

Velocidad, facilidad y precisión: modelado geotécnico de túneles con PLAXIS

Modelos geotécnicos detallados, precisos y eficientes, en sus manos más rápido



PLAXIS®



Análisis geotécnico rápido, detallado y sin complicaciones para túneles y excavaciones subterráneas

Cómo PLAXIS garantiza que la facilidad y la precisión vayan de la mano

Los mejores modelos geotécnicos son precisos. Adaptables. Y se producen rápidamente, para que los ingenieros geotécnicos tengan la comprensión que necesitan para mantener sus proyectos en marcha y comenzar a excavar con confianza.

Ningún proyecto de tunelaje puede empezar sin una evaluación clara y precisa del impacto a largo plazo de la excavación sobre el suelo y las masas rocosas.

Sin embargo, convertir los diseños iniciales en modelos confiables y detallados de revestimientos y refuerzos de hormigón proyectado y hormigón armado no siempre es fácil. Sin las herramientas adecuadas de su lado, el simple proceso de modelar la seguridad y el impacto de un túnel puede paralizar todo su proyecto.

Como resultado, los proyectos se retrasan. Los ingenieros se frustran. Y equipos pierden un tiempo valioso luchando por construir un modelo numérico y realizar análisis, en lugar de hacer lo que realmente necesitan hacer: ingeniería geotécnica práctica.

Por eso creamos PLAXIS.

Durante más de 25 años, PLAXIS ha hecho que el análisis de elementos finitos sea más rápido, fluido y preciso para los ingenieros de túneles.

En este libro electrónico, exploraremos cómo PLAXIS ayuda a los ingenieros a analizar el suelo, la roca y las estructuras asociadas con precisión, velocidad y facilidad.

Precisión

Análisis avanzado de elementos finitos, basado en una profunda experiencia en ingeniería geotécnica y procedimientos computacionales estables.

Velocidad

Resultados generados, actualizados y compartidos rápidamente, gracias a un motor de análisis de última generación y técnicas de automatización líderes en el mercado.

Facilidad

Una interfaz intuitiva y una integración perfecta con flujos de trabajo digitales hacen que la generación de modelos sea sencilla.

Lo más importante es que descubrirá por qué tantos ingenieros geotécnicos de todo el mundo hicieron de PLAXIS una parte fundamental de sus flujos de trabajo.

Profundicemos en ello.

Saludos cordiales,

El equipo de PLAXIS

Índice

Capítulo 1: Conozca PLAXIS

- Una breve descripción general de PLAXIS 2D y 3D (y cómo hacen que construir modelos precisos y confiables sea increíblemente fácil).

Capítulo 2: Resultados en los que puede confiar

- Cómo PLAXIS emplea análisis líderes en la industria y una amplia gama de técnicas de modelado para ofrecer resultados confiables.

Capítulo 3: Automatización inteligente, diseño accesible

- Cómo una interfaz intuitiva y una automatización avanzada basada en Python hacen que sea más fácil que nunca crear, analizar y posprocesar modelos.

Capítulo 4: Flujos de trabajo digitales sin interrupciones

- Cómo PLAXIS se integra con el software de los ecosistemas Seequent y Bentley para crear modelos más precisos y acelerar sus proyectos.

Capítulo 5: Atención al cliente dedicada

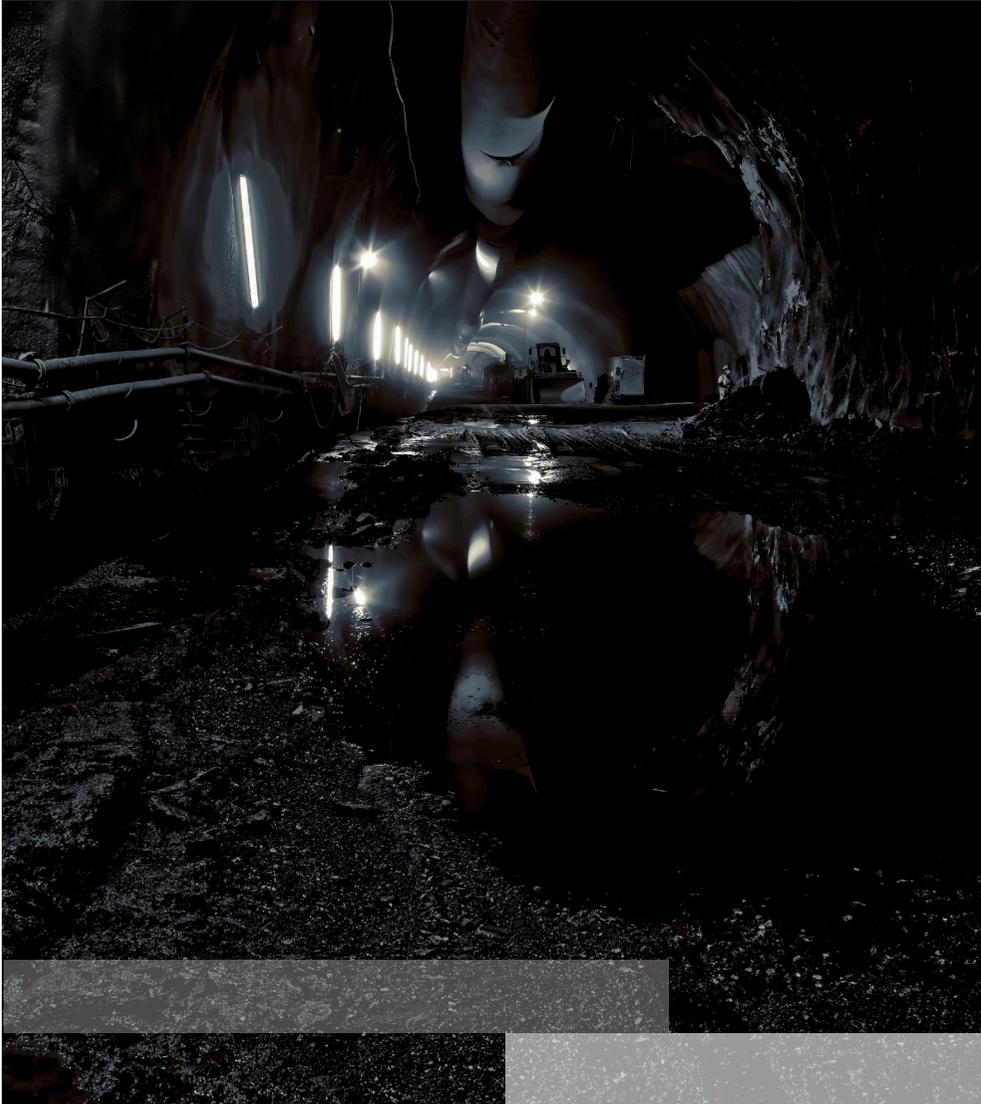
- Cómo nuestro equipo de atención al cliente y nuestro liderazgo intelectual van más allá para garantizar que obtenga el máximo valor de PLAXIS.

Capítulo 6: PLAXIS en acción

- El proceso completo de construcción de un modelo y simulación de una excavación subterránea en PLAXIS.

Conozca PLAXIS

La forma más rápida y sencilla de construir modelos geotécnicos de túneles precisos



PLAXIS está diseñado para resolver los problemas que los ingenieros geotécnicos enfrentan todos los días, incluidos los desafíos de reducir los riesgos de los proyectos de túneles.

De esta forma, podrá crear, analizar y posprocesar de manera eficiente modelos de elementos finitos de túneles, sin tener que dedicar horas a corregir errores o repetir las mismas tareas de bajo valor.

Con PLAXIS, puede modelar y analizar cada aspecto del diseño de un túnel.

- Defina perfiles del terreno y secciones transversales geotécnicas complejas.
- Explore el impacto de agregar elementos estructurales, como conjuntos de acero, arcos de paraguas y pernos de roca.
- Analice el efecto de la vibración sísmica o provocada por el hombre sobre el suelo, la roca o las estructuras asociadas.
- Realice análisis de flujo o deformación para evaluar el impacto de la deshidratación o cualquier otra fuente de variaciones del nivel del agua.
- Organice los elementos de construcción de túneles de manera eficiente en PLAXIS Tunnel Designer para lograr una definición de geometría optimizada, un mallado eficiente en términos de tiempo, una generación de fases eficiente y una creación de modelos rápida y optimizada.



¿Qué hace que PLAXIS sea especial?

En los próximos capítulos, desglosaremos las características que hacen que PLAXIS sea la mejor solución para los ingenieros geotécnicos.

Resultados más confiables

Al ejecutar análisis complejos basados en técnicas probadas, PLAXIS le permite modelar la construcción y el impacto del túnel con nuevos niveles de precisión.

Flujos de trabajo más integrados

PLAXIS está orientado hacia una integración efectiva con el software de todo el ecosistema Seequent mediante el uso de datos ascendentes para construir modelos más precisos y la alimentación de los datos de los modelos PLAXIS a la siguiente etapa del diseño.

Automatización inteligente

PLAXIS le permite automatizar completamente el proceso de generación de modelos mediante secuencias de comandos basados en Python. Además, con más recursos de la comunidad PLAXIS disponibles todos los días, automatizar el flujo de trabajo de modelado es cada vez más sencillo.

Potente y accesible

Cada aspecto de la interfaz de PLAXIS está elegido para que la creación de modelos sea sencilla y fluida, y para que pueda comenzar a modelar de inmediato con facilidad.

Atención al cliente experta

¿Se encuentra con algún problema? ¿Busca consejos y trucos? Obtenga asesoramiento rápido y experto de nuestro equipo multidisciplinario de atención al cliente, con sede en todo el mundo.

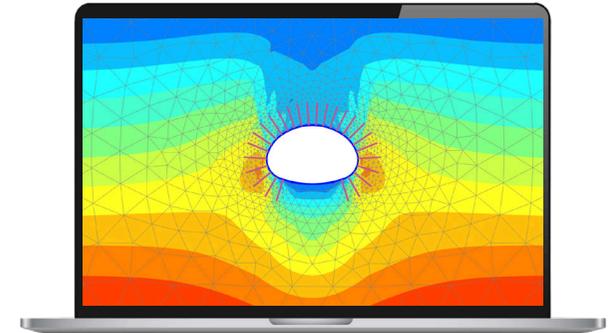
¿Cuánto va a profundizar?

Elija el software de PLAXIS adecuado para usted.

PLAXIS 2D

Realice un riguroso análisis de elementos finitos en 2D de deformación y estabilidad.

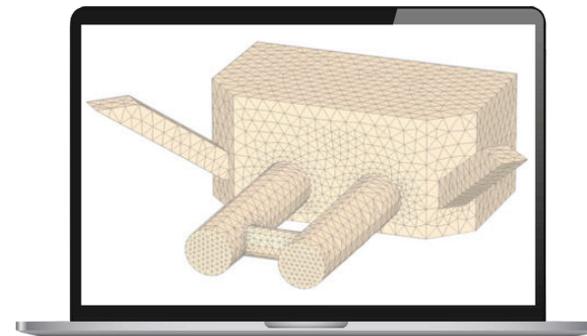
- Cree modelos con rapidez y analice la deformación y la estabilidad a partir del boceto en el plano 2D.
- Realice análisis dinámicos rentables.
- Optimice la fortificación de excavación y el refuerzo del terreno mediante análisis de sensibilidad.



PLAXIS 3D

Realice análisis 3D precisos de elementos finitos de deformación y estabilidad.

- Cree modelos detallados e hiperprecisos en 3D y explore el impacto de su proyecto desde todos los ángulos.
- Aproveche la ingeniería geotécnica y la mecánica de rocas con procedimientos de mallado totalmente automatizados y solucionadores de vanguardia para la generación rentable de resultados.
- Defina la geometría con eficiencia mediante la importación de componentes del subsuelo y del túnel desde otros programas de software en el amplio ecosistema conectado de Seequent y Bentley.



Resultados en los que puede confiar

Cómo el modelado hiperpreciso de PLAXIS lo ayuda a excavar con confianza



Pasar horas verificando tres veces las cifras o haciendo cálculos manuales puede suponer una enorme pérdida de tiempo y de paciencia para un ingeniero geotécnico.

Cuando la seguridad del proyecto depende de sus modelos, necesita datos en los que pueda confiar por completo.

Es por eso que PLAXIS se basa en las últimas investigaciones, los métodos de análisis probados y la experiencia de campo de los mejores ingenieros geotécnicos de la industria. Y vale la pena: nuestro modelo numérico se alinea constantemente con los datos medidos in situ de los sitios de las excavaciones subterráneas de nuestros clientes.

¿El resultado? Puede pasar a la siguiente etapa del proyecto con total confianza de que el túnel será diseñado de manera eficiente y cumplirá con todas sus expectativas de seguridad.

¿Qué hace que el análisis de PLAXIS sea tan preciso?

Técnicas líderes en la industria

Toda la información que genera PLAXIS se basa en el método de elementos finitos (finite element method, FEM), que fue probado y comprobado en numerosos estudios independientes y pruebas de campo.

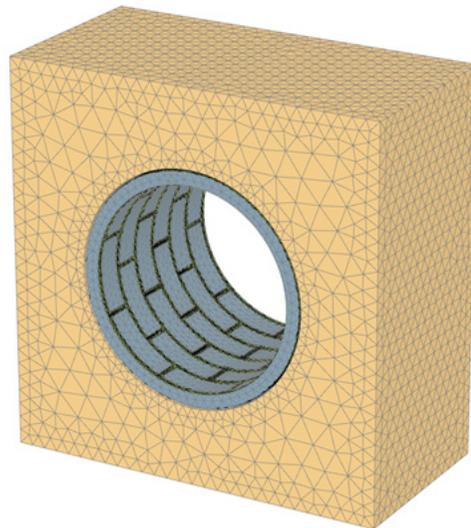
También viene equipado con un procedimiento de mallado automatizado que se encarga de generar la densidad de malla adecuada en la ubicación correcta mediante el uso de elementos finitos de alto orden.

Modelos constitutivos avanzados

Modele el impacto del diseño de un túnel en una amplia gama de tipos de suelo y roca. PLAXIS va más allá de los modelos simples para simular con precisión el comportamiento del suelo y la roca para brindarle una comprensión más precisa de cómo responde el material a las instalaciones de túneles o excavaciones.

Aproveche los modelos constitutivos sofisticados con el uso de características específicas como las siguientes:

- Dependencia de la rigidez respecto de la tensión y la deformación.
- Endurecimiento y ablandamiento por deformación.
- Memoria de preconsolidación.
- Estado crítico.
- Fluencia.
- Esponjamiento y consolidación.
- Anisotropía, incluidos conjuntos de juntas multidireccionales.



Modelos de suelo definidos por el usuario

¿Necesita un modelo que no está en nuestra biblioteca? Programe su propio modelo de suelo definido por el usuario (user-defined soil model, UDSM) para generar predicciones más precisas y profundizar su análisis.

Modelado de la presión del agua

Emplee potentes funciones de modelado de presión intersticial (basadas en el principio de Terzaghi) y tenga en cuenta de manera eficiente el comportamiento del agua subterránea y su impacto en su estructura. PLAXIS puede modelar lo siguiente:

- Comportamiento drenado.
- Comportamiento no drenado mediante el uso de enfoques de estrés efectivo y estrés total.
- Desaguado y su influencia en el comportamiento mecánico del suelo, teniendo en cuenta los valores de permeabilidad, porosidad y el comportamiento de la zona no saturada.

Análisis desde todos los ángulos

Explore cada aspecto del diseño del túnel. Elija entre:

- Análisis plástico.
- Análisis de seguridad.
- Análisis dinámico con análisis de consolidación opcional.
- Análisis de flujo-deformación totalmente acoplado.

Resultados precisos y sólidos, también en terreno natural

En comparación con materiales de ingeniería más estables, como el acero y el hormigón, los materiales naturales, como la roca y el suelo, son altamente impredecibles. Sin un análisis geotécnico lo suficientemente complejo, el túnel podría enfrentar algunos problemas potencialmente catastróficos:

1. Predicción excesiva de la resistencia al corte del suelo no drenado.
2. Predicción inexacta de deformaciones y predicciones poco realistas de acciones sobre el revestimiento y los asentamientos del terreno detrás de él.
3. Asentamiento incontrolado a nivel de la superficie, que inclina y potencialmente daña edificios y estructuras superiores.
4. Predicción insuficiente de pérdida de volumen.

PLAXIS puede modelar la deformación y la estabilidad en la mayoría de los materiales y entornos, incluso en materiales desafiantes como el suelo y la roca.

PLAXIS emplea modelos constitutivos avanzados, como el modelo de suelo blando y el modelo de suelo endurecido con rigidez de deformación pequeña (HSsmall), que van desde modelos lineales simples hasta modelos no lineales muy avanzados, para simular con precisión casi cualquier tipo de suelo o roca.

Automatización inteligente, diseño accesible

Cómo PLAXIS elimina los obstáculos para un análisis geotécnico eficiente para túneles



Los modelos son esenciales para reducir los riesgos de cualquier proyecto de construcción de túneles, pero eso no significa que los ingenieros geotécnicos deban perder un tiempo precioso luchando con software poco intuitivo o realizando de forma manual tareas simples repetitivas.

Sin embargo, sin las herramientas adecuadas, el proceso de construcción, análisis y actualización de un modelo puede ser complejo y llevar mucho tiempo.

Con tecnología de vanguardia y una automatización líder en el mercado, PLAXIS elimina los obstáculos que hacen que el modelado lleve mucho tiempo y facilita la creación de modelos detallados y precisos.

“

“PLAXIS es la mejor herramienta que el mercado de software geotécnico tiene para ofrecer a los equipos expertos en ingeniería geotécnica que desean un beneficio competitivo sobre sus pares”.

– Șerban Nicolau

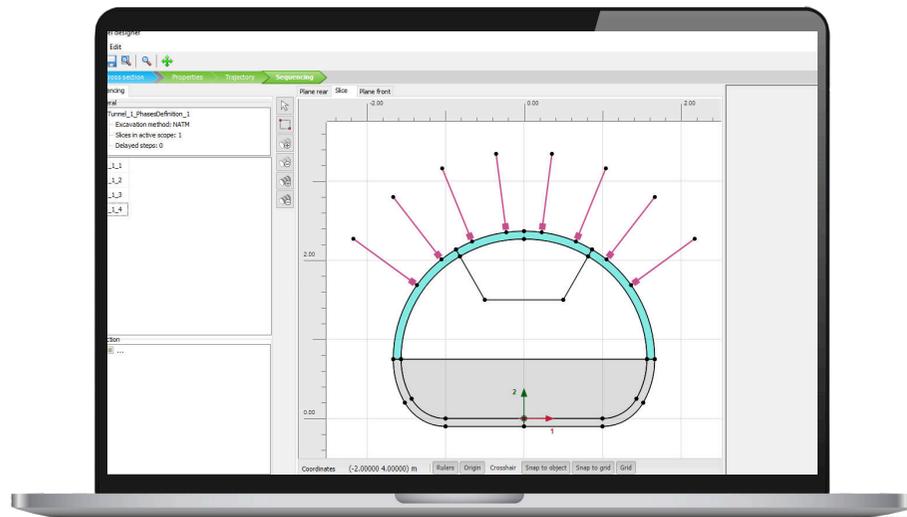
Ingeniero de Diseño FEM, SAIDEL Engineering.

Diseño fácil de usar

Análisis avanzado, envuelto en un diseño fácil de usar. PLAXIS pone todas las herramientas que más emplea a su alcance y le permite agregar datos, actualizar diseños o profundizar en su análisis fácilmente.

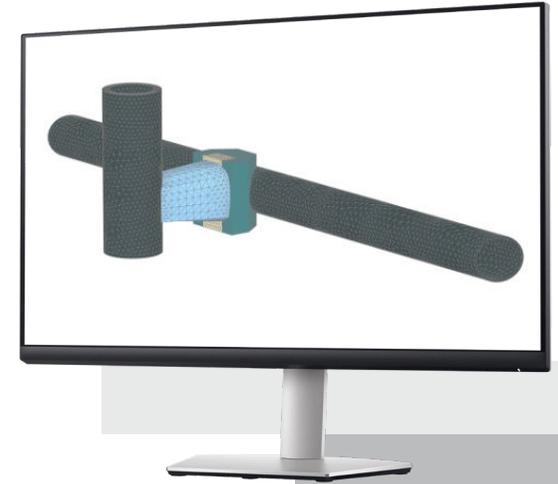
Modelado

- Diseño de geometrías arbitrarias mediante las herramientas “Combine” (Combinar), “Intersect” (Intersectar), “Extrude” (Extruir), “Loft” (Elevar), “Blend Surfaces” (Fusionar superficies) y “Revolve around axis” (Rotar alrededor del eje).
- Matriz polar y rectangular.
- Herramienta Tunnel Designer con fácil definición de pernos de anclaje de rocas, arcos de paraguas y jácenas.
- Definición de la secuencia de excavación en el Tunnel Designer.
- Generación automática de fases de construcción por etapas para túneles.
- Análisis de elastoplástica para vigas y placas.
- Activación y pretensión de los pernos del cable.



Creación de malla

- El mallado automático de barrido lo ayuda a crear mallas eficientes más rápido.
- Los refinamientos manuales de malla le brindan un control total.
- Generación automática de mallas irregulares, regulares o barridas.
- Capacidades para respaldar la inspección de la calidad de la malla.

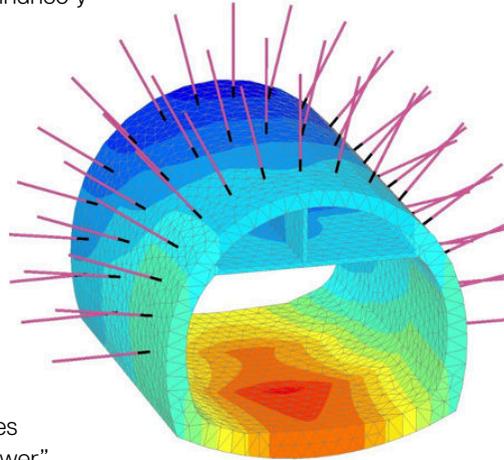


Cálculos

- Procedimientos de cálculo probados y sólidos.
- Computación multinúcleo.
- K0, carga de gravedad y tensión de campo para cálculos de tensión inicial.
- Análisis de desplazamiento, flujo acoplado-deformación y seguridad.
- Instalaciones para cálculos de flujo de agua subterránea en estado estacionario o transitorio, incluidos los parámetros de material relacionados con el flujo, las condiciones de contorno, los drenajes y los pozos.
- Análisis pseudoestático y dinámico, incluida la dinámica con consolidación y campo libre y condiciones de contorno de base flexibles y cargas puntuales o lineales móviles.
- Especificación de variaciones de carga, aceleramiento o altura a través del tiempo con funciones lineales, armónicas o de tabla.
- Explorador de fases cómodo e intuitivo.
- Regeneración automática de etapas de construcción para cambios geométricos.

Análisis de resultados

- Obtenga una evaluación realista de tensiones y desplazamientos.
- Vea gráficos vectoriales, de contorno e isosuperficies de desplazamiento, tensión, presión intersticial o aceleramiento.
- Analice fuerzas estructurales de pilotes de volumen cilíndrico y cuadrado.
- Emplee Curves Manager para ver el desplazamiento causado por diferentes cargas.
- Vea gráficos de aceleramiento pseudoespectral o curvas de sección transversal.
- Profundice en el análisis con segmentación avanzada de datos.
- Explore desde todos los ángulos con la sección móvil transversal.
- Amplio generador de informes y películas para compartir datos de forma fácil y eficiente.
- Comparta los resultados de los proyectos con las partes interesadas y los inversionista a través del "Output Viewer" (Visor de salida) gratuito de PLAXIS.



Automatización avanzada

PLAXIS automatiza por completo el proceso de generación de modelos, desde su creación hasta la extracción de resultados y la generación de informes.

Las secuencias de comandos basadas en Python le permiten automatizar los procesos más empleados tanto en el programa de entrada como en el de salida, por lo que puede ahorrar tiempo al reducir los trabajos de menor valor y que consumen mucho tiempo, como los siguientes:

• Cambios de variables

Cree secuencias de comandos que predigan el impacto de los cambios en las variables como la competencia del suelo o el espesor del hormigón.

• Parámetros de material de uso frecuente

¿Modela muchas estructuras similares? ¿Introduce los mismos parámetros de material una y otra vez? Cree una secuencia de comandos que lea los parámetros del material directamente desde la base de datos de su compañía.

Cómo crear secuencias de comandos con PLAXIS

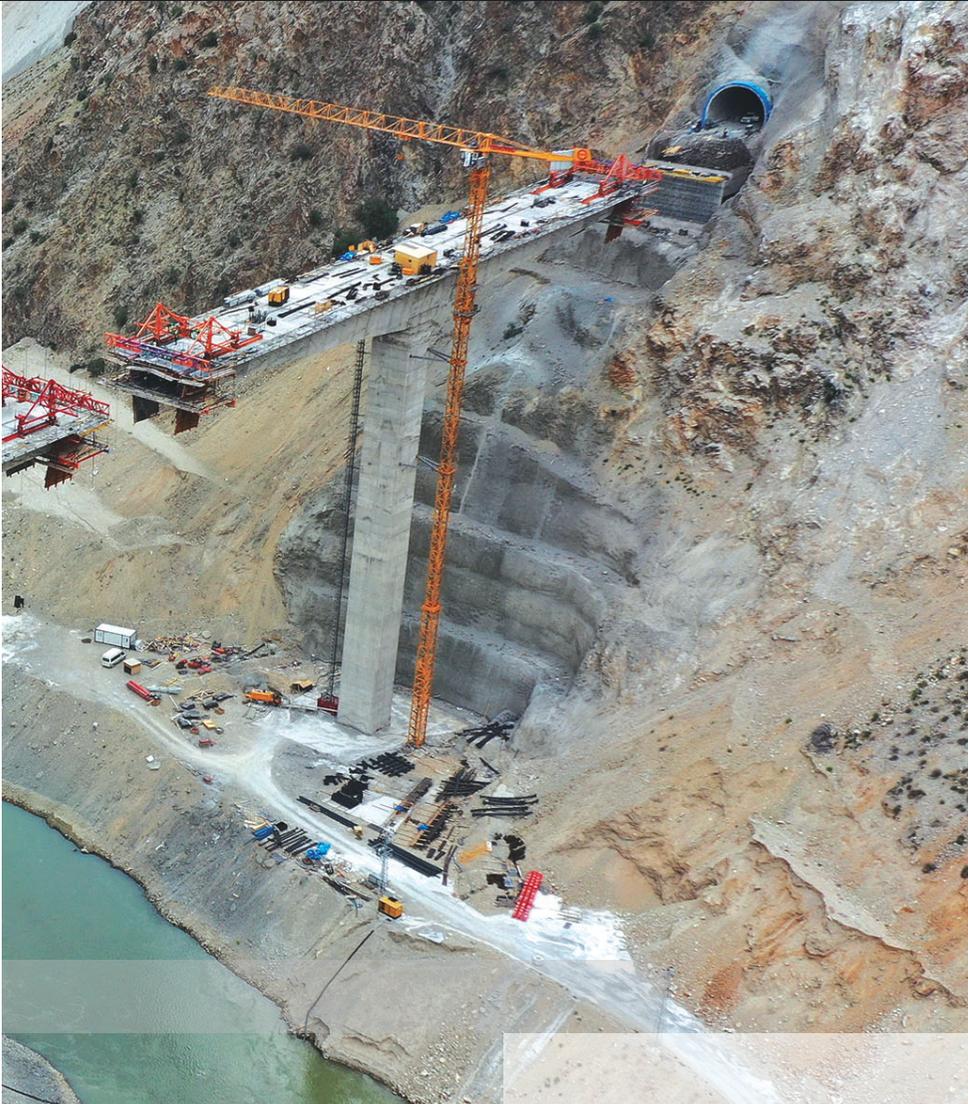
Automatizar el proceso de modelado de túneles con PLAXIS es sencillo para cualquier persona con conocimientos básicos de Python.

¿Sabe qué quiere automatizar? En menos de 10 pasos tendrá una nueva secuencia de comandos en funcionamiento.

1. **Identifique el comando que desea ejecutar.** Puede emplear la interfaz gráfica de usuario (Graphic User Interface, GUI) para verificar la sesión de línea de comandos o vaya a "Help" (Ayuda) > "Command reference" (Referencia de comandos) para verificar que está en el camino correcto.
2. **Vaya al programa PLAXIS Input.** Aquí podrá configurar la secuencia de comandos.
3. **Abra el menú "Help" (Ayuda) y seleccione "Scripting reference" (Referencia de comandos).**
4. **Configure la ventana de configuración del servidor de secuencias de comandos remotos.**
5. **Busque el comando para "Input" (Entrada) o "Output" (Salida).** Esta lista está ordenada alfabéticamente, por lo que es más fácil encontrar lo que está buscando.
6. **Haga clic en el nombre del comando.** Se abrirá un ejemplo en una nueva pestaña.
7. **"Select cell" (Seleccionar celda) > "Run All" (Ejecutar todo).**
8. **Jupyter Notebook ejecuta el ejemplo y proporciona las respuestas de PLAXIS.**
9. **Revise PLAXIS Input/Output para ver el ejemplo.**
10. **Ponga la secuencia de comandos a trabajar;** adapte el ejemplo al problema o proceso que desea abordar con la automatización.

Flujos de trabajo digitales sin interrupciones

Cómo PLAXIS se integra en su proceso de ingeniería geotécnica (y lo mejora)



Cuanto más datos introduzca en su modelo, más preciso será su análisis.

Sin embargo, mover datos de un software a otro a menudo cuesta un tiempo precioso.

¿Cuánto tiempo pierde transfiriendo datos de diseño al modelo de túnel? ¿O realizando actualizaciones en su modelo cuando cambian los requisitos de diseño? ¿O transmitiendo los resultados de su análisis a la siguiente etapa del proyecto?

Flujo de datos digitales sin esfuerzo y sin interrupciones

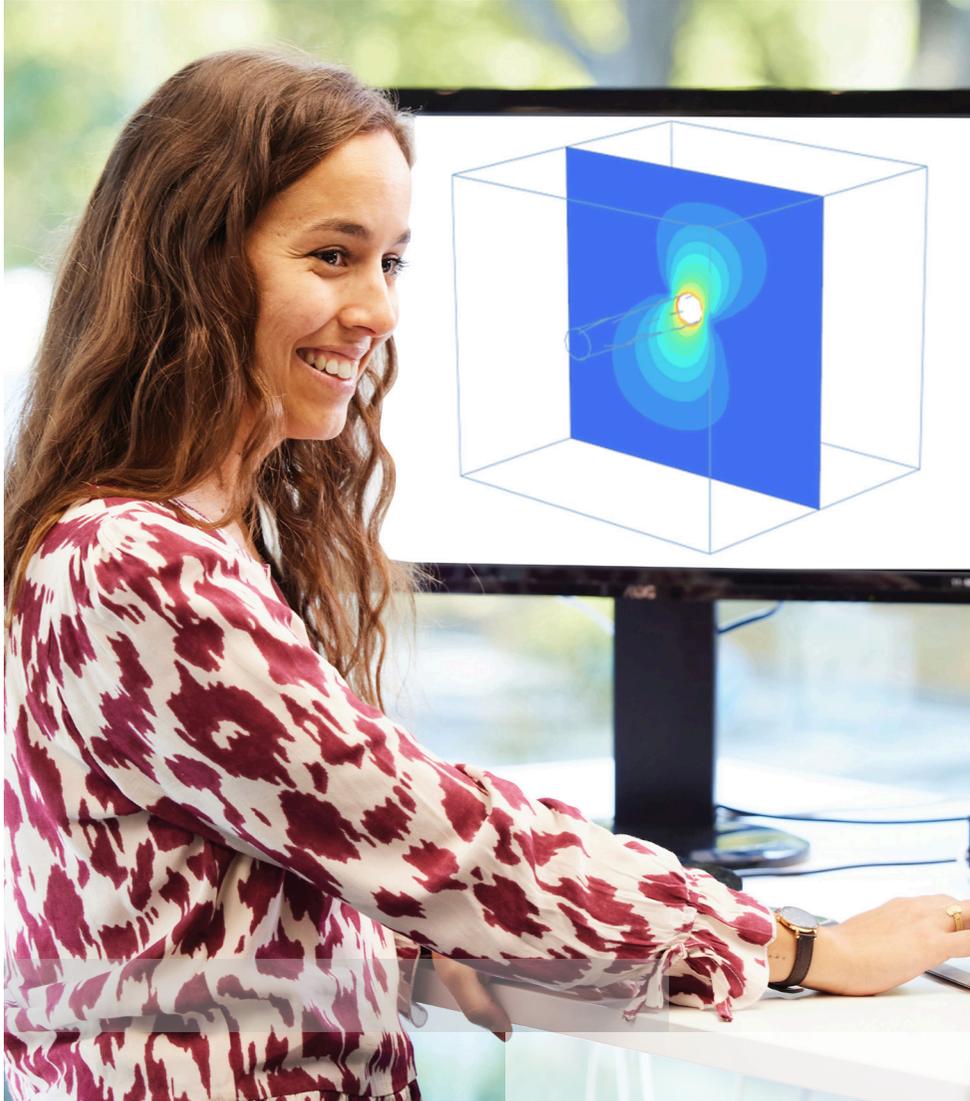
Debido a que PLAXIS es parte del ecosistema de Seequent y Bentley, está diseñado para integrarse con las plataformas más populares para todo, desde el modelado geológico hasta la generación de gemelos digitales.



- Amplíe su modelo con información geotécnica obtenida a partir de investigaciones del sitio, estudios y planos.
- Profundice su análisis con datos de modelado geológico extraídos de Leapfrog.
- Cree todo su modelo de infraestructura de túnel en OpenTunnel Designer y genere un modelo analítico en PLAXIS con solo hacer clic en un botón.
- Realice análisis de estabilidad de equilibrio límite de taludes con GeoStudio.
- Transmita los resultados de su análisis a otros equipos.

Atención al cliente dedicada

Cómo el equipo de atención al cliente experto de PLAXIS lo ayuda a aprovechar al máximo su software



¿Tiene alguna pregunta sobre PLAXIS? ¿Busca formas de jugar con secuencias de comandos de Python o expandir sus modelos? Nuestro equipo de atención al cliente está siempre aquí para ayudar.

- **Respaldados por la experiencia en ingeniería geotécnica**
No solo somos expertos en PLAXIS. Nuestro equipo de asistencia está formado por ingenieros geotécnicos con amplia experiencia en la industria.
- **Atención al cliente en todo el mundo**
Sin centros de llamadas subcontratados. Solo asistencia local y dedicada. Nuestros equipos de atención al cliente están ubicados en todo el mundo, por lo que puede comunicarse con alguien en su región.
- **Respuesta rápida**
Nunca permitiremos que un servicio de atención al cliente sin respuesta ralentice su proyecto. Nos comunicaremos con usted rápidamente y lo ayudaremos a resolver el problema lo antes posible para que pueda volver al trabajo.
- **Atención personalizada**
No ofrecemos el mismo asesoramiento para todos. Lo conoceremos a usted, su proyecto y sus procesos para poder ofrecerle asistencia personalizada en todo, desde la implementación de PLAXIS hasta el tipo de modelo adecuado para su proyecto.

PLAXIS en acción

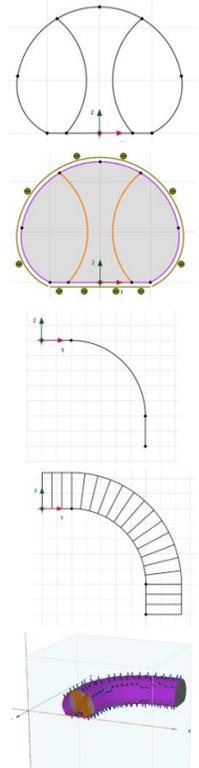
Cómo diseñar y analizar su túnel en PLAXIS



Ahora que está familiarizado con las características que hacen de PLAXIS una de las plataformas de simulación geotécnica más populares de la industria, le mostraremos cómo funciona en la práctica.

Repasemos el proceso de modelado de un túnel, paso a paso.

- 1. Emplee Tunnel Designer para definir la geometría del túnel**
 Introduzca valores para los contornos del túnel, su posicionamiento y los materiales de ingeniería. Defina la geometría de la vista frontal del túnel y cree contornos de excavación internos.
- 2. Genere y coloque elementos estructurales**
 Defina la composición de los pernos de anclaje de roca y otros elementos estructurales y su ubicación en el túnel.
- 3. Defina la trayectoria del túnel**
 Aquí es donde establecerá la trayectoria del túnel en la vista superior.
- 4. Defina la secuencia en 3D**
 Ingrese al modo de excavación por etapas y simule la excavación corte por corte. Podrá evaluar la deformación de la roca o el suelo circundantes y el impacto general de sus elecciones de diseño en cada etapa de la excavación.
- 5. Genere el túnel**
 Es hora de juntarlo todo y convertir todos los parámetros que ingresó en un modelo completo.

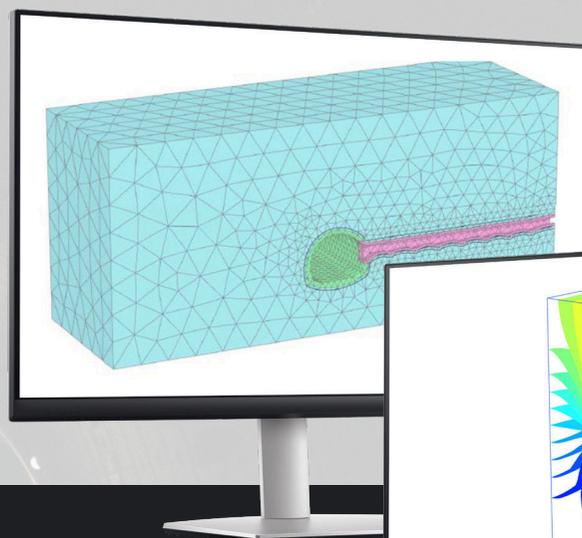


¿Listo para un modelado de túneles más fácil y preciso?

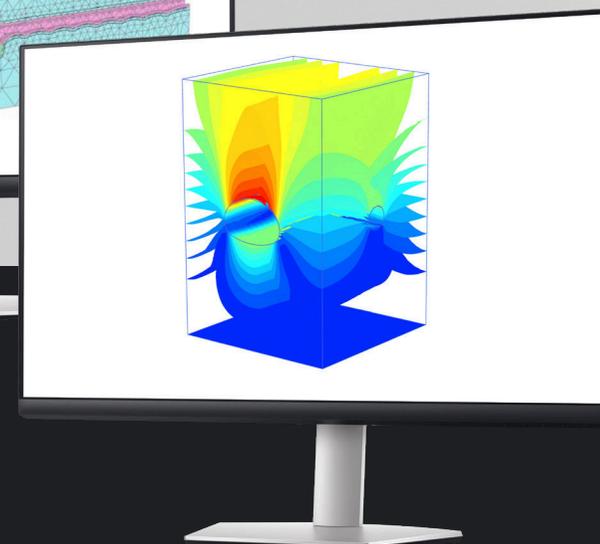
Más rápido. Más fácil. Más preciso. Es hora de actualizar su software de análisis de túneles.

Tanto si está considerando técnicas de excavación tradicionales o mecanizadas, hormigón proyectado o revestimiento de segmentos de hormigón prefabricado, PLAXIS le permite comprender rápidamente el impacto de sus elecciones de diseño.

¿Está listo para unirse a los ingenieros de todo el mundo que emplean PLAXIS para reducir los riesgos de sus proyectos de tunelaje?



PLAXIS®



**La prueba gratuita de PLAXIS 2D o PLAXIS 3D
lo está esperando.**

¡Empecemos!



Una mejor comprensión de la Tierra
crea un mundo mejor para todos

www.sequent.com