

## **Minería 4.0, un sector en plena evolución**

*La minería, una actividad antigua y de fuerte perfil tradicional, ha vivido en cien años los mayores cambios de su historia, sobre todo en materia de eficiencia y seguridad. Esta transformación se ha culminado en los últimos años, cuando las tecnologías vinculadas a la Industria 4.0 han comenzado a implantarse en el sector. La Automatización, la Inteligencia Artificial o el uso de drones son solo algunos ejemplos en el avance hacia una nueva Minería 4.0 que aspira a una explotación sostenible, segura y productiva.*

Durante mucho tiempo ha sido considerado como un sector tradicional, pero su carácter rudimentario no le ha impedido crecer tecnológicamente, especialmente en los últimos años, en los que la inversión en I+D, tecnología y capital humano han marcado fuertemente sus progresos. Se puede resumir en cuatro los grandes elementos que han condicionado la evolución de la minería en las últimas décadas: la mejora en la seguridad, el incremento en la productividad, el cuidado del medio ambiente y el uso más eficiente de los recursos. Estos factores confluyen en el objetivo de trabajar en pro de una minería cada vez más sostenible, mejor percibida e integrada en la sociedad y que, además, no deja de perseguir nuevas mejoras.

Ángel Cámara Rascón, Doctor Ingeniero de Minas y Catedrático del Departamento de Energía y Combustibles de la Escuela Técnica Superior de Minas y Energía de la UPM, asegura que “la nueva minería está inmersa en la búsqueda continua de soluciones para desarrollar yacimientos cada vez más complejos, profundos y con leyes de mineral más bajas”. Asegura el experto que la mayoría de los procesos serán automatizados o remotos, “con menores consumos energéticos e hídricos, con un impacto ambiental cada vez menor y con una utilización progresiva de energías limpias”, mediante equipos accionados por baterías eléctricas y con todos sus procesos optimizados o el análisis de datos obtenidos y transmitidos en tiempo real con términos sinónimos para la gran mayoría de las instalaciones industriales (tales como, *Smart Factory*, *Digital Factory*, *Conected Factory*, etc).

Queda patente que el sector se encuentra en plena evolución, pero siempre hay obstáculos. Posiblemente la mayor resistencia al desarrollo tecnológico se basa en que las necesidades relativas al capital humano en esta nueva minería son diferentes a las de la tradicional. El perfil del “nuevo minero” debe progresar hacia conocimientos de automatización, digitalización e interoperabilidad, entre otros. Además, hay otros desafíos que afrontar.

### **Un escenario complejo**

Como analiza Cámara Rascón, en las últimas décadas, “el sector minero se ha caracterizado por llevar a cabo su actividad en unos escenarios cada vez más desfavorables. Con carácter general, se puede afirmar que se están produciendo los siguientes fenómenos: agotamiento de las

reservas de yacimientos superficiales, descenso paulatino de las leyes, bajada de las productividades en yacimientos que llevan tiempo en explotación, incremento de los costes de mano de obra, y dificultades de acceso a nuevos depósitos por cuestiones medioambientales”.

En España, la presión social y las exigencias medioambientales son muy elevadas, por lo que se está recurriendo a nuevos modelos como el de “explotaciones de bajo impacto ambiental”, habiéndose propuesto otras técnicas para desarrollar la actividad extractiva de acuerdo con estos nuevos estándares como son “Minería verde” o “Minería sostenible”. “La minería es actualmente un sector completamente innovador, y totalmente imaginativo a la hora de buscar soluciones técnicas”, asevera el experto.

### **Principales actores y tecnologías punteras**

Para alcanzar un verdadero desarrollo tecnológico del sector e impulsar la ‘Minería 4.0’ será necesario un esfuerzo coordinado por parte de tres actores: las empresas mineras, las Universidades y los profesionales dedicados a la investigación. Según Cámara Rascón, “las líneas de investigación se están desarrollando a lo largo de toda la cadena de valor de la actividad minera, desde la fase de exploración, hasta la comercialización del producto, pasando por la explotación, la concentración, y el refinado de los metales”.

Y añade que “cada subetapa de esta cadena es susceptible de ser objeto de un proceso de mejora continua y de la aplicación de tecnologías innovadoras para hacer dicha etapa más segura, más eficiente y, en definitiva, más sostenible. En las minas del futuro se utilizará todo un conjunto de tecnologías que permitirá alcanzar los objetivos de productividad, seguridad y economía”.

Un aspecto relevante de la minería, común a diferentes recursos minerales que hoy día se explotan, es el de la localización física de los yacimientos, ya que estos se encuentran allí donde la naturaleza, de manera caprichosa o aleatoria, ha encontrado las condiciones adecuadas para su formación.

Las necesidades relativas al capital humano en esta nueva minería son diferentes a las de la tradicional. El perfil del “nuevo minero” debe progresar hacia conocimientos de automatización, digitalización e interoperabilidad.

En este contexto, las tecnologías para la automatización, la digitalización, la conectividad y el análisis de datos van a jugar un papel fundamental en el nuevo modelo. Todas las tecnologías que conllevan los nuevos procesos de digitalización: la exploración e investigación, la distribución dinámica de la maquinaria, la topografía minera, el uso del control a distancia, la automatización de procesos, los estudios de Big Data, etc. están permitiendo una actividad impensable hace unos años. “Si tomamos como ejemplo la situación concreta de la actual pandemia, algunas minas dotadas de operación remota o autónoma de los equipos mineros han podido continuar su labor prácticamente al 100% de su capacidad, con los supervisores controlando la operación desde sus casas o desde una sala de control, minimizando así su exposición a los contagios, en una situación inmejorable de trabajo remoto” detalla el catedrático.

Actualmente, existen varios paquetes de *software* en el mercado que facilitan la creación de modelos numéricos que, a lo largo de la vida de la mina, se deberán ir actualizando y modificando mediante la incorporación de los datos que se vayan adquiriendo, tanto de tipo geológico como económico, por ejemplo, una variación en el precio de venta o cotización de un producto mineral determinado. A partir de esos primeros modelos, que permitirán conocer todos los recursos geológicos existentes, se efectúa el diseño del hueco minero, pasando a continuación a evaluar las denominadas reservas económicamente explotables.

Las tecnologías que más ayudarán a conseguir una verdadera 'Minería 4.0' son, como atestigua Cámara Rascón, "la automatización y la robótica, la inteligencia artificial, Internet de las Cosas, sensores especialmente diseñados para este sector, el uso de drones, gemelos digitales y realidad virtual y, además, el aprovechamiento de los huecos mineros para almacenamiento y transmisión de energía".

Aunque en todas las capas del negocio minero se aprecia la evolución tecnológica, Cámara Rascón afirma que "probablemente la de la extracción de mineral, entendida como perforación, voladura, carga y transporte, ofrece los mayores potenciales de mejora, mediante la innovación de la eficiencia y la productividad. Es una evolución que no cesa, y cada día surgen nuevas aplicaciones y mejoras. Tomando como referencia los avances de la digitalización y recordando algunas de las fases principales de desarrollo de un proyecto minero, la digitalización debe abarcar desde la exploración y prospección hasta la fase de comercialización de los minerales o productos derivados de estos, es decir toda la cadena de valor".

## **Retos del sector**

Los desafíos son múltiples, pero tal y como desvela nuestro experto, el sector debe concentrar sus esfuerzos en dos aspectos. "En primer lugar, la correcta comunicación a la sociedad de que la Minería es un pilar fundamental para el desarrollo sostenible, en prácticamente todas las áreas de la tecnología, ya que es el proveedor de las materias primas básicas imprescindibles para dichos desarrollos. Y, en segundo, hacer que los recursos generados por una minería sostenible y eficiente se distribuyan, inviertan y generen beneficio, en todas las partes involucradas en la actividad minera (empleados, proveedores, compañías mineras, comunidades e instituciones públicas) mejorando, en definitiva, la calidad de vida de las personas".

Desde el punto de vista técnico, las empresas mineras cuentan con plantillas totalmente capacitadas para desarrollar dichas tecnologías y existen grupos empresariales que están llevando a cabo iniciativas para hacer frente a diferentes condiciones adversas. Así, por ejemplo, en el sector del cobre uno de esos grupos mineros ha adoptado una serie de medidas para hacer frente a la disminución paulatina de la ley o contenido en metal de los yacimientos.

Además, Cámara Rascón indica que "de igual forma, en lo que se refiere a los molinos de las plantas, que realizan una de las operaciones básicas de liberación de las partículas de metal que constituyen las menas que se explotan, los diámetros de los molinos se han multiplicado por tres en los últimos 50 años y su potencia instalada por más de 60. Los beneficios son múltiples y, junto con la eficiencia y la productividad, el mayor aporte de estas nuevas tecnologías será, justamente, al aspecto de la seguridad". Como se ha comprobado, la mejora primordial va dirigida a la

seguridad, pero también con ello se verá aumentada la productividad de las minas.

***Han colaborado en este artículo...***

**Ángel Cámara Rascón**, Doctor Ingeniero de Minas y Catedrático del Departamento de Energía y Combustibles de la Escuela Técnica Superior de Minas y Energía de la UPM, Decano Presidente del Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, miembro de la junta Directiva del Instituto de la Ingeniería de España, de la junta Directiva del Club Español del Medio Ambiente, y de NACE International (National Association of Corrosion Engineers International)

A su vez, nuestro experto ha contado con la inestimable ayuda de dos compañeros: **Carlos López Jimeno**, Catedrático de la Escuela T.S. de Ingenieros de Minas y Energía de Madrid y **Felipe Lobo Ruano**, Decano del Colegio de Ingenieros de Minas del Sur.