

INFORME TÉCNICO

EL ESTÁNDAR EN EL MODELADO GEOLÓGICO 3D PARA EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

Cómo el modelado geológico en Leapfrog Geo permite a los geocientíficos diseñar el futuro de la exploración y la minería



Resumen ejecutivo	3
<hr/>	
CAPÍTULO 1 Cómo afrontar los desafíos de la exploración geológica	4
<hr/>	
CAPÍTULO 2 Cómo abordar los desafíos geológicos de la producción	7
<hr/>	
CAPÍTULO 3 Cómo una mejor comprensión favorece la minería sostenible y la producción responsable de recursos	10
<hr/>	
CAPÍTULO 4 Soluciones líderes del mercado para la industria minera	12
<hr/>	
CAPÍTULO 5 El futuro de las geociencias: innovación, educación y colaboración	15



Resumen ejecutivo

A medida que aumenta la demanda mundial de recursos críticos, también lo hace la presión sobre los geólogos para que proporcionen información fiable y eficaz sobre el subsuelo terrestre. Estos conocimientos no solo son fundamentales para dirigir la exploración y el descubrimiento, sino también para ayudar a las operaciones mineras activas a comprender la geología, mitigar los riesgos, garantizar la responsabilidad medioambiental e impulsar la producción de recursos de forma rentable, sostenible y transparente.

Para seguir el ritmo de la creciente demanda, los geólogos de hoy en día recurren a herramientas avanzadas de modelado 3D que agilizan los flujos de trabajo de gestión de datos y facilitan una comunicación clara con las distintas partes interesadas. Leapfrog Geo, una solución líder de modelado geológico en 3D, ayuda a los geólogos a afrontar estos retos, ya que integra vastos conjuntos de datos, permite visualizar entornos complejos del subsuelo con mayor detalle y posibilita la colaboración en tiempo real entre equipos.

En este informe técnico, analizamos los principales desafíos a los que se enfrentan los geólogos tanto en la fase de exploración como en la de producción, y cómo aprovechan las herramientas de modelado para mejorar la toma de decisiones y la eficacia operativa. Desde la reducción de la incertidumbre en la exploración hasta la actualización dinámica de modelos en operaciones mineras activas, presentamos ejemplos reales de geólogos que transforman su trabajo para responder a las exigencias actuales.



CAPÍTULO 1

Cómo afrontar los desafíos de la exploración geológica

Los geólogos de exploración se encargan de estudiar exhaustivamente el subsuelo (litologías clave, mineralización, alteración y estructuras) para localizar recursos minerales comercialmente viables en el menor tiempo y con el menor costo posibles.

Para ello, es necesario gestionar e interpretar grandes cantidades de datos procedentes de perforaciones, topografía geofísica y cartografía geológica. Además, los proyectos de exploración se enfrentan a un alto nivel de incertidumbre, ya que solo una fracción de los esfuerzos de exploración conducen a descubrimientos de recursos viables.

El éxito de la exploración depende de varios factores, entre ellos, de obtener la financiación adecuada y (quizás lo más importante) aprovechar las tecnologías de exploración más avanzadas disponibles.

El papel del modelado 3D implícito en la exploración

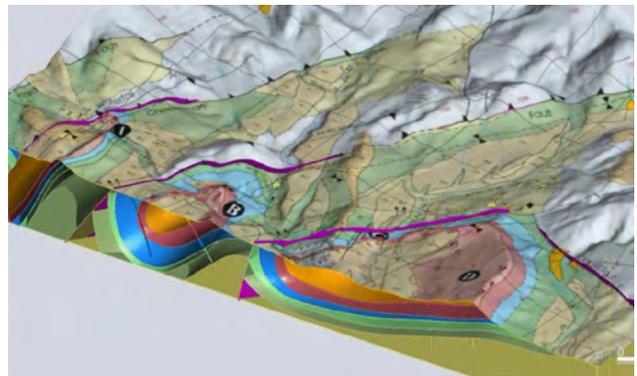
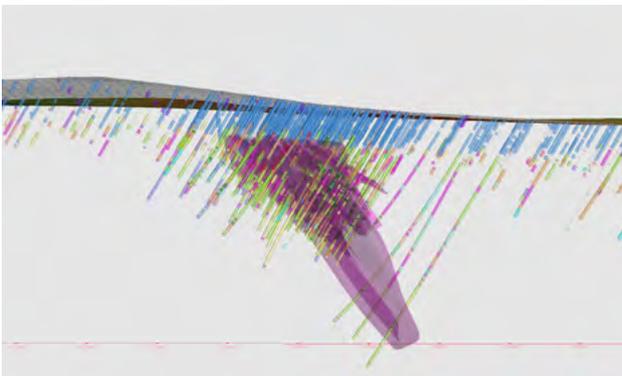
En las últimas décadas, en concreto, las tecnologías de modelado han evolucionado considerablemente. Las soluciones avanzadas de modelado 3D son ahora herramientas esenciales para los programas de exploración modernos. Estas herramientas permiten a los geólogos visualizar e interpretar rápidamente estructuras complejas del subsuelo, a diferencia de las antiguas técnicas de modelado explícito. Las herramientas como Leapfrog Geo permiten a los geólogos interpretar eficazmente grandes conjuntos de datos, que combinan información procedente de perforaciones, datos geofísicos y geoquímicos.

Mediante la integración de diversos conjuntos de datos, los geólogos pueden crear modelos 3D completos que sirven para múltiples propósitos. Los modelos no solo perfeccionan las estrategias de exploración y ayudan a identificar litologías de alto nivel de potencial, sino que también

desempeñan un papel clave a la hora de mitigar el riesgo financiero informando sobre la localización de las perforaciones.

Otra ventaja significativa es la visualización clara y precisa. Estos modelos 3D mejoran la comunicación entre las partes interesadas y proporcionan la transparencia necesaria para alinear a geólogos, gerentes, inversores, organismos reguladores y comunidades locales. Los geólogos pueden presentar una imagen clara de los hallazgos del subsuelo, lo que facilita que las partes interesadas comprendan y respalden los esfuerzos de exploración.

Por último, estas herramientas permiten a los geólogos dejar de centrarse en el procesamiento manual de datos, un proceso que consume mucho tiempo, para centrarse en la toma de decisiones estratégicas de alto nivel. Esto permite optimizar los flujos de trabajo y comprender mejor el potencial de recursos, lo que es crucial para estimar el valor y tomar decisiones de exploración más informadas.



Cómo Mundoro Capital Inc. reforzó la comunicación entre las partes interesadas gracias al modelado 3D

Mundoro Capital Inc, una empresa canadiense de exploración que cotiza en bolsa, se enfrentaba al reto de gestionar y compartir grandes conjuntos de datos geocientíficos en múltiples proyectos.

Históricamente, la empresa creaba conjuntos de datos por separado, como mapas, informes y archivos, pero este enfoque resultaba insuficiente para transmitir información compleja con eficacia. Según el gerente sénior del departamento de Datos de Mundoro, el método tradicional era poco interactivo y claro, sobre todo para las partes interesadas no técnicas, a las que les resultaba difícil visualizar la información geológica en 3D a partir de presentaciones aisladas de datos en 2D.

Para superar estos desafíos, Mundoro implementó una solución avanzada de modelado 3D y gestión de datos para agilizar sus flujos de trabajo. Al concentrar sus datos y visualizarlos en 3D, Mundoro creó un entorno interactivo que aportó mejoras transformadoras, entre ellas las siguientes:



Mayor eficacia en la interpretación de datos: las partes interesadas pueden revisar los proyectos completos, explorar los datos en tiempo real y obtener una comprensión completa del alcance y la calidad de cada proyecto.

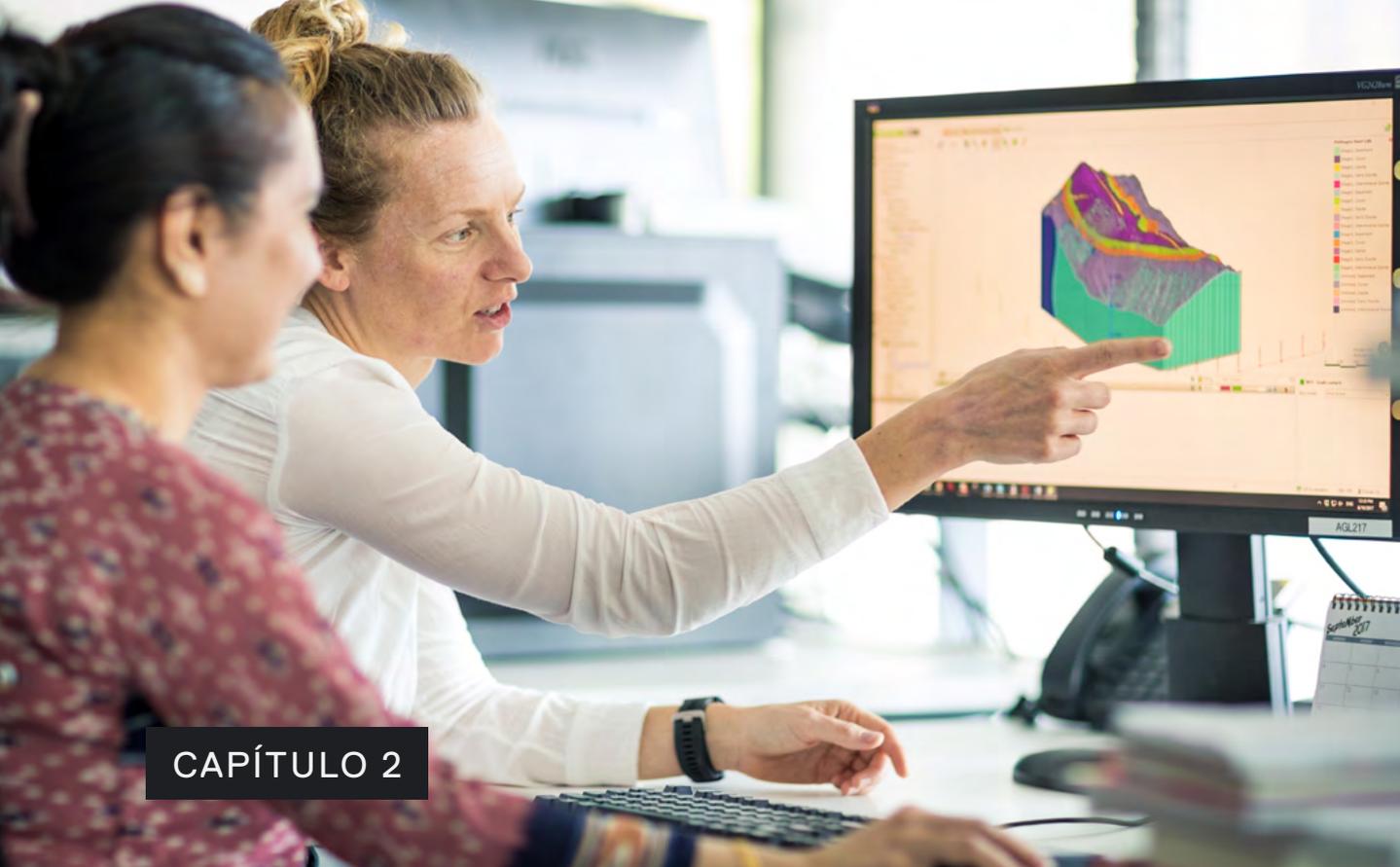


Mayor rapidez en la toma de decisiones: los geólogos pueden perfeccionar y comunicar con mayor eficacia sus ideas e interpretaciones, lo que reduce el tiempo que tardan los socios en evaluar los proyectos y tomar decisiones de inversión.



Mejor colaboración: un entorno integrado de datos permite realizar sesiones estratégicas semanales más cohesionadas para el equipo técnico, lo que permite un enfoque sincronizado de la localización de las exploraciones.

Lea la historia completa →



CAPÍTULO 2

Cómo abordar los desafíos geológicos de la producción

Los geólogos que trabajan en yacimientos mineros activos se encargan de actualizar continuamente los modelos geológicos a partir de datos en tiempo real para garantizar la seguridad de las operaciones y fundamentar las decisiones sobre la producción de recursos, la gestión de residuos y la sostenibilidad medioambiental de la mina.

Uno de los principales desafíos de la geología de producción es la naturaleza dinámica de las condiciones del subsuelo. Dado que los datos de control de grado se recopilan a diario, los modelos geológicos se deben actualizar continuamente para reflejar la información más reciente. Sin modelos integrales en tiempo real, las operaciones mineras podrían verse afectadas por errores costosos, como la perforación fuera del yacimiento o la mala gestión del mineral y los residuos.

Los métodos tradicionales de modelado 2D no suelen reflejar la complejidad de la geología de los yacimientos, lo que da lugar a interpretaciones erróneas e ineficiencias operativas. Para hacer frente a esta situación, los geólogos de producción están adoptando métodos de modelado más avanzados que los ayudan a que la comunicación y la coordinación entre los operarios de las plantas de procesamiento, los ingenieros de minas y otras partes interesadas sean más claras y estén mejor informados a la hora de tomar decisiones.

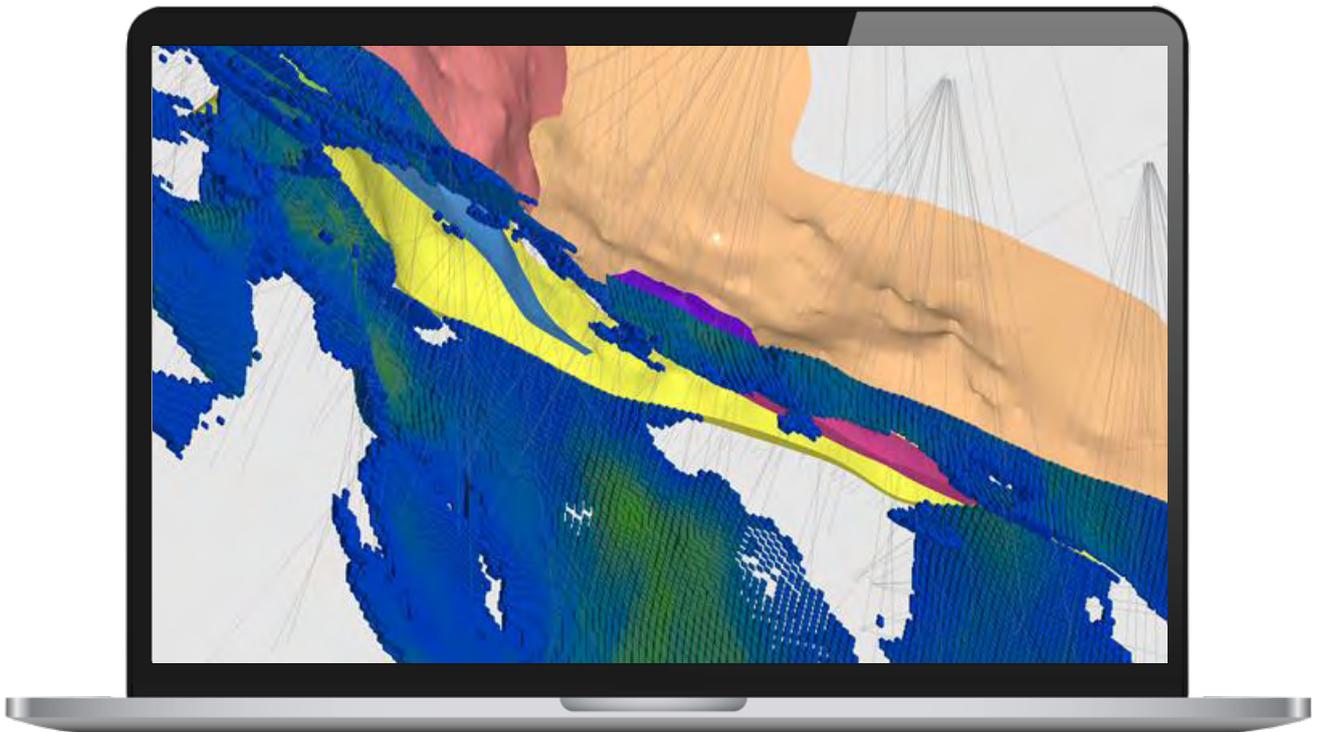
El papel del modelado geológico 3D en la producción

Las soluciones avanzadas de modelado 3D se adaptan bien a las necesidades dinámicas de los geólogos de producción. Al poder actualizar los modelos a medida que se recopilan nuevos datos, los geólogos pueden reaccionar ante las condiciones cambiantes de la mina.

La integración fluida con los sistemas de control de leyes proporciona información más precisa sobre

la distribución de los yacimientos, lo que permite optimizar la extracción de recursos y la gestión de residuos.

La capacidad de visualización del software 3D ayuda a reducir el riesgo de interpretaciones erróneas al proporcionar representaciones detalladas y actualizadas de los yacimientos geológicos. Este análisis en tiempo real facilita la planificación y la toma de decisiones, reduce el impacto ambiental y minimiza las interrupciones operativas.



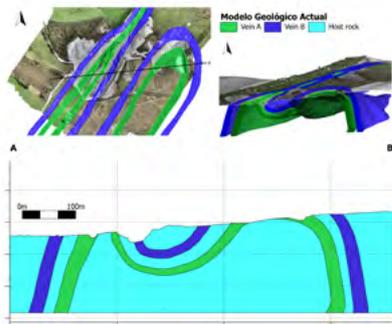
Cómo Asturmine garantizó la viabilidad de la mina de caolín con el modelado 3D

Asturmine, una consultora de ingeniería geológica, trabajó con una mina de caolín a cielo abierto que se enfrentaba a dos retos principales:

1. **Continuidad incierta del yacimiento:** los nuevos datos geofísicos generaron dudas sobre la continuidad y el patrón de la mineralización, anteriormente comprendidos a través de modelos geológicos tradicionales.
2. **Material heterogéneo:** la diversa gama de depósitos de caolín de la mina debía satisfacer las necesidades específicas de los clientes, lo que exigía una mejor comprensión de la composición de los recursos.

Los métodos tradicionales 2D no eran suficientes para captar la complejidad del yacimiento, lo que suponía una amenaza para la viabilidad de la mina a largo plazo.

Asturmine utilizó modelos 3D avanzados para entender en profundidad la inclinación y la distribución del yacimiento. En tan solo cinco días, desarrollaron un modelo 3D detallado que revelaba la información necesaria para llevar a cabo actividades de exploración y extracción más precisas.



El modelo permitió a Asturmine crear estrategias de extracción específicas para cada cliente en función de la composición del mineral, reduciendo los residuos y minimizando el impacto medioambiental de la mina. Este conocimiento preciso de la geología del yacimiento significó un ahorro de costos y permitió realizar operaciones más eficientes y sostenibles.

Resultado final: el nuevo modelo aseguró el futuro de la mina y facilitó la exploración adicional selectiva.

Lea la historia completa →

Cómo una mejor comprensión favorece la minería sostenible y la producción responsable de recursos

A medida que la demanda de minerales aumenta, también lo hace la necesidad de gestionar de forma responsable la exploración y producción de recursos. Los geólogos y las empresas mineras de hoy en día no solo tienen la tarea de encontrar y producir recursos valiosos, sino que también deben garantizar que sus operaciones respeten el medio ambiente, protejan el patrimonio cultural y colaboren con las comunidades locales de forma transparente y colaborativa.

Es esencial contar con modelados eficientes para alcanzar estos objetivos. Los geólogos utilizan herramientas avanzadas de modelado 3D para comprender mejor el subsuelo y tomar decisiones que reduzcan el impacto medioambiental innecesario.

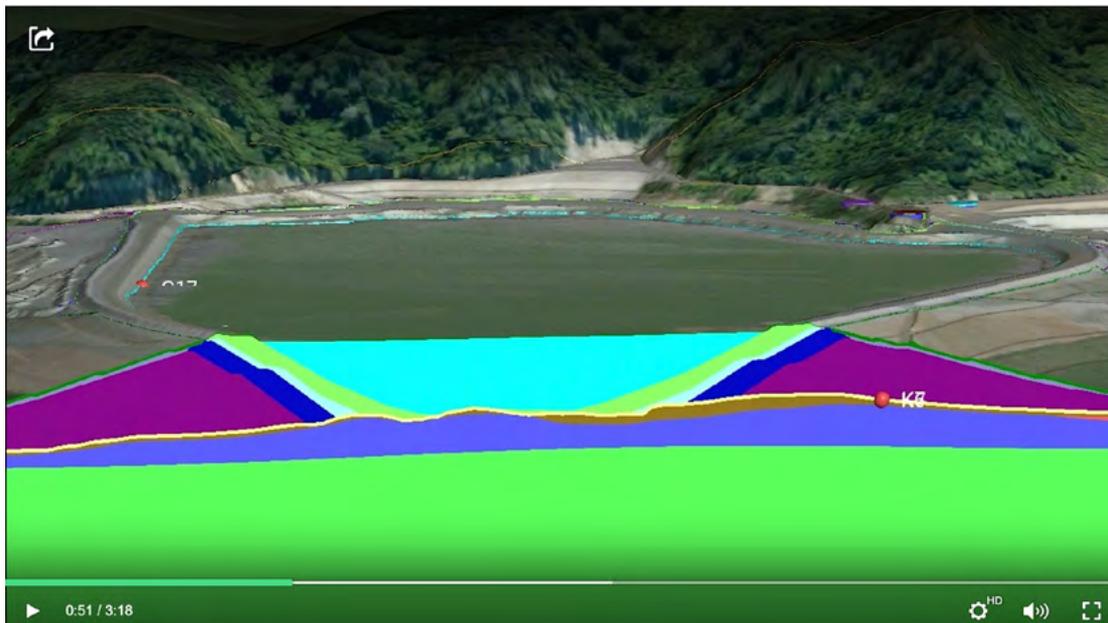
Estos modelos también mejoran la comunicación entre las partes interesadas, lo cual facilita que las empresas obtengan, y mantengan, su licencia para operar. Desde la visualización de posibles impactos medioambientales hasta el fomento de la transparencia con las comunidades locales, los grupos ecologistas y los organismos reguladores, el modelado avanzado ayuda a las explotaciones mineras a tomar decisiones más informadas al tiempo que se mitigan los riesgos para el medio ambiente y la sociedad.

TSF de OceanaGold en Waihi: mejora de la seguridad, la colaboración y el cumplimiento de la normativa

OceanaGold, una empresa productora multinacional de recursos como oro y cobre, se enfrentaba al reto de gestionar las instalaciones de almacenamiento de residuos (Tailings Storage Facility, TSF) de sus operaciones en Waihi y, al mismo tiempo, garantizar la seguridad del medio ambiente y de la comunidad local.

Para afrontar esta situación, el equipo utilizó modelos 3D avanzados para desarrollar un gemelo digital completo de las TSF, integrando datos geotécnicos y medioambientales en tiempo real. Este enfoque permitió la supervisión proactiva de factores críticos como la estabilización de los taludes y los niveles de agua.

El gemelo digital también ofrecía una vista en 3D de la estructura de las TSF, lo que favorecía la colaboración entre los equipos internos, los organismos reguladores y las comunidades locales. Al mejorar la comprensión y la transparencia, el gemelo digital ayudó a OceanaGold a alinear sus operaciones con las normas medioambientales y mantener su licencia para operar, todo ello mientras reducía los riesgos y apoyaba la sostenibilidad a largo plazo. Este enfoque innovador convirtió a OceanaGold en finalista [de los premios Going Digital de Bentley](#) en la categoría de Infraestructuras en 2023.



Lea la historia completa →



CAPÍTULO 4

Soluciones líderes del mercado para la industria minera

Leapfrog Geo de Seequent es reconocida como la solución de modelado 3D líder en la industria minera. Este programa, en el que confían miles de geocientíficos de todo el mundo, se ha convertido en un recurso esencial para la geología de exploración y producción gracias a su combinación de velocidad, flexibilidad y facilidad de uso.

Tecnología pionera de RBF

Los inicios de Leapfrog Geo se remontan a una tecnología diseñada originalmente para prótesis e imágenes médicas. Esta tecnología, conocida como función de base radial (radial basis function, RBF), pronto se empezó a utilizar en diversas industrias, entre ellas Hollywood para los efectos especiales de películas como *El Señor de los Anillos* e incluso la NASA para cartografiar asteroides.

Este programa, en el que confían miles de geocientíficos de todo el mundo, se ha convertido en un recurso esencial para la geología de exploración y producción gracias a su combinación de velocidad, flexibilidad y facilidad de uso.

Entender el subsuelo con una solución geocientífica completa

Leapfrog Geo es algo más que una herramienta potente de modelado geológico: forma parte de un conjunto completo de soluciones diseñadas para mejorar la comprensión del subsuelo y agilizar los flujos de trabajo geocientíficos.

Al combinar Leapfrog Geo con otras herramientas de Seequent, los usuarios pueden aprovechar aún más sus datos geológicos. Ya sea para capturar imágenes de alta calidad sobre el terreno, para gestionar grandes cantidades de datos de perforaciones o para incorporar la geofísica a sus modelos, el amplio ecosistema de Seequent ofrece un flujo de trabajo interconectado y sin fisuras que maximiza la eficacia, la precisión y el conocimiento.

Más de 7400

clientes utilizan el software Seequent en más de 140 países.

8/10

de las mayores empresas mineras del mundo utilizan Seequent.

Más del 95 %

de satisfacción con nuestros servicios de ayuda y asistencia de primera línea.



LEAPFROG IS SOFTWARE SCIENTISTS USE TO CREATE 3D MODELS OF THIS KIND OF RELATIVE ELEVATION MAP. PARTLY FROM GREEK FOR "PLACE"

DATO CURIOSO



Leapfrog Geo apareció una vez en una respuesta del concurso Jeopardy!, un programa estadounidense de programas y respuestas.

Incorpore inteligencia a su modelo con datos geofísicos

La geofísica desempeña un papel fundamental en la exploración minera, ya que proporciona información esencial sobre el subsuelo que contribuye a la toma de decisiones en materia de perforación y evaluación de recursos. Al combinar Leapfrog Geo con [Oasis montaj](#) y [Aarhus GeoSoftware \(AGS\)](#), los usuarios pueden enriquecer sus modelos geológicos con datos geofísicos de alta calidad.

Oasis montaj y AGS permiten a los geocientíficos procesar, analizar, invertir y visualizar conjuntos de datos geofísicos y geológicos, lo que permite comprender en mayor profundidad el subsuelo. La combinación de estas herramientas permite crear modelos más completos, basados en datos, que permiten tomar mejores decisiones y aplicar estrategias de exploración más eficaces.

Capture datos con Imago

La calidad y precisión de los modelos geológicos dependen en gran medida de los datos que los alimenten. Con [Imago](#), los usuarios de Leapfrog Geo pueden capturar, gestionar y compartir imágenes de las muestras de núcleos, afloramientos y otras características geológicas en alta resolución y en tiempo real. La estrecha integración de Imago con Leapfrog permite a los usuarios ver fotografías de testigos directamente en la interfaz de Leapfrog, sin necesidad de cambiar de aplicación o buscar las imágenes adecuadas. Esto permite a los usuarios comparar y correlacionar más fácilmente las características geológicas de las fotografías de testigos de varias perforaciones.

Gestione los datos con MX Deposit

La etapa de gestión de datos de perforaciones y de muestras es crucial en cualquier proyecto de exploración. [MX Deposit](#) es una solución basada en la nube que simplifica la recopilación, gestión e intercambio de estos datos, lo que garantiza que todas las partes interesadas tengan acceso a una única fuente de información fiable. En combinación con Leapfrog Geo, MX Deposit permite a los usuarios incorporar grandes cantidades de datos de perforaciones a sus modelos 3D, agilizando el proceso de gestión e interpretación de datos. De este modo, los geocientíficos pueden actualizar rápidamente sus modelos con la información más reciente de las perforaciones, lo que mejora la toma de decisiones y reduce los plazos de los proyectos.

Comprenda la interacción suelo-estructura con GeoStudio y PLAXIS

En los proyectos de minería e ingeniería civil, comprender la interacción suelo-estructura es fundamental para la seguridad, la eficacia y el éxito del proyecto. [GeoStudio](#) y [PLAXIS](#), dos herramientas avanzadas de análisis geotécnico, ofrecen la posibilidad de modelar la estabilidad de taludes, el flujo de agua subterránea y la transferencia de calor y masa en suelos y rocas. Al combinar estas herramientas con Leapfrog Geo, los usuarios pueden incorporar datos geotécnicos detallados a sus modelos geológicos, lo que permite una comprensión completa de la interacción entre los materiales del subsuelo y las estructuras de ingeniería.

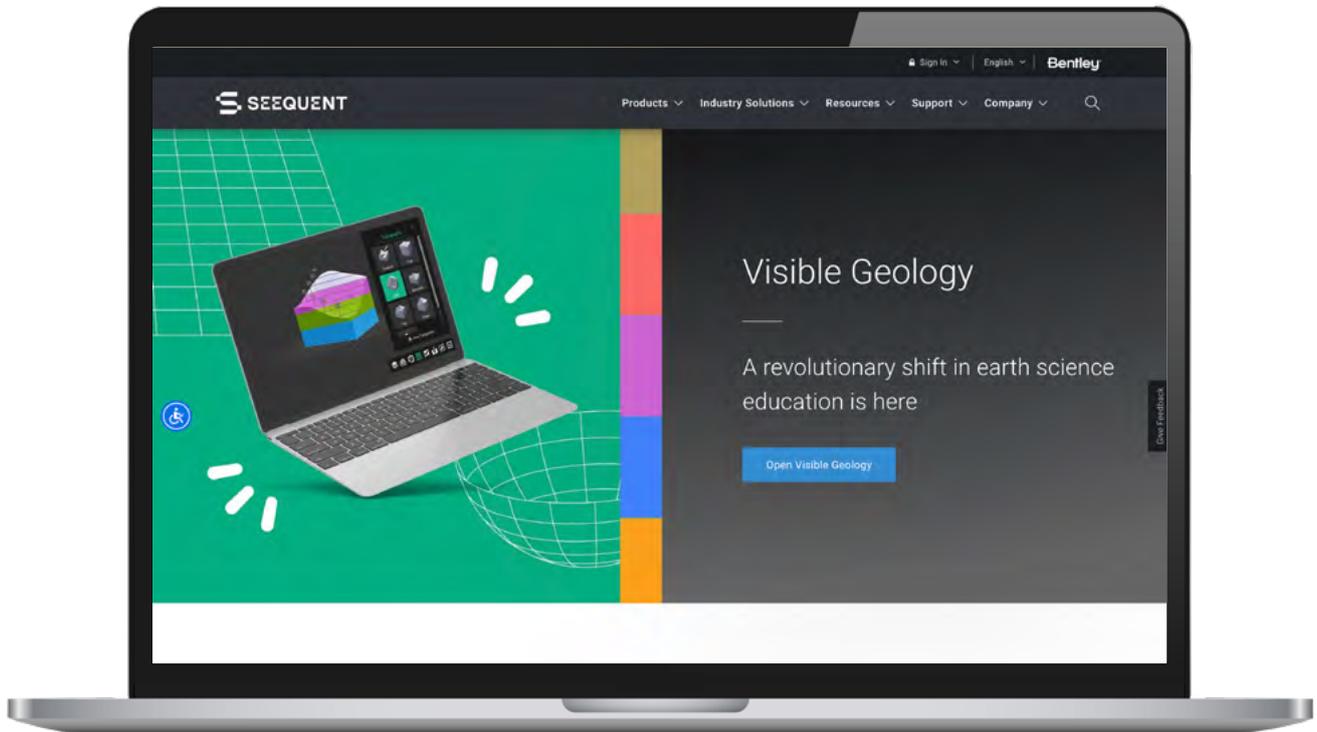
Esto es de gran utilidad a la hora de planificar minas, instalaciones de almacenamiento de residuos y otros proyectos relacionados con infraestructuras en los que deben tenerse muy en cuenta los aspectos geotécnicos.



CAPÍTULO 5

El futuro de las geociencias: innovación, educación y colaboración

En Seequent, tenemos un gran compromiso con la geología. Como empresa creada por geocientíficos para geocientíficos, estamos constantemente superando los límites de lo posible con herramientas y tecnologías innovadoras. Al combinar los conocimientos técnicos con un diseño centrado en el usuario, hemos creado una línea de soluciones que no solo mejoran la comprensión del subsuelo, sino que también hacen más accesibles e intuitivos los complejos procesos geológicos.



Cómo inspirar a la próxima generación de geocientíficos

Reconocemos la necesidad de inspirar y formar a la próxima generación de geocientíficos. Por eso, hemos desarrollado [Visible Geology](#), una aplicación web gratuita diseñada para dar vida a los conceptos geológicos tanto para estudiantes como para educadores. Visible Geology va más allá de los métodos tradicionales de enseñanza en 2D y ofrece a los estudiantes una experiencia inmersiva de aprendizaje en 3D.

Gracias a las funciones intuitivas de modelado 3D, las herramientas de trabajo colaborativo en el aula

y las redes estereoscópicas digitalizadas, Visible Geology ayuda a los estudiantes a comprender los conceptos geológicos fundamentales de una forma cautivadora. Los educadores pueden integrar perfectamente esta herramienta en su plan de estudios, modernizando la experiencia de aprendizaje y atrayendo a los estudiantes gracias a la presentación interactiva de topografías, secciones transversales, muestras de núcleos, etc.

Al incentivar a los estudiantes a explorar el mundo del subsuelo en un entorno digital innovador, Seequent está contribuyendo enormemente a forjar el futuro del campo de las geociencias.



Descubra el poder de Leapfrog Geo hoy mismo

Visite seequent.com/leapfrog-geo para explorar videos de productos, historias de éxito de los clientes, o solicitar una demostración en vivo o una prueba de 14 días sin costo.



seequent.com

Seequent, The Bentley Subsurface Company