

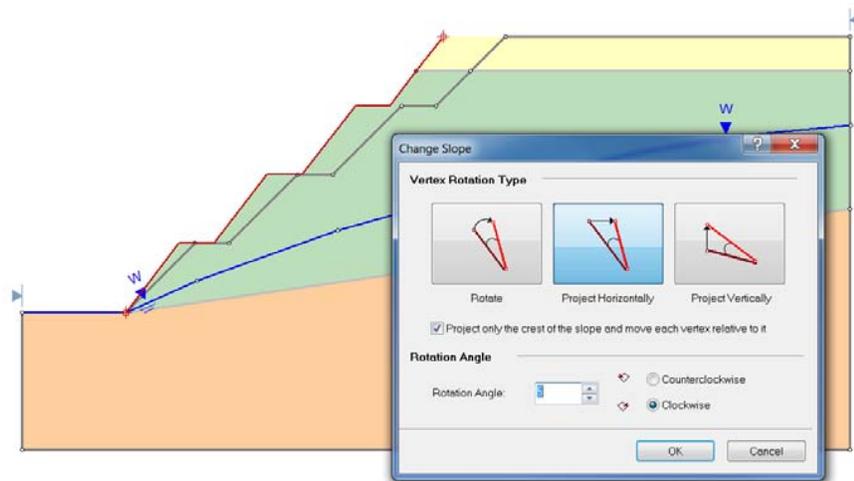
Optimización del Ángulo del Talud

En este tutorial, se utiliza el *Slide* para examinar la estabilidad de una mina a cielo abierto. Se utiliza la opción de edición **Cambiar Ángulo del Talud** (“Change Slope Angle”) para optimizar el diseño a cielo abierto para hacer del talud lo más empinado posible, manteniendo un adecuado nivel de seguridad.

Puede encontrar los modelos terminados en los archivos del **Tutorial 22 Ángulo del Talud 0.slim** (“**Tutorial 22 Slope Angle 0.slim**”) al **Tutorial 22 Ángulo del Talud 15.slim** (“**Tutorial 22 Slope Angle 15.slim**”). Se puede acceder a todos los archivos del tutorial instalados con el *Slide* 6.0, al seleccionar Archivo>Carpetas Recientes>Carpetas de Tutoriales (“File > Recent Folders >Tutorials Folder”) desde el menú principal del *Slide*.

Temas Desarrollados

- Cambiar la opción de edición del ángulo del talud
- Optimización del ángulo del talud
- Cómputo de lote



Problema

Una mina de cielo abierto es excavada a través de la roca débil. La especificación del diseño de la mina señala que el **factor de seguridad debe ser superior a 1.25**. El objetivo es crear un talud lo más empinado posible (para minimizar costos) manteniendo un factor de seguridad mayor a 1.25. Esto se realiza en el *Slide* mediante la construcción de una serie de modelos con diferentes ángulos del talud y la observación de los factores de seguridad. Al graficar el ángulo del talud, con respecto al factor de seguridad, podemos obtener el ángulo del talud óptimo para ésta mina.

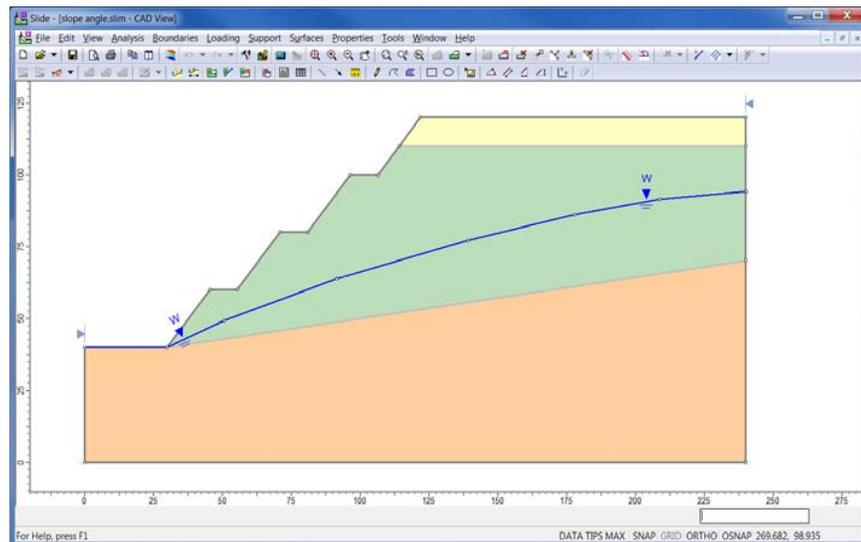
Modelo



Inicie el programa Modelo del *Slide*. En este tutorial empezaremos por abrir un modelo que ya ha sido creado.

Seleccione Archivo>Carpetas Recientes>Carpetas de Tutoriales (“File > Recent Folders >Tutorials Folder”) desde el menú principal del *Slide*, y abra el archivo **Tutorial 22 Ángulo del Talud 0.slim** (“Tutorial 22 Slope Angle 0.slim”).

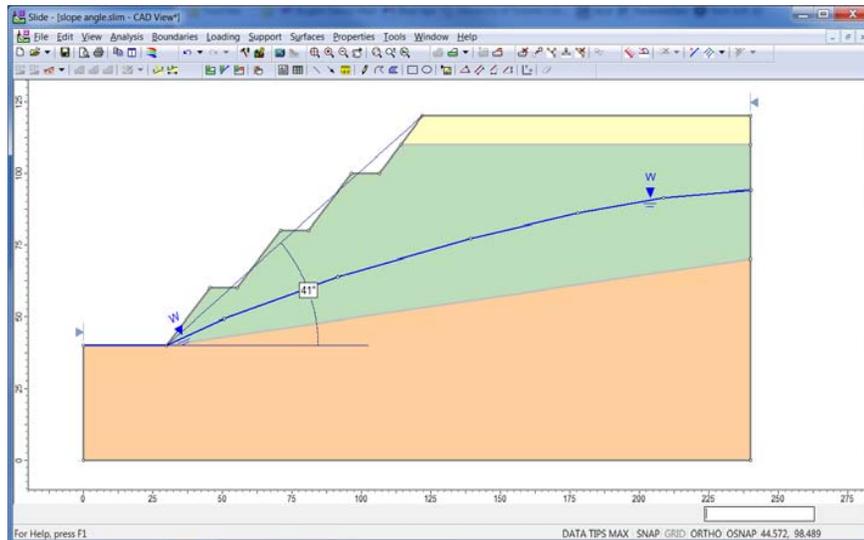
Usted observará un modelo que luce como la siguiente figura:



Este es un modelo de una mina a cielo abierto en la que existe una capa de sedimentos y una capa de roca erosionada débil en la parte superior del lecho de roca.



Para determinar el ángulo general del talud seleccione Herramientas>Añadir Herramientas>Ángulo de Dimensión (“Tools > Add Tool > Dimension Angle”). Haga clic en la cresta del talud (cerca de 122, 120) y luego haga clic en el pie del talud (en 30, 40). Ahora, mueva el mouse a la derecha para dibujar una línea horizontal. Haga clic en el botón del mouse para terminar de dibujar el ángulo y deberá ver que el talud tiene una inclinación general de 41°.



Esto representa el modelo base para el cual vamos a tratar de optimizar el ángulo de inclinación del talud. Empezaremos por buscar el factor de seguridad para este modelo y luego cambiaremos el ángulo de inclinación del talud y observaremos los efectos.

Computar (“Compute”)

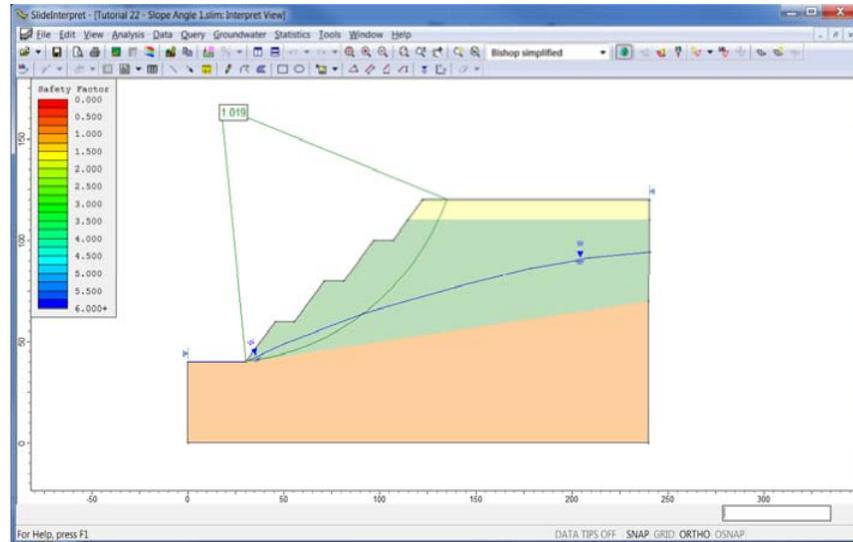


Ejecute el modelo utilizando la opción **Computar (“Compute”)** en el menú **Análisis (“Analysis”)**. Una vez que el modelo ha terminado de computar (se cierra la ventana de diálogo Computar), seleccione la opción **Interpretar (“Interpret”)** en el menú **Análisis (“Analysis”)** para visualizar los resultados.



Interpretar (“Interpret”)

Luego de seleccionar la opción Interpretar (“Interpret”), el programa Interpretar (“Interpret”) se inicia y lee los resultados del análisis. Usted verá que el factor de seguridad para este talud es aproximadamente 1.



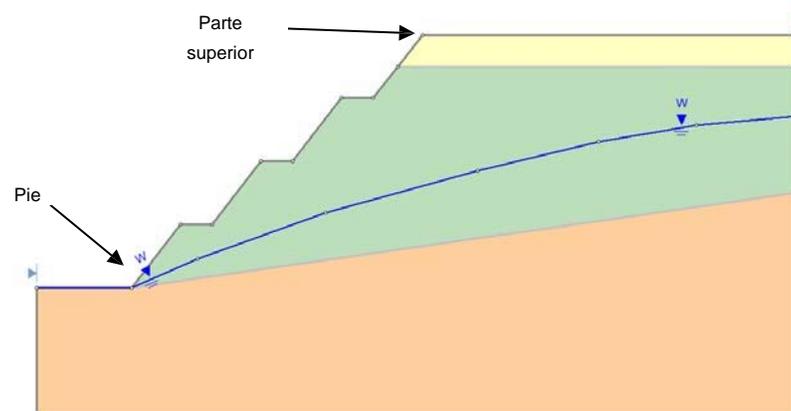
Esto indica que el talud está cerca a la falla y que el diseño es por lo tanto inaceptable. Ahora vamos a tratar de cambiar el ángulo del talud para producir un mayor factor de seguridad.

Cambiando el ángulo del talud



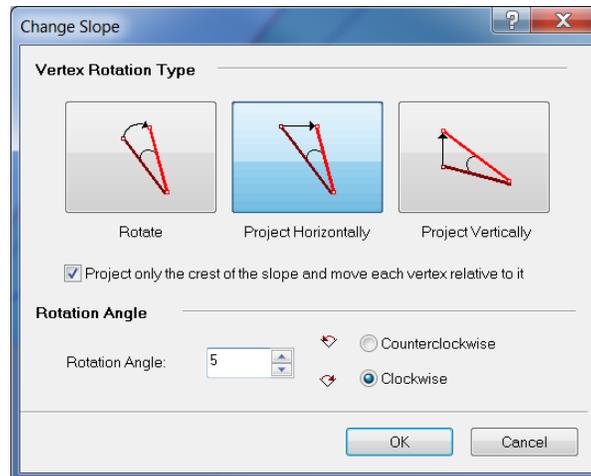
Regrese al programa Modelo (“Model”) en el *Slide*. Primero, elimine la herramienta de dibujo de Ángulo de Dimensión (“Dimension Angle”), al hacer clic derecho sobre ella y al seleccionar Eliminar Herramienta (“Delete Tool”).

Seleccione **Límites>Cambiar Ángulo del Talud (“Boundaries > Change Slope Angle”)**. Ahora se le solicita que escoja el vértice de inicio en el pie del talud. Haga clic en el punto en 30, 40. Ahora, se le solicita que escoja el vértice en la parte superior del talud (cerca a 122, 120).

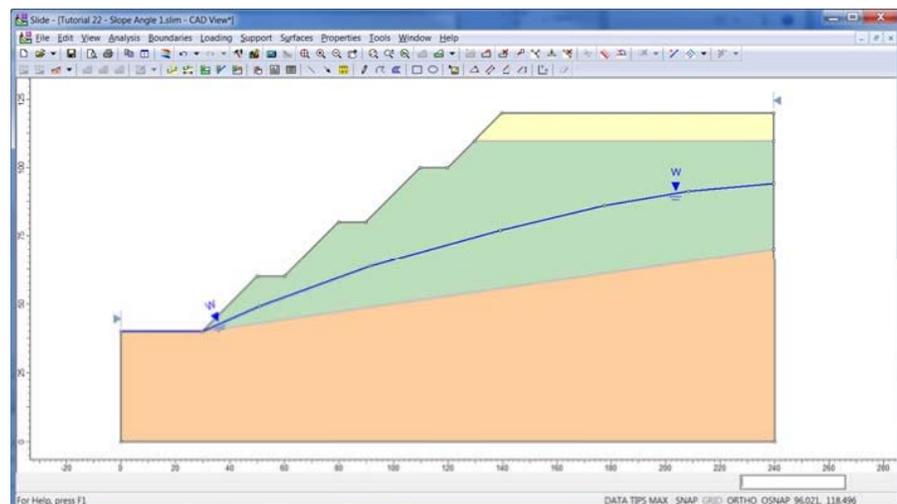


Después de hacer clic en el punto superior, se le presentará la ventana de diálogo Cambiar de Talud (“Cambiar Talud”). La acción por defecto es **Proyectar Horizontalmente** (“**Project Horizontally**”). Esto es lo que queremos, ya que tenemos escalones planos en nuestro talud y no queremos que los giren.

Queremos hacer el talud más superficial, de modo que debe elegir el sentido de las agujas del reloj para la rotación. El valor predeterminado de 5° es adecuado para una primera estimación.



Haga clic en OK para cerrar la ventana de diálogo. Ahora usted verá que el ángulo de su talud es más superficial.



Guarde el modelo utilizando la opción **Guardar Como** (“**Save As**”) en el menú Archivo (“**File**”) (dele un nombre diferente al del modelo anterior).

Computar (“Computer”)

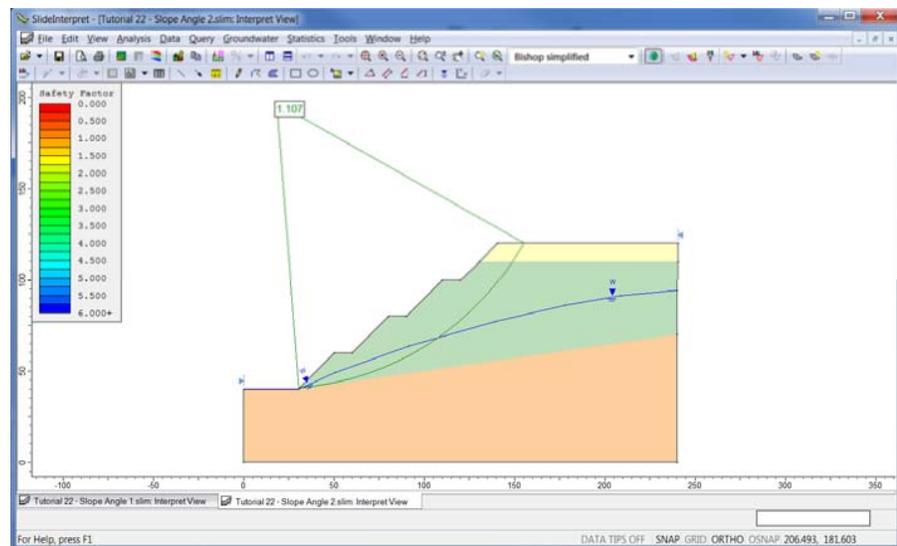


Ejecute el modelo utilizando la opción **Computar** (“**Compute**”) en el menú **Análisis** (“**Analysis**”). Una vez que el modelo ha terminado de computar (se cierra la ventana de diálogo **Computar**), seleccione la opción **Interpretar** (“**Interpret**”) en el menú **Análisis** (“**Analysis**”) para visualizar los resultados.

Interpretar (“Interpret”)



Luego de seleccionar la opción de Interpretar, el programa Interpretar se inicia y lee los resultados del análisis. Usted verá que el factor de seguridad para este talud es aproximadamente 1.1.



Esto es todavía menos que el factor de seguridad deseado (1.25); por lo tanto, probemos con otros ángulos del talud.

Optimización del Talud (“Slope Optimization”)

Ahora queremos determinar qué ángulo del talud proporcionará un factor de seguridad de 1.25. La mejor forma de hacer esto es ejecutar algunos ejemplos adicionales y luego trazar un gráfico del factor de seguridad en función del ángulo del talud. A continuación, podemos interpolar para obtener el ángulo deseado de la pendiente.



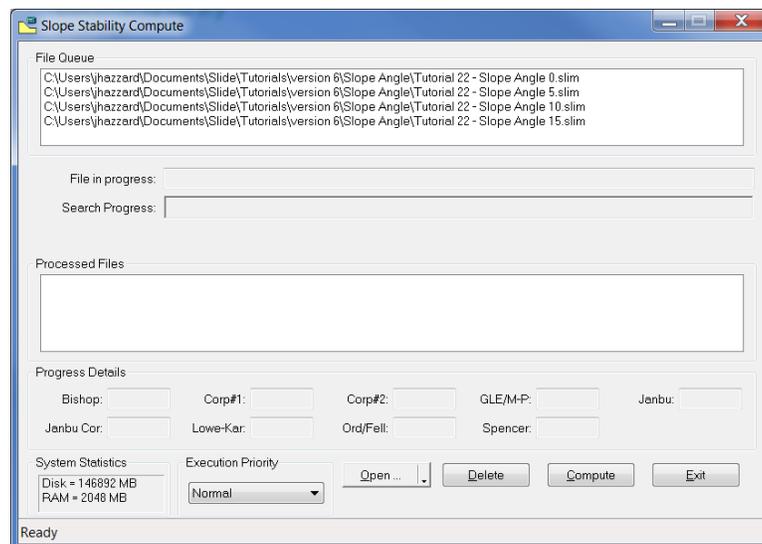
Regrese al programa Modelo del *Slide*. Repita el análisis anterior y gire el talud unos 5° hacia la derecha. A continuación, repita nuevamente girando otros 5° más. Este cuarto modelo tendrá un talud que se ha sido girado unos 15° en relación al original.

NOTA: en general, es mejor iniciar con el ángulo del talud **máximo**, y utilizar la opción Cambiar Ángulo del Talud (“Change Slope Angle”) para reducir el ángulo del talud. Si usted hace esto, el *Slide* simplemente recortará cualquier límite material en la superficie del nuevo talud. Si usted inicia con un talud poco profundo y lo hace más empinado, el *Slide* extenderá automáticamente cualquier límite material que cruce el talud, sin embargo, los resultados pueden no ser los que usted busca, y es posible que tenga que realizar ediciones adicionales para alcanzar los límites correctos.

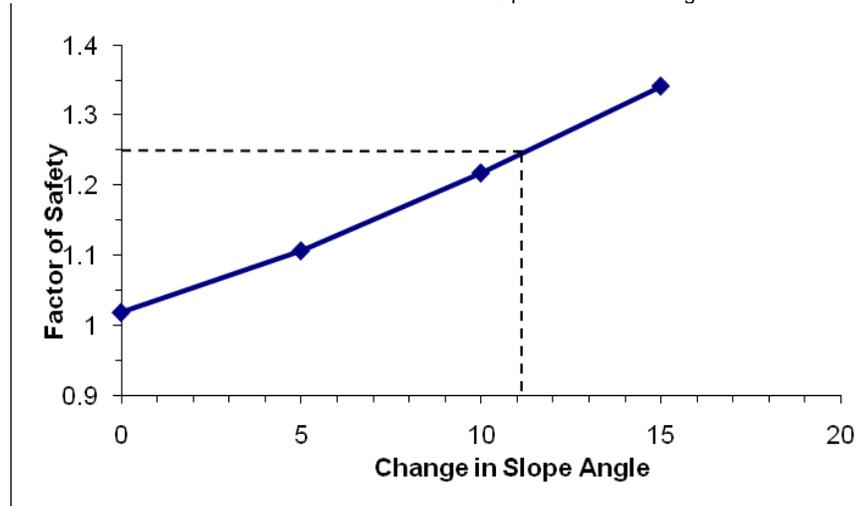
Cómputo de Lote (“Batch Compute”)

Usted puede crear múltiples modelos en el *Slide* y luego ejecutarlos todos en el modo lote. Por ejemplo, luego de que usted haya creado sus modelos, vaya al menú de Inicio de Windows y seleccione **Todos los Programas** → **Rocscience** → **Slide6.0** → **Utilidades** → **Computar Estabilidad del Talud (“All Programs → Rocscience → Slide 6.0 → Utilities → Slope Stability Compute”)**.

En la ventana de diálogo Computar (“Compute”), usted puede abrir múltiples archivos y luego hacer clic en Computar (“Compute”). El programa los computará todos de manera secuencial.



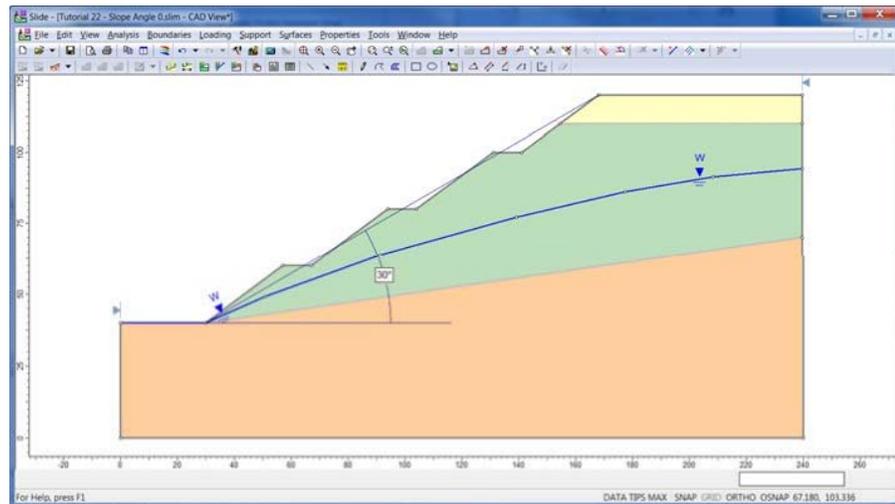
Luego de que haya terminado de ejecutar los modelos, abra los mismos en el programa Interpretar (“Interpret”) para determinar los factores de seguridad. Utilice un programa de hoja de cálculo (por ejemplo, Microsoft Excel) para trazar el Factor de Seguridad en relación al Cambio del Ángulo del Talud (“Change in Slope Angle”). El dibujo debe lucir así:



Ahora, usted puede interpolar para estimar el cambio en el ángulo del talud que producirá un factor de seguridad de 1.25 (se muestra con líneas punteadas en la figura de arriba). Al parecer un valor de $\sim 11^\circ$ debe producir los resultados deseados.

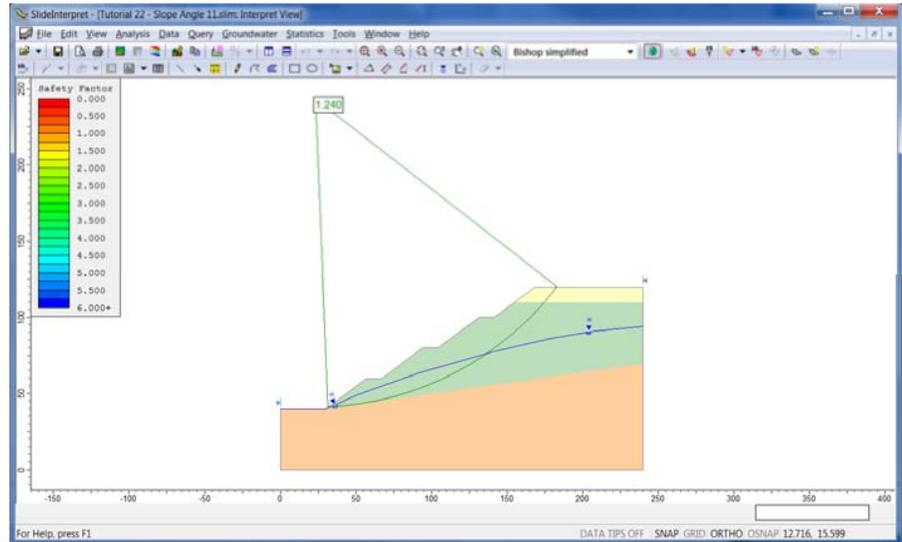
Diseño final del pozo (“Final Pit Design”)

En el programa Modelo (“Model”) del *Slide*, abra el modelo original y rote el talud en 11° hacia la derecha siguiendo los pasos descritos anteriormente. Mida el ángulo general del talud tal como lo hizo para el primer modelo (vaya a Herramientas>Añadir Herramienta>Ángulo de Dimensión (“Tools > Add Tool > Dimension Angle”) y haga clic en la parte superior, al pie y un tercer punto a la derecha del pie). Usted verá que el ángulo es ahora de 30° .





Ejecute Computar (“Compute”) y vea los resultados en Interpretar (“Interpret”). Usted deberá ver un factor de seguridad de 1.24. Esta cifra es ligeramente menor que el valor esperado de 1.25. Esto es probablemente porque el valor interpolado del gráfico anterior es en realidad más alto que 11° . Además, la relación entre el ángulo del talud y el factor de seguridad no es lineal, por lo que una interpolación lineal no proporciona una respuesta exacta. Usted puede ajustar el modelo para obtener un valor más cercano a 1.25, si fuera necesario.



Esto concluye el tutorial; ahora puede salir de los programas Interpretar (“Interpret”) y Modelo (“Model”) del *Slide*.