



Cartógrafo.CL/03-2022



## Aplicación de la Ingeniería Geomática en la Minería

### DOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES

#### Geomática

Término científico-moderno que hace referencia a un conjunto de ciencias en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica. También llamada información espacial o geoespacial. "Geomática" deriva del francés "géomatique" (geo- *Tierra*) y la terminación de "informatique" (*informática*). Es decir, el estudio de la superficie terrestre a través de la informática (tratamiento automatizado de la información).

#### Ingeniería geomática

Rama multidisciplinar que comprende la topografía, cartografía, teledetección (percepción remota), fotogrametría, geodesia, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sistemas de Posicionamiento Global (GNSS y GPS).

Estas disciplinas, a su vez, se extienden a una amplia variedad de campos tecnológicos que incluye geometría digital, gráficos por ordenador, procesamiento digital de imágenes, realidad virtual, Sistemas CAD, sistemas de gestión de bases de datos, estadísticas espaciotemporal, inteligencia artificial y tecnologías de internet, entre otros.

En minería es necesario diseñar, mantener y manipular datos geográficos mediante el uso de software especializado, con el propósito de crear mapas y modelos en 2D y 3D. Con la ayuda de tecnologías geomáticas, como el láser 3D, se pueden actualizar los mapas de estado de la mina, monitorizar taludes o mapear las grietas de las rocas. Contar con la información indispensable en la prevención de accidentes, sondeos, control geométrico y control de la explotación minera son tareas que atañen a la ingeniería en geomática.

**Arturo Arenas Rauda**  
Ingeniero Topógrafo y  
Geodesta

México



NOTA: Los Institutos y Oficinas de Gobierno nombrados se refieren a México.

arturoarauda@gmail.com



## ACTIVIDADES DE LA INGENIERÍA GEOMÁTICA DENTRO DE LA MINERÍA

### Cartografía minera

La cartografía es la disciplina que se ocupa de la concepción, producción, difusión y estudio de mapas. En minería se deben conocer cuáles son los límites de la concesión, para ello se necesita realizar un análisis de la cartografía minera existente en la Agencia, Subdirección o en la Dirección General de Minas (Figura 1). Lo anterior, con la finalidad de conocer si la superficie de interés se encuentra libre y efectuar el trámite correspondiente para amparar dicha superficie.

### Sistema Global de Posicionamiento Satelital (GNSS)

El sistema de posicionamiento satelital (GNSS) permite posicionar cualquier objeto sobre la Tierra con una precisión de centímetros. En minería, se aplica para conocer el área de interés, para ello se debe de realizar una solicitud de concesión minera acompañada de un trabajo pericial que se ingresa a la Secretaría de Economía a través de la Dirección General de Minas. Trabajos que realiza un perito minero (Figuras 2 y 3), cuyas visitas de campo se llevan a cabo con equipo GPS de doble frecuencia y apoyados con la Red Geodésica Nacional Activa del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), con ello realiza una medición satelital del conocido "punto de partida", que es el inicio o referencia que da lugar espacial a una concesión minera, así como a los puntos de partida de concesiones colindantes o interiores de la nueva solicitud.

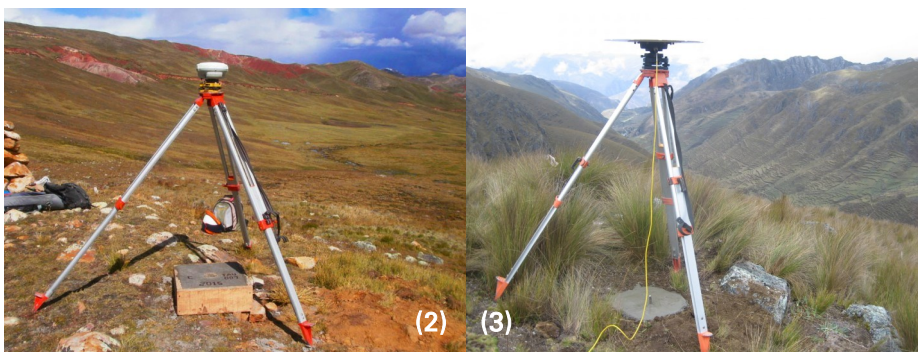
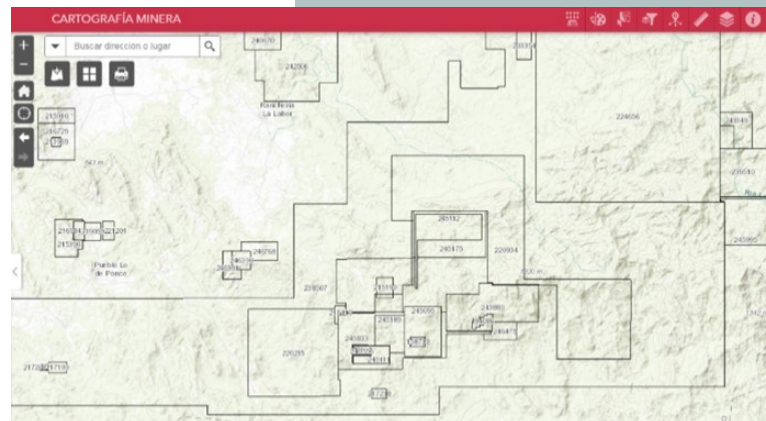


Figura 1. Cartografía minera



→ <https://www.inegi.org.mx/>

Figuras 2 y 3. Equipos GPS de doble frecuencia sobre mojoneras. Puntos de partida de concesiones mineras.

### Fotogrametría

Es la ciencia y técnica cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de las mediciones realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías. En minería para conocer la topografía del lugar en toda la extensión de la concesión minera se debe realizar un mapa con curvas de nivel a determinada equidistancia, donde se representen los cambios de pendientes, arroyos, caminos, brechas, poblados, etc.

Una de las maneras más rápidas que se utilizan en la actualidad es mediante la fotogrametría con dron o avioneta, en donde la aeronave vuela sobre el área de estudio mientras esta realiza toma de fotografía a un determinado tiempo, sobre la base de los vértices terrestres y medidos con equipo GPS de doble frecuencia que con antelación se colocaron (Figuras 4 y 5). Esto se conoce como control terrestre.



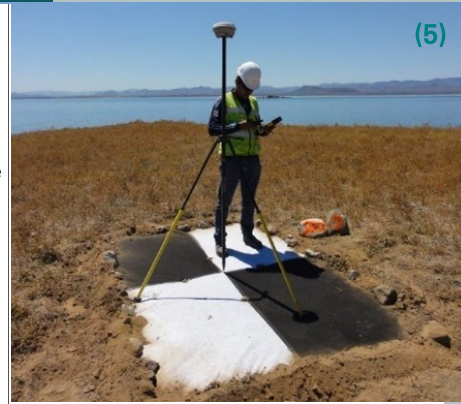
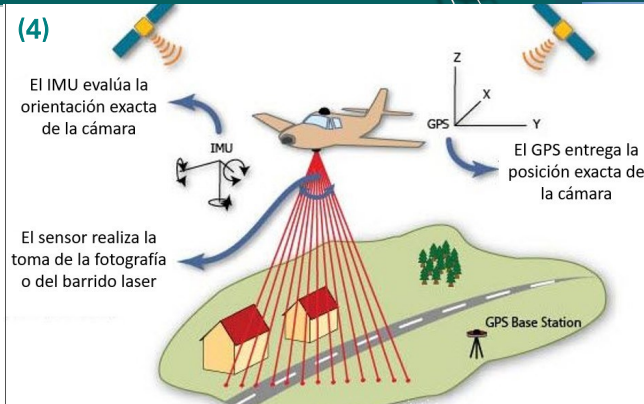


Figura 4. Vuelo con avioneta o con dron.

Figura 5. Vértice de control terrestre.

Posteriormente, se procesa toda la información y se calculan las coordenadas de los puntos de control terrestre, así como el desarrollo de la fotogrametría para obtener lo que se requiera mediante un producto final conocido como ortofoto. A partir de esta ortofoto se obtienen varios productos terminales y listos para análisis como se grafican en las Figuras 6 a 13.

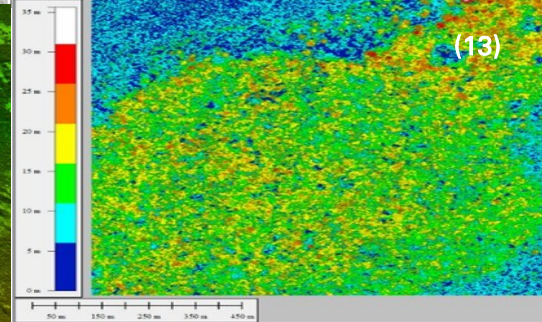
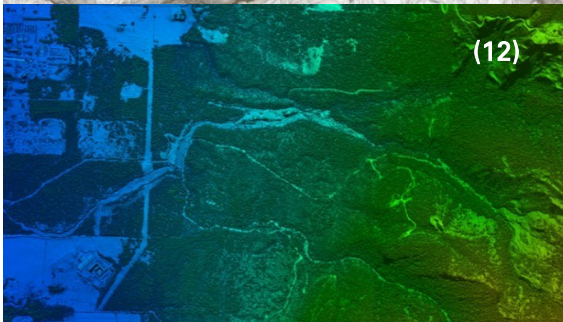
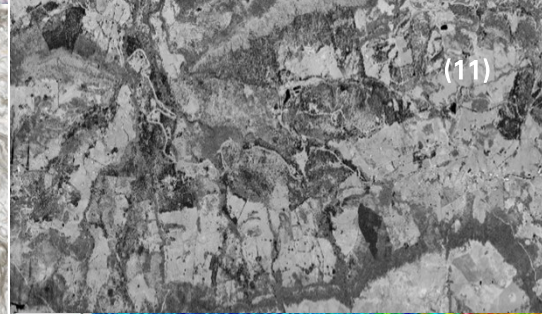
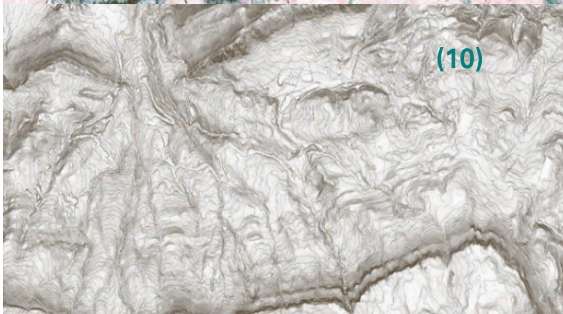
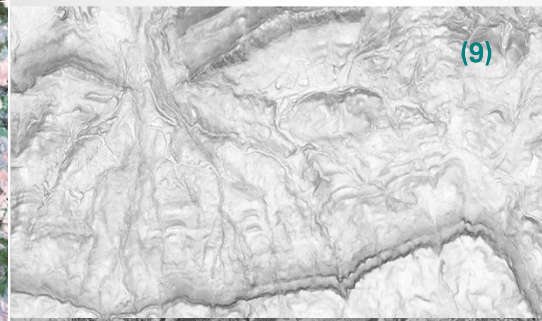
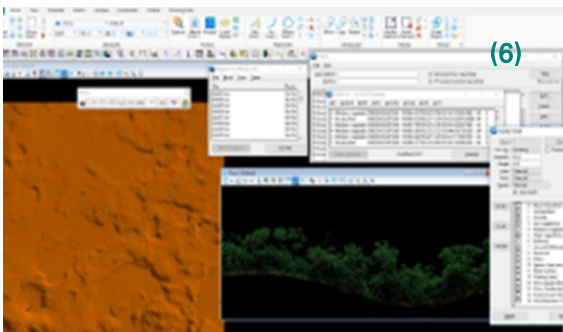


Figura 6. Procesamiento de datos.

Figura 7. Ortofoto.

Figura 8. Modelo Digital de Superficie.

Figura 9. Modelo digital de elevación.

Figura 10. Curvas de nivel.

Figura 11. Imágenes de densidad.

Figura 12. Análisis de riesgo de deslave.

Figura 13. Medición de alturas de árboles.



## Percepción remota, imágenes de satélite

Con las imágenes de alta resolución que ofrecen algunas plataformas, se pueden controlar los cambios en la vegetación, obtener actualizaciones meteorológicas en tiempo real, gestionar tareas de exploración, identificar áreas con problemas, recibir notificaciones en forma simultánea, y ahorrar significativamente tiempo y dinero. Los datos de campo se almacenan en un único lugar, lo que hace que la gestión de campo sea más fácil y eficiente, y permita la monitorización de los cambios en las pendientes, así como los avances de tajos a cielo abierto.

Los mapas, información geoespacial y análisis temáticos derivados de imágenes de satélite de alta resolución pueden ayudar a la toma de decisiones y al conocimiento de la situación durante todas las fases de desarrollo de un proyecto. Esto se define mediante preparación, vigilancia, análisis rápido, respuesta, recuperación y reconstrucción. Durante la fase de análisis, respuesta y recuperación, el suministro de productos de análisis de imágenes de alta velocidad, actualizados, precisos e integrales tiene una importancia crítica en la evaluación de situaciones catastróficas, especialmente en áreas remotas en las que otros tipos de evaluación o mapeado fallan o no tienen suficiente calidad. Este mapeado actualizado, que cubre grandes partes del área afectada, permite que los gestores de catástrofes tengan una visión general de la situación, evalúen los daños y ofrezcan rápidamente información fiable a los equipos logísticos locales.

El impacto ambiental sustancial de las operaciones es un problema importante para la industria minera. Las tecnologías avanzadas de las imágenes de satélite mediante plataformas en tiempo real se pueden utilizar para analizar y monitorear áreas remotas, vegetación, cuerpos de agua, hundimientos de tierras y sitios abandonados, lo que permite una planificación casi en tiempo real para prevenir emergencias.

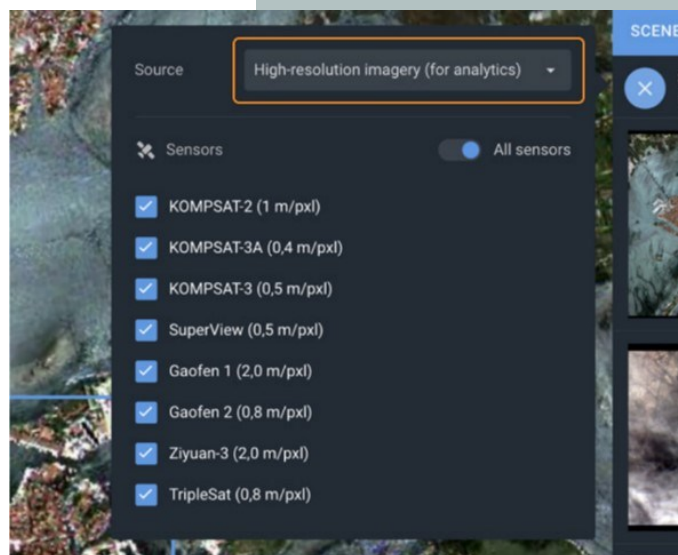


Figura 14. Algunos sensores para análisis.



Figura 15. Visualización de tajo mediante sensor remoto.

## Topografía

Es la disciplina que se encarga de describir de manera detallada la superficie de una determinada porción de terreno.

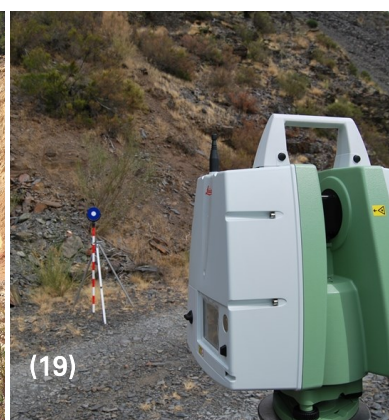
En la actualidad, se sigue operando mediante equipos de estaciones totales para realizar levantamientos en detalle y de porciones de terreno pequeñas, levantamientos de caminos, barrenos, plantas de beneficio, ubicación de socavones, entre muchas otras actividades.



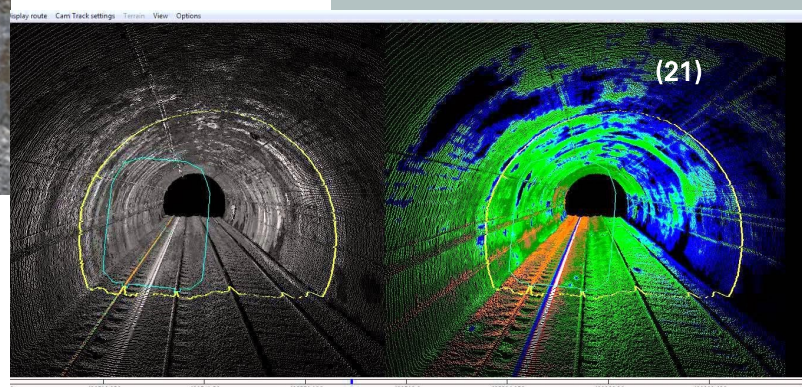
Figuras 16 y 17. Estación Total en minería.

Otros equipos de gran ayuda son los escáneres topográficos (Figuras 18 y 19) que se utilizan para mediciones y cálculos de reservas pequeñas, revisiones de infraestructura, así como las plantas de beneficio, etc.

La utilización de escáner topográfico en la medición de minas subterráneas es muy común en la actualidad, dado que es un equipo que puede realizar una medición rápida y precisa y arrojar como resultado el desarrollo en sus diferentes niveles (Figuras 20 y 21).



Figuras 18 y 19. Escáner topográfico en minería.



Figuras 20 y 21: Ejemplo de escáner topográfico en minería subterránea.





## Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Conjunto de herramientas que integra y relaciona diversas capas, permitiendo la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y gestión de grandes cantidades de datos procedentes de las actividades antes mencionadas. Datos que están vinculados a una referencia espacial en común, con lo cual facilita la integración a cualquier tema de interés y toma de decisiones (Figuras 22 y 23).

En minería es muy utilizado por qué facilita el análisis de información geológico-topográfica, la realización de modelación en 3D y los resultados de exploración y de explotación.

En resumen, la ingeniería geomática se encuentra presente en todas las actividades de la minería tanto en la parte legal como la técnica. Es una herramienta muy potente, auténtica y precisa para la toma de decisiones y en complemento con otras ciencias hacen de la minería una actividad de gran importancia para la generación de empleo, sustentabilidad y todo en un mismo espacio.

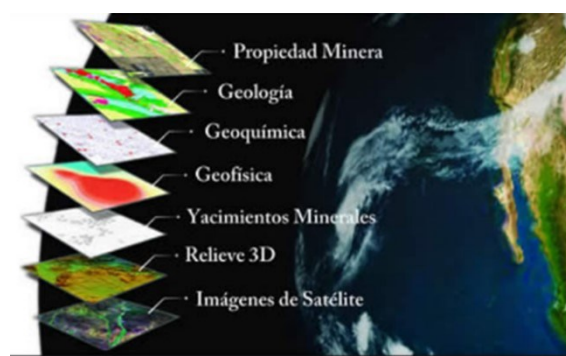


Figura 22. Resumen de capas.

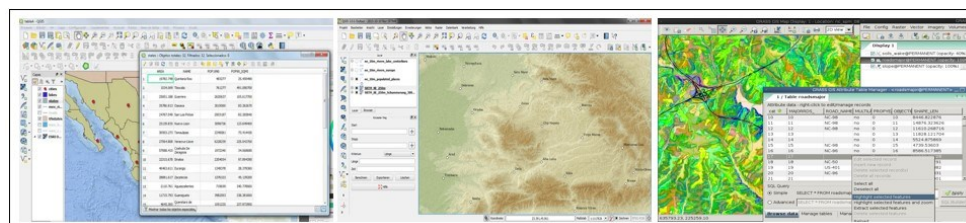


Figura 23. Ejemplos de SIG.

### Arturo Arenas Rauda

Ingeniero topógrafo y geodesta de la Universidad Nacional Autónoma de México. Consultor y Asesor en Ingeniería Geomática.

#### Se sugiere citar:

Arenas, A. (2022). Aplicación de la Ingeniería Geomática en la Minería. *Revista Cartógrafo.CL* 3(1), pp. 91 - 96.



Bajo Licencia Creative Commons  
Atribución 4.0 Internacional.