

Análisis Comparativo de Tecnologías de Levantamiento Topográfico para Casos de Uso en Minería

Esta infografía compara los cuatro principales métodos de levantamiento topográfico para la industria minera.

Cuando se utilizan en conjunto, estas tecnologías compensan las limitaciones de cada una y pueden formar parte de un programa de levantamientos robusto:

1. Satélites Ópticos de Alta Resolución
2. Satélites Ópticos de Revisita Rápida
3. Drones
4. LiDAR

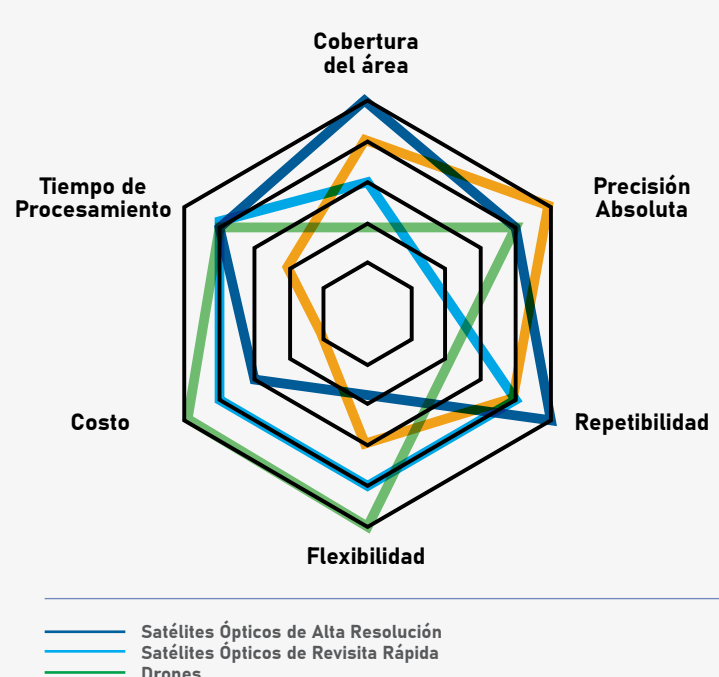
Tecnología	Fortalezas	Limitaciones	Mejores Casos de Uso en Minería
Satélites Ópticos de Alta Resolución 	<ul style="list-style-type: none"> Cubre sitios enteros de forma remota Adecuado para monitoreo periódico Datos de referencia Alta precisión con control terrestre* Procesamiento rápido Imágenes de archivo disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> Menor resolución que drones o LiDAR Se ve afectado por nubes, polvo, humo Obstruido por vegetación Restringido por la programación orbital y la demanda del satélite. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo de sitio completo /TSF Topografía para análisis de rotura de presas. Verificación de datos de satélites ópticos de revisita rápida o de drones Seguimiento de cambios históricos con imágenes de archivo
Satélites Ópticos de Revisita Rápida 	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza constelaciones más grandes de satélites para capturar imágenes de un sitio minero con una frecuencia de hasta una vez por semana Las revisitas frecuentes son posibles por el tamaño de la constelación Tiempos de procesamiento rápidos 	<ul style="list-style-type: none"> Menor resolución y precisión comparada con las otras tecnologías 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo frecuente de Depósitos de relaves, pilas de acopio, depósitos de desmonte o botaderos de estériles y otras instalaciones (p. ej., mensual o semanal)
Drones (UAV) 	<ul style="list-style-type: none"> Con control terrestre adecuado, los drones tienen la máxima precisión absoluta Puede llevar múltiples sensores (generalmente uno por vuelo) Posibilidad de implementación frecuente 	<ul style="list-style-type: none"> Depende del clima Requiere operadores in situ Cobertura limitada Tiempo de procesamiento variable Limitado por batería, peso y permisos de vuelo 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamientos detallados y localizados Cartografía y análisis volumétrico a pequeña escala
LiDAR 	<ul style="list-style-type: none"> Máxima precisión absoluta Atraviesa la vegetación para revelar la superficie del terreno 	<ul style="list-style-type: none"> Costos elevados de procesamiento y operaciones Requiere permisos de vuelo Tiempo de procesamiento prolongado 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamientos topográficos altamente detallados Topografía de referencia del sitio

<15 cm RMSE cuando los Satélites Ópticos de Alta Resolución se combinan con control terrestre adecuado

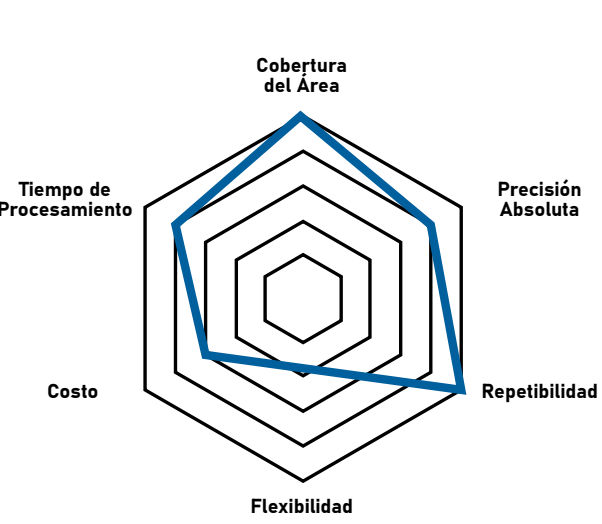
Creación de un Conjunto de Datos Integral

El uso de varias herramientas compensa las limitaciones de cualquier tecnología individual y permite crear un conjunto de datos más completo

- Las imágenes de satélites ópticos de alta resolución monitorean cambios en todo el sitio minero durante un período de tiempo más largo (trimestral y anual).
- Los satélites ópticos de revisita rápida monitorean los depósitos de relaves, depósitos de desmonte/botaderos y otras instalaciones de manera frecuente (p. ej., mensual o semanalmente)
- Los drones se centran en los cambios semanales en un área objetivo, como los depósitos de relaves.
- Los levantamientos LiDAR sirven como control de calidad para los datos de drones



Características Detalladas

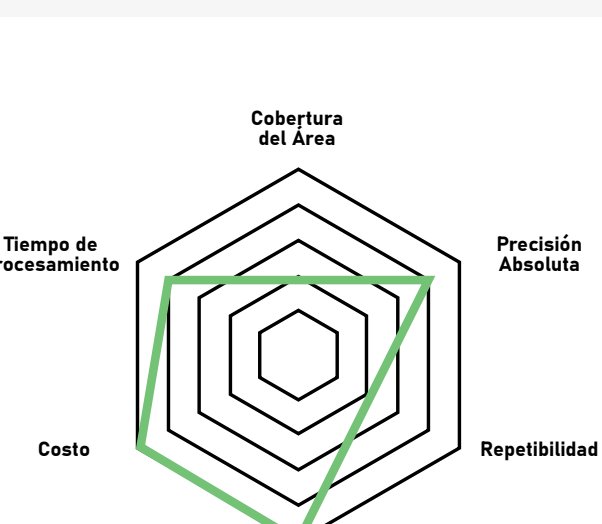
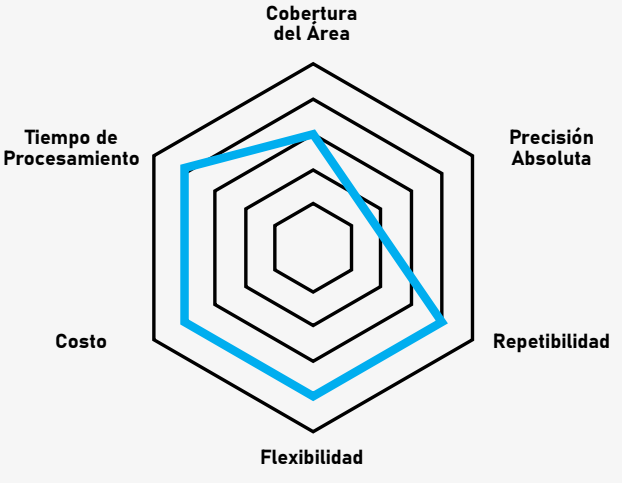


Satélites Ópticos de Alta Resolución

- Cobertura:** 50 km² o más con una resolución de 30 cm
- Precisión:** <15 cm RMSE con control terrestre
- Repetibilidad:** La consistencia de los sensores permite comparaciones y procesamiento confiables
- Flexibilidad:** Captura rápida; el tiempo depende de la demanda y las condiciones atmosféricas
- Costo:** Por lo general, menos costoso que LiDAR
- Tiempo de procesamiento:** 1-2 semanas para la cobertura estándar del sitio minero

Satélites Ópticos de Revisita Rápida

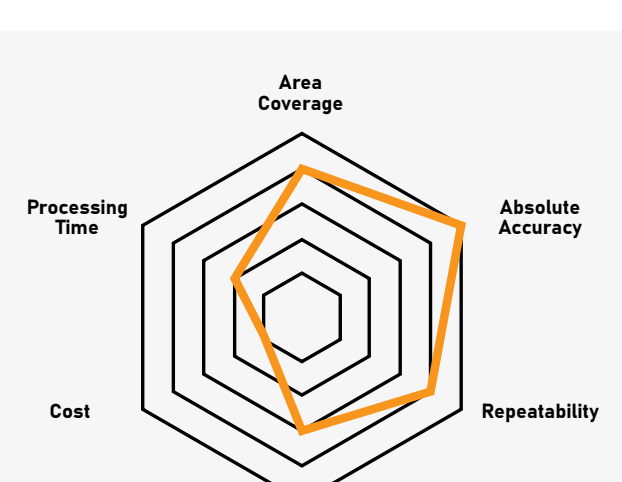
- Cobertura:** ~7 km² o más con una resolución de 1 metro
- Precisión:** Más baja que la de alta resolución, pero con capturas más frecuentes
- Repetibilidad:** Tiempos rápidos de revisita
- Flexibilidad:** Muy flexible; captura en tan solo 3 horas
- Costo:** Mucho más bajo que los satélites ópticos de alta resolución
- Tiempo de Procesamiento:** Más rápido que los satélites ópticos de alta resolución



Drones (UAV)

- Cobertura:** normalmente hasta 4 km² por vuelo
- Precisión:** Depende de la habilidad del operador, el control terrestre y el procesamiento
- Repetibilidad:** Limitado por la duración del vuelo y el área de cobertura; los datos pueden no alinearse correctamente
- Flexibilidad:** Implementación rápida, pero limitada por baterías, permisos, condiciones meteorológicas y disponibilidad del operador
- Costo:** Bajo una vez establecido el programa
- Tiempo de Procesamiento:** Rápido (en cuestión de horas); puede requerir procesamiento adicional de datos para corregir discrepancias entre vuelos y generar una superficie de terreno descubierto

- Cobertura:** cientos de km² pero más pequeño que los satélites ópticos de alta resolución
- Precisión:** Precisión vertical de hasta 5 cm, la más alta entre las tecnologías comparadas
- Repetibilidad:** Altamente repetible con recopilación de datos sistemática
- Flexibilidad:** Menos flexible debido a los permisos y la logística
- Costo:** Usualmente costoso, varía según el área
- Tiempo de Procesamiento:** Varias de semanas a meses



Los Datos Correctos en la Frecuencia Correcta



Cada herramienta tiene una frecuencia de adquisición ideal para satisfacer las necesidades particulares de cada sitio. Utiliza la tecnología adecuada para mantener una visión completa de las operaciones mineras, los depósitos de relaves y el análisis de rotura de presa.