

## Superficie de deslizamiento plana

Programa: Estabilidad de Rocas

Archivo: Demo\_manual\_29.gsk

Este manual describe cómo determinar la estabilidad de un talud rocoso formado por metabasaltos en la sección transversal seleccionada (en el margen izquierdo de la zona de interés). La cara de la roca calculada se logra por un corte en la pendiente rocosa estable existente.

Se construyó una carretera en el borde superior de una pendiente rocosa, y en la parte inferior de la pendiente de roca se ubica un edificio de apartamento.

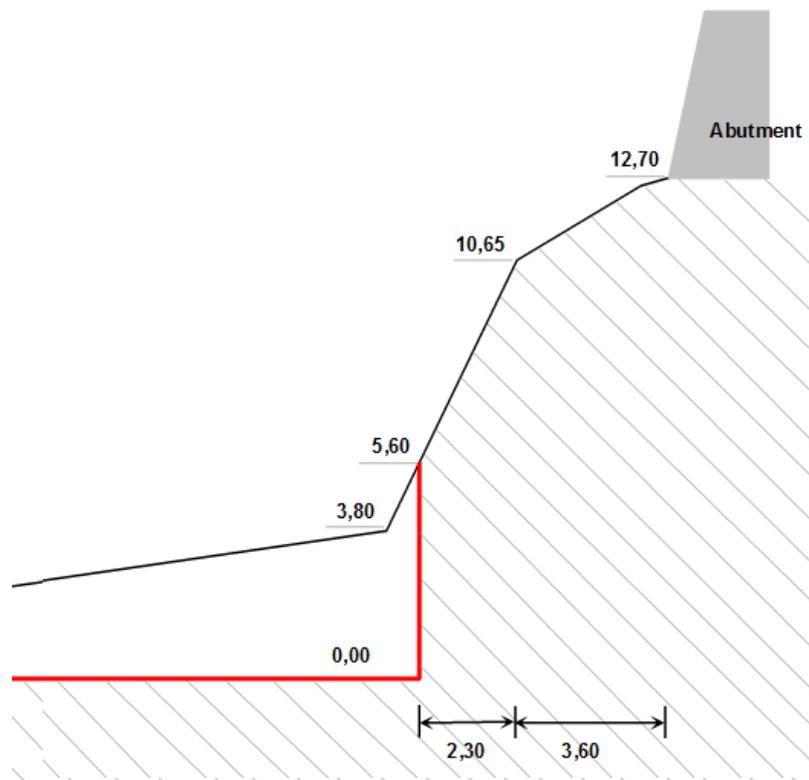
Una antigua investigación geológica y los resultados del estudio hidrogeológico actual, incluyen la descripción de los sistemas de discontinuidades y la fuerza de la roca



*Vista de la pendiente rocosa – sección transversal*

### Asignación:

El factor de seguridad final deseado es 1,5 debido a que la estabilidad de la pendiente rocosa está diseñada para una estabilidad de largo plazo. Si la pendiente tiene un factor de seguridad menor a 1,5, debe ser estabilizado. El análisis de la estabilidad de taludes y el diseño de construcción de seguridad están dispuestos para la sección transversal seleccionada después de los trabajos de excavación.



*Sección transversal evaluada se resalta en rojo el corte de la ladera de montaña*

Los siguientes parámetros geotécnicos de la masa de roca (betabasalt) se determinaron sobre la base de unas investigaciones geológicas y del archivo:

Unidad de peso de la roca = 26 kN/m<sup>3</sup>

Ángulo de fricción efectivo  $\phi' = 43^\circ$

Cohesión efectiva  $c' = 423$  kPa

El promedio de la resistencia a la compresión no confinada de la roca es 60 MPa y se determinó por una medición in situ (Schmidt hammer).

En el estudio hidrogeológico no se observaron flujos de agua subterránea. La presas de agua pequeñas situadas en la parte inferior de la pendiente (en partes de roca ligeramente envejecidas) están relacionados con el agua en la superficie durante las lluvias.

## Solución

Para resolver este problema, vamos a utilizar el programa GEO5, Estabilidad de Roca. Los cálculos de estabilidad de taludes rocosos en la sección transversal se llevarán a cabo según los factores de seguridad (debido al control futuro utilizando los cálculos manuales y un modelo numérico de elementos finitos). Vamos a explicar la resolución de este ejemplo paso a paso en el siguiente texto, tareas, análisis y conclusiones.

## Definición de tarea

1) Configurar el cálculo requerido según los factores de seguridad y el tipo de elección de fallo del talud de roca.

En el cuadro "**Configuración**", haga clic en "Seleccionar configuraciones" y luego seleccione el nro. 1 - "Estándar – Factor de seguridad".



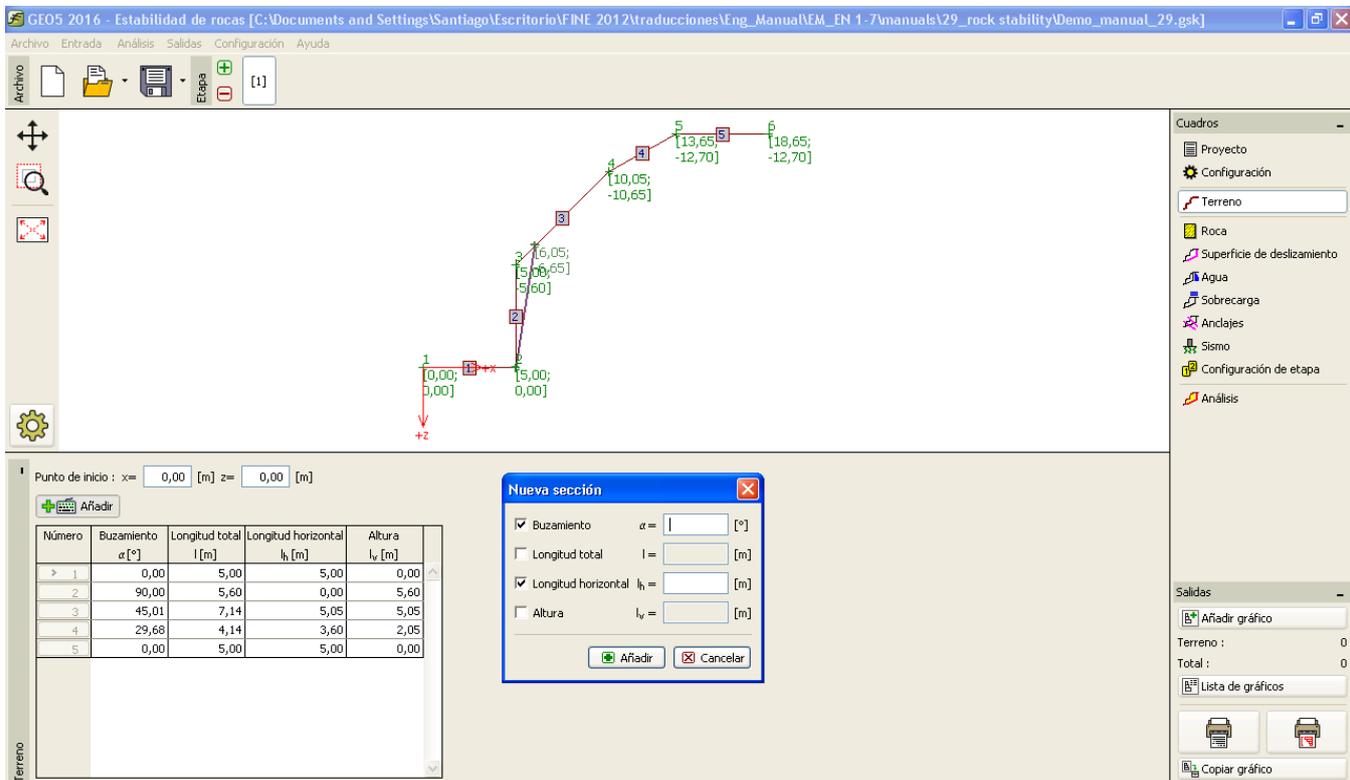
*Cuadro „Lista de configuraciones”*

Seleccionamos la opción de análisis en este marco. El programa Estabilidad de roca permite hacer el cálculo preliminar de la evaluación de falla del talud de roca por el uso de una pendiente en una superficie plana o un muro de roca poligonal. La determinación del plano inseguro de un deslizamiento sobre la masa rocosa es difícil en todas las situaciones y requiere de la cooperación con un geólogo estructural. En nuestro caso, la masa rocosa tiene un sistema múltiple de discontinuidades y por lo tanto se puede considerar el fallo a lo largo del plano de corte inclinado respecto a la horizontal en un ángulo de  $45^\circ + \varphi^* / 2$  ( $\varphi^*$  es el ángulo de resistencia al corte de la roca). Por lo tanto, seleccionamos el tipo de cálculo: Superficie de deslizamiento plana

2) Al entrar en la geometría del terreno y la cara de la roca

Ingresamos la geometría de la cara del terreno y de la roca en el cuadro "terreno". Antes de ingresar el perfil de la pendiente rocosa, podemos modificar los valores originales establecidos por defecto (punto de partida). La mejor opción para la geometría establecida es el uso de la parte inferior de la pendiente rocosa o algún punto situado a una corta distancia en el suelo delante de la cara de la roca. En nuestro caso, el inicio de la geometría se encuentra en un terreno horizontal a una distancia de 5 m por delante del talón de la pendiente rocosa, con coordenadas predeterminadas ( $x = 0, y = 0$ ).

En el cuadro "Terreno" seleccionar "Añadir icono", que mostrará el cuadro de diálogo donde agregar los puntos de geometría de la cara de la roca evaluada (comienza desde el origen). Podemos ingresar las secciones que utilizan combinaciones de los parámetros que definen la geometría de la sección: (gradiente) una caída, longitud total, longitud horizontal y altura. El programa calcula los valores necesarios de forma automática.

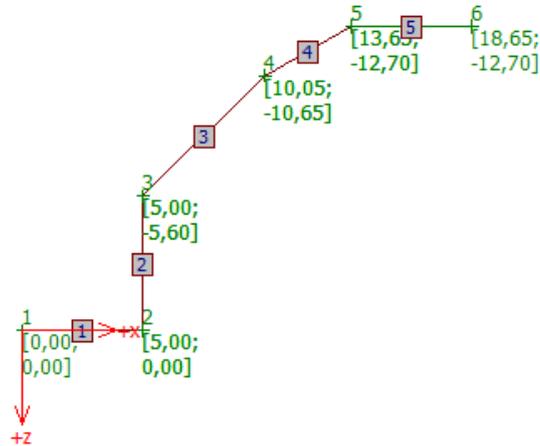


Entrada de una sección de las caras del terreno y de la roca en el cuadro "Terreno"

Ingresamos el perfil de la pendiente rocosa sobre la base de las coordenadas seleccionadas de la sección transversal calculada:

Número de sección	Gradiente $\alpha$ [°]	Longitud total $l$ [m]	Longitud horizontal $l_h$ [m]	Altura $l_v$ [m]
1	-	-	5,0	0,0
2	90	-	-	5,60
3	-	-	2,30	5,05
4	-	-	3,60	2,05
5	-	-	5	0,0

## Introducción de secciones de terreno (valores de entrada)



Vistas de la pendiente rocosa ingresada en la ventana de gráficos.

### 3) Entrada de parámetros de roca

En el cuadro de "Roca" ingresamos las propiedades de la masa de roca con una pendiente rocosa (parámetros de material). En base al estudio geológico hemos determinado el peso unitario de los parámetros de la roca y de corte según Coulomb:

Peso específico de la roca  $\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$

Ángulo de fricción efectivo  $\varphi = 43^\circ$

Cohesión efectiva  $c_{ef} = 423 \text{ kPa}$

*Observaciones: El programa permite configurar las características de los materiales, en los términos de Barton-Bandis y el criterio de rotura de Hoek-Brown*

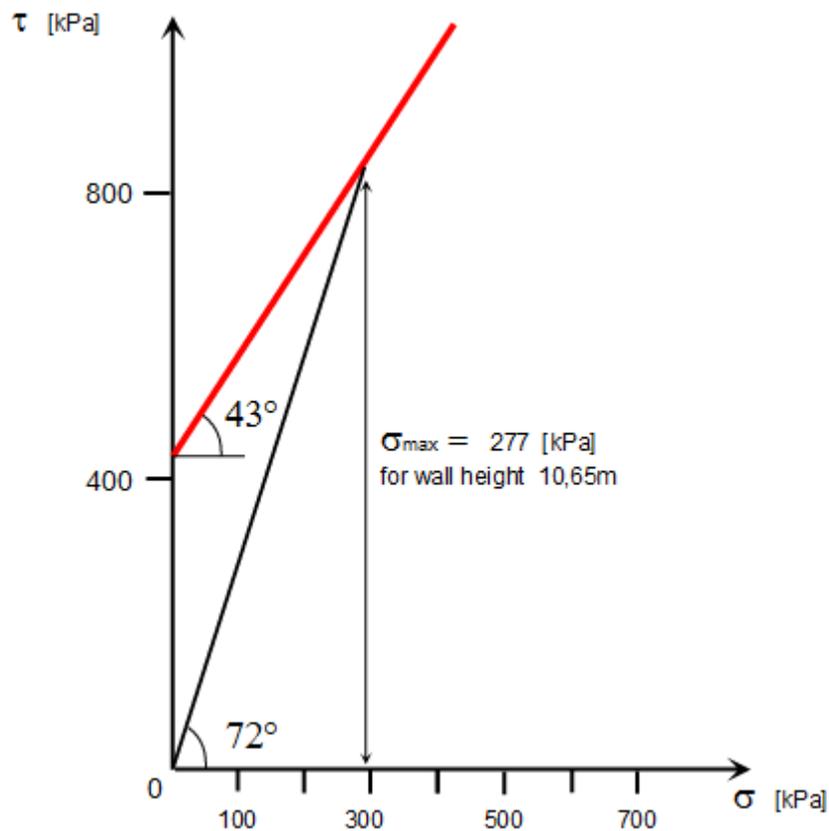
### 4) Entrada de geometría de fallo de corte y sus propiedades

El fallo de corte plano y sus propiedades se ingresan en el cuadro "Superficie de deslizamiento". En la investigación geológica se determinó que la superficie de corte plana se iniciará en un ángulo de  $45^\circ + \varphi^* / 2$  desde la horizontal. El ángulo de resistencia al corte de la roca no es constante, sino que depende del estado de tensión de la masa de roca y puede determinarse gráficamente por el ángulo de fricción calculado como la tangente de círculos envolventes no lineales de Mohr. Por lo tanto, debemos determinar su valor para nuestra pendiente calculada. Al principio, determinamos la

tensión normal en la base del muro evaluado  $\sigma_{\max}$ . Esto demuestra que la altura activa del muro es  $h = 10.65$  m.

$$\sigma_{\max} = \gamma \cdot h_a = 26 \cdot 10,65 = 277 \text{ kPa.}$$

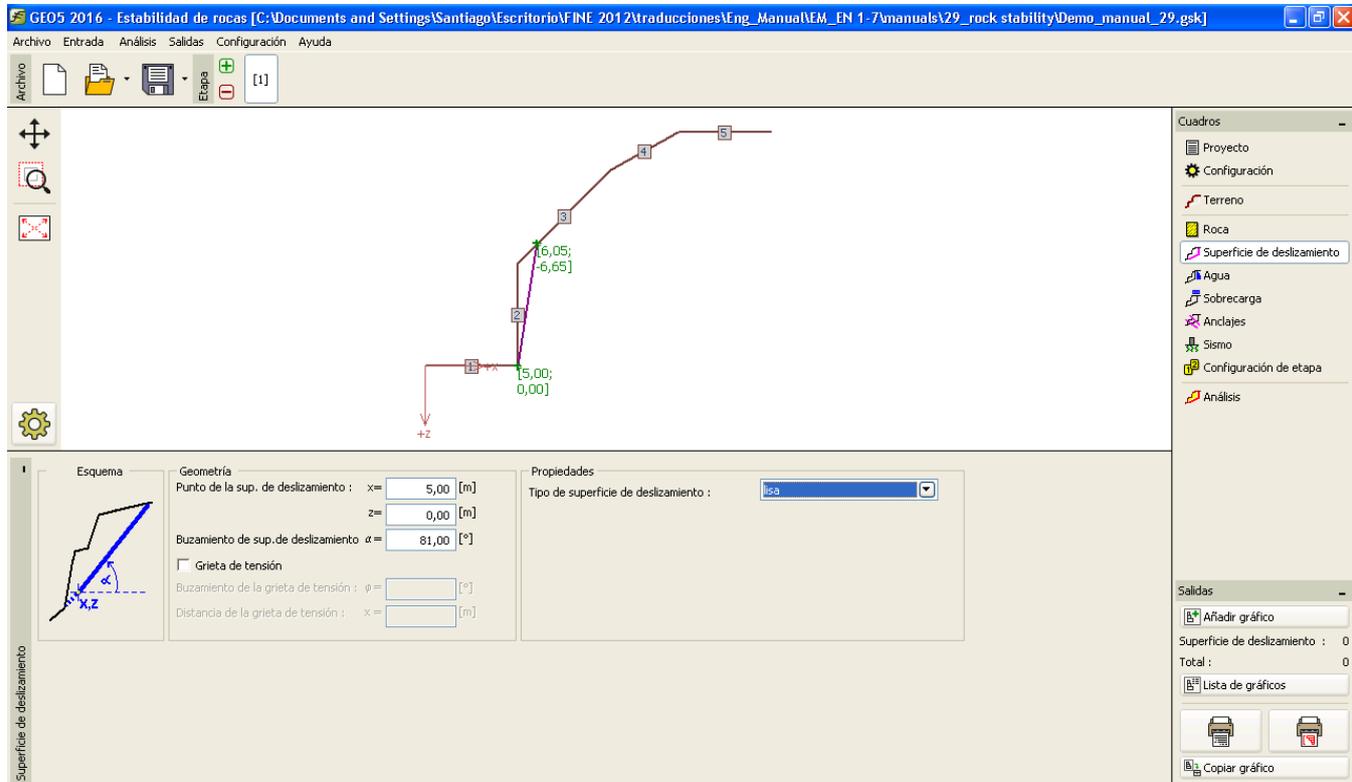
Según la investigación geológica sabemos que la cohesión efectiva de la roca es  $c' = 423$  kPa y la resistencia promedio a la compresión no confinada de roca es de 60 MPa. Por lo tanto la tensión máxima normal es  $\sigma_{\max} = 277$  kPa, menor que la fuerza máxima de metabasalt, por lo que se puede determinar el ángulo de resistencia al corte de la roca a partir de una representación gráfica de la envolvente de Mohr de nuestra pendiente rocosa metabasalt  $\varphi^* = 72^\circ$  (en el primer intervalo de tensión). La inclinación de la superficie de falla de corte calculada a partir de la horizontal es un ángulo de  $45^\circ + \varphi^* / 2 = 45 + 72/2 = 81^\circ$ .



*Línea de resistencia al corte pico de la roca de la pendiente rocosa*

La inclinación del fallo de corte plano es  $\alpha = 81^\circ$  y el punto de comienzo de la superficie (en el talón de la pendiente) tiene coordenadas  $x = 5,0$  m,  $y = 0.0$ m. El tipo de superficie de deslizamiento

será por defecto (lisa), porque no tenemos información detallada acerca de la superficie de corte (dilatante). La formación de una grieta de tensión no se considera según la opinión del geólogo.



*Entrada de la superficie de deslizamiento en el cuadro de "Superficie de deslizamiento"*

## 5) Influencia del agua

La influencia de las aguas subterráneas se introduce en el cuadro "**Agua**". No se observó ninguna junta portadora de agua por lo que mantenemos la configuración predeterminada - sin un cálculo del impacto de las aguas subterráneas.

## 6) Ingreso de sobrecargas

En el cuadro "**Sobrecargas**" se ingresa la carga que actúa sobre la pendiente rocosa y la superficie del terreno. Un muro de gravedad de hormigón armado y un pavimento están situados en el borde de la pendiente de la roca. Este suplemento no se considera necesario para el cálculo, ya que la sobrecarga no actúa sobre la cuña de roca activa.

## 7) Configuración de etapa

En el cuadro de "**Configuración de etapa**" podemos seleccionar la condición de diseño adecuada para el cálculo. En nuestra situación, se determina el factor de seguridad de excavación de la

pendiente según la vida útil de la construcción, por lo que seleccionamos la situación permanente de diseño.

### Tarea de análisis

El cálculo de la tarea se inicia pulsando el botón "Calcular". Los resultados básicos y otras posibles opciones aparecerán en el cuadro "Análisis". Basándonos en el grado de estabilidad de  $F = 37.75 \gg 1.5$ . Más resultados y detalles se pueden obtener presionando el botón "En detalle" o en la copia impresa del programa.

Análisis	
<b>Resultados parciales</b>	
Longitud de la superficie de deslizamiento	= 6,74 m
Buzamiento de la superficie de deslizamiento	= 81,00 °
Fuerza de gravedad	$W_2 = 76,72$ kN/m
Fuerza normal en la superficie de deslizamiento	$N = 12,00$ kN/m
Tensión de corte en la superficie de deslizamiento	$\tau = 424,66$ kPa
<b>Análisis de superficie de deslizamiento plana</b>	
Fuerza resistente $T_{res}$	= 2860,86 kN/m
Fuerza motriz $T_{act}$	= 75,78 kN/m
Factor de seguridad	= 37,75 > 1,50
Estabilidad de talud de roca ES ACEPTABLE	

*Detalles de la lista de resultados del cuadro "Análisis"*

### Conclusión:

Para nuestras tareas consideramos el factor de seguridad  $FS = 37.75 \gg 1.5$ . Lo que significa que la estabilidad a largo plazo de la pendiente rocosa propuesta es satisfactoria para el factor de seguridad 1.5 (con gran escala de tiempo) y no requiere ningún otro diseño para aumentar su estabilidad. En el caso de que el agua fluya en los sistemas de discontinuidad y provoque un cambio en las condiciones de pendiente roca, no será importante ya que:

- Metabasalt es una roca sólida y no se ve afectada significativamente por las juntas (Es decir, no cambia sus parámetros de corte) y en una adición las juntas no contienen ningún material de relleno

- El nivel freático del agua puede elevarse teóricamente hasta el nivel superior de la cuña activa (debido a la futura construcción de estructura). Este nivel máximo de aguas subterráneas podría reducir el factor de seguridad calculado en un rango de unidades. Es posible verificar esto mediante un cálculo ( $FS = 30.58$ ).

- Para un nivel freático no-realista en el borde del muro rocoso el factor de seguridad es = 20.32