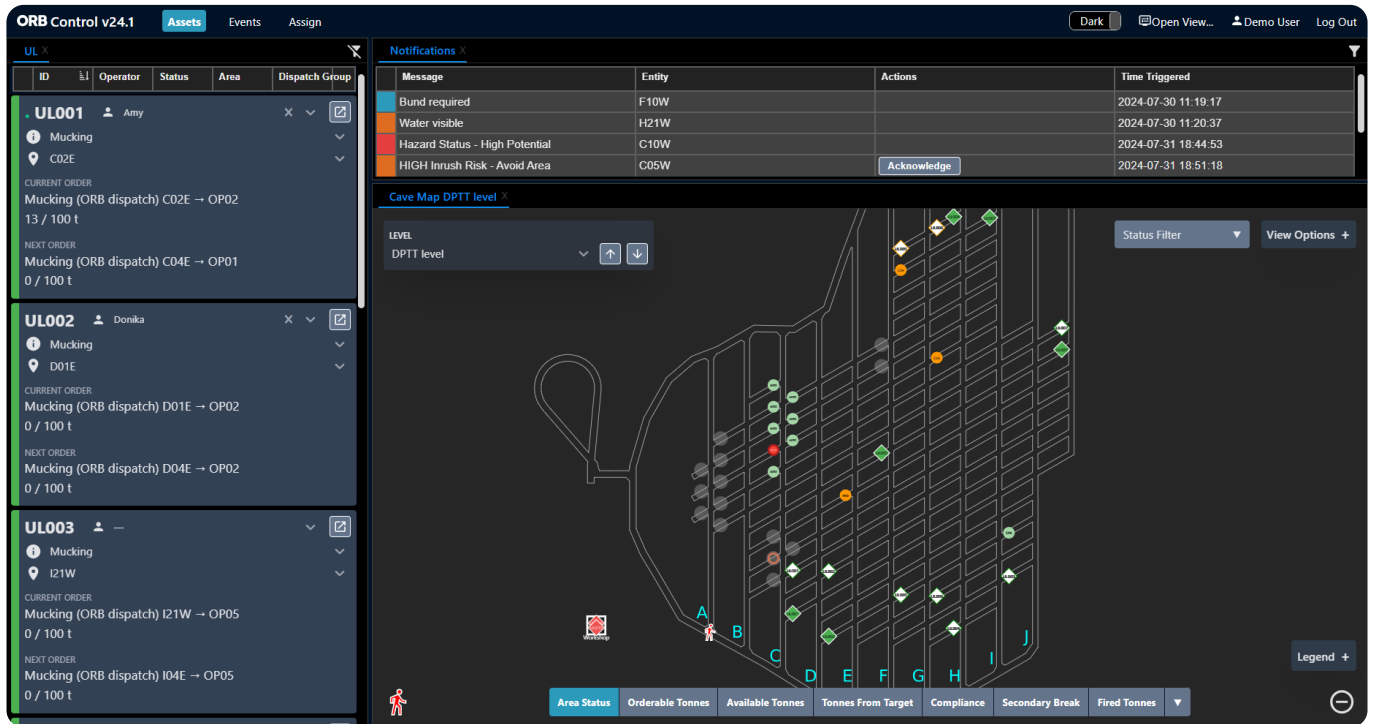
En la práctica, un sistema como este podría abarcar una flota de cargadores y camiones autónomos que se despachan dinámicamente a distintos puntos de extracción y piques de traspaso de mineral según del estado del hundimiento en tiempo real y su cumplimiento con el plan de la mina. Podría incluir también equipos auxiliares, como rociadores de agua que funcionen de manera autónoma cuando los niveles de polvo excedan un determinado umbral, o rompedores que intervengan cuando se detecte material de gran tamaño en un punto de extracción.

En comparación, las operaciones que utilizan métodos de extracción, como explotación por subniveles, tienden a ser más dinámicas y, como tales, cuando se introduce la autonomía, es probable que se concentren en un área más pequeña de la operación con miras a una configuración rápida y coherencia operativa. Un recorrido de camiones es un buen ejemplo: Los camiones autónomos se trasladan entre los cargadores y los piques de traspaso de mineral, en una ruta predefinida con supervisión humana.

TY Osborne, director interino de línea de productos y proyectos de automatización global de la unidad de negocios de automatización de Sandvik Mining and Rock Solutions, explicó: “Las distintas minas utilizan métodos diferentes de extracción, y se adaptan a distintos niveles de autonomía. Actualmente, solo un puñado de minas aprovechan los sistemas altamente o totalmente autónomos. No obstante, estamos viendo crecer el interés en estas tecnologías”.

“Uno de nuestros primeros casos de uso para una autonomía total en un entorno minero masivo fue en una mina de hundimiento por bloques de los clientes en Nueva Gales del Sur, Australia. Eso se presentó hace unos 10 o 15 años y, a menudo, cuando les mostrábamos a los clientes potenciales lo que se había logrado ahí, nos respondían “eso es genial, pero no funcionará en mi mina”. En ese momento, la industria no estaba bajo las mismas

presiones en términos de escasez de talento y productividad. A medida que llega una nueva generación de líderes y trabajadores, estamos viendo un cambio de mentalidad. La gente ahora se pregunta: “¿cómo podemos hacer que estos sistemas funcionen para nosotros?” Eso realmente es alentador”.



Ejemplo de la aplicación de salas de control ORB para monitorear el nivel de producción de un hundimiento por bloques

CREAR SISTEMAS DE PRODUCCIÓN TOTALMENTE AUTÓNOMOS

La minería totalmente autónoma requiere de hardware (camiones y cargadores autónomos), así como de software, y comunicación y red confiables. Por ejemplo, la oferta de AutoMine® Core de Sandvik es una plataforma de autonomía holística que entrega varios niveles de interoperabilidad para las flotas de Sandvik y de terceros. Los módulos clave incluyen Fleet y Manual Production Monitoring (MPM) de AutoMine®, y el sistema de control de acceso (ACS) de AutoMine® que supervisa la seguridad funcional. El sistema de gestión de tráfico de AutoMine® organiza los movimientos de la flota, y la integración con los controles SCADA permite la comunicación bidireccional con otros equipos y sistemas de minería, como la iluminación y los rociadores de agua.

“AutoMine® fue uno de los primeros sistemas autónomos para minas subterráneas, aunque ahora también se puede aplicar en operaciones de superficie”, señaló Osborne. “Originalmente fue desarrollado para automatizar la flota de camiones en la mina en Sudáfrica, y hemos seguido construyendo sobre la plataforma desde entonces”.

Una de las últimas características que es fundamentales para la minería masiva totalmente autónoma es la Zona de seguridad flexible. Esto permite que los equipos autónomos de minería funcionen de manera continua dentro del área automatizada, a la vez que permite intersecciones con equipos manuales, lo que posibilita que los equipos manuales pasen por rutas de equipos automatizados y compartan puntos de descarga o carga. AutoLoad 2.0 fue presentado en junio del 2023. Esto permite a los operadores les «enseñen» a los cargadores los distintos perfiles de carga para cada punto de extracción, lo que elimina la necesidad de que ayuden en la carga del cucharón durante extracción de marinas. AutoLoad esencialmente cierra el recorrido en los ciclos de producción autónomos, lo que significa que un operador ahora puede operar cinco o seis máquinas simultáneamente.

AutoMine® ha implementado más de 20 operaciones mineras masivas en todo el mundo, y más de 100 operaciones en total. La operación Northparkes de Evolution Mining, una mina de cobre y oro, ha estado explotando el hundimiento E48 desde el 2010 mediante cargadores eléctricos. La mina produce 6 Mt/año con AutoMine® y ha observado mejoras significativas en sus costos operativos desde la implementación del sistema. Una antigua mina en Nueva Gales del Sur (NSW), Australia, utiliza la solución MPM de Sandvik que forma parte de la plataforma AutoMine® Core.

“En esta mina, AutoMine® está integrado con el software de apoyo a la toma de decisiones basado en la optimización, ORB de Polymathian”, señaló Osborne. “Los sistemas funcionan en una flota de máquinas tripuladas de la competencia. AutoMine® realiza un seguimiento de alta precisión de los vehículos y los materiales, e informa sobre los ciclos reales. A continuación, ORB utiliza esos datos para entender el estado del hundimiento, actualizar el plano del hundimiento y entregar nuevas órdenes de despacho a los operadores”.

AutoMine® recientemente logró un hito de seguridad de más de siete millones de horas de trabajo sin tiempo perdido por lesiones (LTI) en todo el mundo. Osborne recalcó que este éxito se puede atribuir en parte a los servicios integrales de ciclo de vida que Sandvik proporciona para esto.

“No solo agregamos valor a las operaciones gracias a las implementaciones de sistemas, sino que también a la fuerza laboral al desarrollar su experiencia y confianza en torno a sistemas autónomos”, señaló. “La gestión del cambio y la mejora de las capacidades son una parte importante de las implementaciones exitosas de autonomía. Garantiza que cuando el sistema se ponga en marcha no haya pérdidas de producción”.

LA TOMA DE DECISIONES AUTOMATIZADA ELEVA LA AUTONOMÍA

En febrero del 2023, Sandvik concluyó la adquisición del especialista en matemáticas industriales, Polymathian. La empresa ahora forma parte de Deswik, cuyo paquete integrado de soluciones de software integradas permite la planificación, la programación y la ejecución efectivas de las operaciones de minería masiva, a la vez que desbloquea niveles más altos de autonomía mediante la toma de decisiones automatizada y optimizada.

Sandvik Automine® Core



Steven Donaldson, Director Técnico de ORB, explica: “La toma de decisiones automatizada permite un cambio en la manera en que funcionan las minas, ya que elimina la necesidad de tomar decisiones humanas en funciones como la planificación, la programación y el envío. Cuando se combina con los algoritmos de optimización, permite generar el mejor plan o programa posibles según los objetivos y las restricciones de la mina. La toma de decisiones automatizada se puede aplicar a flotas operadas manualmente, así como a flotas autónomas, pero unir las con la autonomía puede generar ganancias impresionantes en el rendimiento del hundimiento y la utilización de flotas”.

Agregó que esta capacidad es exclusiva de los sistemas SIC de nivel seis, según lo definido en el modelo de madurez de GMG. En el momento de escribir este artículo, Sandvik era el único proveedor cuyas tecnologías proporcionan esto.

ORB fue desarrollado en el 2013 por Polymathian con el fin de ayudar a la minería de cobre y oro en Australia a resolver los cuellos de botella en la programación. En ese caso, la productividad de la explotación por hundimiento estaba limitada por el rendimiento de los cargadores de la operación.

“El equipo de la mina ya había utilizado un sistema de despacho dinámico en su operación de superficie y estaba buscando una solución similar para ayudar a la productividad subterránea”, explicó Donaldson. “Es un problema muy diferente, pero realizamos análisis para entender exactamente qué estaba deteniendo la productividad y creamos un algoritmo de optimización que utiliza datos en tiempo real para tomar decisiones respecto de la programación con el fin de aliviar el cuello de botella y reducir al mínimo el tiempo de inactividad.

“El sistema está integrado con la herramienta MPM de AutoMine® Core para recopilar datos de alta calidad sobre los movimientos de flotas y materiales, y eso implicó que también podríamos optimizar el cumplimiento con el plan de mina. En general, la mina observó un aumento del 20 % en la productividad y desde entonces se ha utilizado el sistema junto a los cargadores autónomos”.

Después de ese éxito, ORB se implementó en la mina de diamantes Argyle de Río Tinto en Australia Occidental, que tenía problemas de convergencia y marinas húmedas. Allí, el problema no solo se trataba de optimizar el rendimiento, sino de garantizar que se extrajera el material adecuado en el momento adecuado para ofrecer una mezcla que mantuviera el chancador primario en funcionamiento. La mina experimentó una mejora del 7 % en el tonelaje en los cambios de turno. Desde entonces, ORB también se ha implementado en diversos lugares en todo el mundo, incluida la mina de cobre y oro Oyu Tolgoi de Río Tinto en Mongolia, donde se utiliza junto con AutoMine® para el despacho totalmente autónomo y la gestión de la extracción por hundimiento. Desde su creación, ORB ha recibido una serie de actualizaciones y se han ampliado sus aplicaciones para abarcar la explotación por hundimiento de subnivel y otros métodos de explotación, así como capacidades de mezcla de hundimiento. La herramienta puede agregar valor de tres maneras: Mejoramiento del cumplimiento, mejoramiento del rendimiento y mediante la captura de datos y el monitoreo de hundimientos; cada una se puede realizar de manera independiente o se pueden ejecutar simultáneamente para obtener un mayor valor.

Permitir operaciones de explotación por hundimiento futuras

“ORB y AutoMine® ya se utilizan en tándem”, señaló Donaldson. “Esa es una integración de instalación inmediata, y hay varios beneficios. Por ejemplo, ORB puede proporcionar despachos automatizados en un entorno de producción para equipos autónomos. También se pueden extraer los datos de los equipos Sandvik y ser llevados a ORB a través de AutoMine® para fines de generación de informes”.



El futuro de la minería de Block y Panel Caving es autónomo.

Con el tiempo, estas integraciones se ampliarán para abarcar otras soluciones y tecnologías de la cartera de Sandvik líderes en la industria. Por ejemplo, Deswik.OPS, que es una herramienta colaborativa de planificación a corto plazo y de ejecución de turnos para monitorear y gestionar el cumplimiento utilizado por minas como Oyu Tolgoi, podría integrarse con AutoMine® y ORB para gestionar dinámicamente la ejecución y el desarrollo de hundimientos.

Por ejemplo, la vinculación de estos sistemas con la aplicación OPS Operator ofrecería una captura automatizada de datos de producción, así como información sobre el estado de la máquina, el operador y la ubicación. Esto permitiría volver a planificar con alta eficacia en todas las partes de las operaciones de hundimiento, no solo en la producción. Además, aunque son igualmente importantes, también se podrían agregar soluciones de planificación del desarrollo minero, como Deswik.Spatial, Deswik.Planning y Deswik.Caving.

Los expertos de Sandvik AutoMine® también están trabajando para combinar los sistemas con otras soluciones digitales independientes de Sandvik desde Newtrax, una línea de productos dentro de la unidad de negocios Automatización de la división Tecnologías digitales para minería. Newtrax se especializa en proporcionar soluciones de seguridad y productividad independientes para minas subterráneas, lo que incluye el seguimiento del personal y los vehículos, detección de proximidad, y estado y productividad de las máquinas. Estas pueden beneficiar a las minas masivas autónomas de varias maneras. Por ejemplo, mediante el seguimiento de las personas y los vehículos fuera de las áreas de producción autónomas con el fin de mejorar las decisiones en tiempo real sobre los problemas que surjan, por ejemplo, si se avería una máquina autónoma y los técnicos desean desplegar el equipo de servicio más cercano para que la máquina vuelva a funcionar rápidamente. También se está desarrollando el nuevo Sistema anticolisión con capacidad para intervenir en los vehículos para que se integre totalmente con AutoMine® a fin de permitir una operación segura y productiva entre los vehículos autónomos y los peatones.

Otra ocurrencia común en las operaciones de hundimiento son las colgadas, materiales de gran tamaño que bloquean una unidad o punto de extracción que se deben romper o volar antes de que continúe la producción. Mediante la integración de las tecnologías Newtrax con AutoMine® y ORB, se podría identificar rápidamente el rompedor más cercano y enviar de forma autónoma para resolver el problema.

“La integración de la pila completa de tecnologías de Sandvik podría generar algunas posibilidades realmente emocionantes en cuanto a la autonomía”, dijo Osborne. “Por ejemplo, aprovechar las tecnologías, como las de Deswik y Newtrax, podría ayudar a crear entornos controlados de tráfico mixto.

“Aunque Sandvik es el líder en autonomía subterránea para la minería masiva, nos damos cuenta de que probablemente no somos el único proveedor que trabaja en hundimientos por bloques. Nuestro objetivo es crear una plataforma de minería interoperable y totalmente autónoma con optimización de extremo a extremo, desde la planificación hasta el despacho y la ejecución. Gracias a esa visión, estamos sentando las bases para los próximos 20 o 30 años de producción segura y sostenible de minerales y metales”.

Donaldson concuerda: “Los hundimientos que se están desarrollando hoy en día son más calientes, profundos y geotécnicamente más desafiantes que nunca. La autonomía total es lo que hará que esas operaciones sean factibles, no solo desde una perspectiva de seguridad y productividad, sino también desde el punto de vista financiero. En ese sentido, estas son tecnologías instrumentales”.

Sistema anticolidión de
NEWTRAX. Fuente: NEWTRAX



Conversemos sobre nuestras
soluciones de control de
intervalos cortos.

PROGRAME UNA DEMO