

RockPlane

Parte I	Introducción	1
1	Introducción	1
2	Unidad de medida	1
Parte II	Menú	1
1	Archivo	1
2	Modificar	2
3	Ver	2
4	Datos generales	3
Parte III	Aplicaciones	4
1	Modelo de cálculo	4
2	Geometría del bloque	5
3	Obras de refuerzo	6
4	Posición Obras de Refuerzo	8
5	Características mecánicas	8
6	Sismo	9
Parte IV	Notas teóricas	9
1	Notas teóricas	9
Parte V	Contactos	12

1 Introducción

1.1 Introducción

El software **RockPlane** efectúa el cálculo de la estabilidad de bloques de roca en condiciones estáticas y sísmicas, permitiendo planificar eventuales obras de refuerzo de estabilización con: clavos, anclajes activos y pasivos. El modelo de cálculo utilizado es el de equilibrio límite con dos criterios de rotura : Mohr-Coulomb o Barton-Bandis. Las verificaciones realizadas interesan los estado límites de desplazamiento y vuelco; las acciones previstas son: el peso, la fuerza de inercia debida al sismo, el empuje hidrostático en la tension crack.

1.2 Unidad de medida

RockPlane utiliza la unidad de medida del Sistema Internacional:

- Pesos en KN;
- Resistencia roca MPa;
- Resistencia armadura en N/mm²;
- Fuerza en KN;
- Longitud en m.

2 Menú

2.1 Archivo

Nuevo

Crea un nuevo proyecto.

Abrir

Abre un proyecto existente.

Guardar

Guarda los datos añadidos en el proyecto actual .

Guardar como

Guarda el proyecto actual con un nombre definido por el usuario.

Creación de proyecto guiado

Datos para iniciar la creación de un proyecto. Con este comando el usuario visualiza en video un bloque romboidal con superficie de rotura plana de tipo Q.

Impostar impresora

Imposta la impresora con la cual efectuar la impresión.

Vista preliminar

Visualiza la vista preliminar del documento a imprimir e imprime el área de trabajo interesada en escala seleccionada por el usuario.

Trabajos recientes

Visualiza los últimos tres proyectos guardados.

Salir

Salir del programa.

2.2 Modificar

Copiar

Copia en los apuntes las imágenes presentes en la hoja de trabajo.

2.3 Ver

Rediseñar

Rediseña el bloque eliminando eventuales errores de visualización en video.

Zoom Todo

Efectúa el zoom del diseño, visualiza el mismo al 100%.

Zoom ventana

Hacer un click en el área de trabajo manteniendo presionado el pulsante izquierdo del mouse, desplazando el mouse hasta definir una ventana con las dimensiones deseadas; soltar el pulsante del mouse.

Zoom dinámico

Hacer un click en un punto y desplazar manteniendo presionado el pulsante izquierdo.

Zoom anterior

Lleva las imágenes en video en las dimensiones precedentes al zoom.

Mover

Mover en la hoja de trabajo actual la imagen del proyecto sin modificar las coordenadas. El comando es útil para tener una panorámica interactiva.

Reflejar

Gracias a este comando es posible obtener un reflejo horizontal del gráfico.

Dimensiones textos

Es posible dar una dimensión al texto.

Definir como vértice acotado

La cota viene visualizada con un click sobre el punto deseado.

Insertar texto

Introduce un texto dentro del gráfico.

Borrar texto

Cancela el texto introducido.

Distancia

Es posible calcular la distancia entre dos puntos.

Salir comando

Consiste en salir del comando seleccionado.

2.4 Datos generales

Vértices perfil

A través del comando es posible asignar los vértices en el gráfico..

Borrar vértices

Es posible cancelar los vértices introducidos.

Definir como vértice acotado

Haciendo un click sobre el punto deseado la cota viene visualizada.

Geometría bloque (ver [Geometría del bloque](#))

La selección del comando visualiza un panel lateral en el cual es posible elegir la forma del bloque y definir la geometría.

El bloque triangular o romboidal, con superficie deslizamiento en superficie plana de:

- tipo A: triangular con fractura;
- tipo B: triangular con superficie plana;
- tipo Q: romboidal con fractura.

Características anclajes (ver [Obras de refuerzo](#))

La definición de la obra de refuerzo estabilizadora activa el panel lateral Obras de refuerzo en la cual se introducen los parámetros de la obra estabilizadora que puede ser del tipo :

- Anclaje activo;
- Anclaje pasivo;

- clavo.

Posición obras de refuerzo

La posición de las obras de refuerzo es definida en el panel lateral Definición Obras de refuerzo.

Características bloque (ver [Características mecánicas](#))

Las características geotécnicas del bloque y de la tension crack van definidas en el panel lateral Bloque.

Sismo (ver [Sismo](#))

Para la definición de los parámetros de cálculo de la fuerza de la inercia del bloque es necesario seleccionar el panel Sismo.

3 Aplicaciones

3.1 Modelo de cálculo

RockPlane es un software interactivo para el análisis de la estabilidad de bloques de roca en condiciones estáticas y sísmicas ; lo cual permite , dar diferentes dimensiones las obras de refuerzo, anclajes activos, pasivos y clavos.

Las verificaciones conducidas son aquellas de corrimiento a través la superficie de desplazamiento o vuelco con respecto al pie del bloque.

Los coeficientes de seguridad son definidos como relación entre la resistencia a corte a través el plano de desplazamiento y el esfuerzo de corte movilizado a través de la misma superficie.

La hipótesis de base es que la rotura se genera por el alcance de la resistencia límite en todos los puntos de la superficie de desplazamiento contemporáneamente.

Para la resistencia a corte se pueden utilizar:

- **Criterio de rotura de Mohr Coulomb**

$$\tau_f = c + (\sigma_n - u) \operatorname{tg} \varphi$$

- **Criterio de rotura de Barton-Bandis**

$$\tau_f = \sigma_n \operatorname{tg} \left[\operatorname{JRC} * \log \left(\frac{\operatorname{JCS}}{\sigma_n} \right) \varphi_r \right]$$

La elección del criterio a utilizar depende de los parámetros introducidos por el usuario en el panel [Características mecánicas bloque](#) (JRC e JCS) y de la selección de la opción relativa al aumento del ángulo de rozamiento de la junta por efecto de la aspereza y ondulaciones, presente dentro el mismo panel.

En el caso en el cual las verificaciones no sean satisfactorias y el usuario tenga que

prever una obra de refuerzo de estabilización con clavos o anclajes, para planificar correctamente la obra son necesarias las siguientes fases:

Fase I

Definición de la tipología de la obra de refuerzo (clavo o anclaje) con las características geométricas y mecánicas del panel [Obras de refuerzo](#)^[6]. Para tener un anclaje activo seleccionar **Comportamiento=anclaje**, mientras que para los anclajes pasivos o clavos, **Comportamiento=clavo**.

Fase II

Efectuar el cálculo hasta que el programa pueda calcular el tiro del proyecto, en base al tipo de obra de refuerzo definido por el usuario, y la fuerza de resistencia solicitada para tener un factor de seguridad impuesto por el usuario.

Fase III

Planificar las obras de refuerzo en el panel [Posición obras de refuerzo](#)^[8]: la fuerza resistente solicitada puede ser distribuida en más archivos en función del tiro de proyecto obtenido por el anclaje tipo definido por el usuario.

Fase IV

Realizar nuevamente el cálculo para realizar las verificaciones luego de las obras de refuerzo.

3.2 Geometría del bloque

Inclinación pared externa - Talud

Inserir el ángulo de inclinación del frente del bloque con respecto al horizontal pasante por el pie ([Slope angle](#)).

Altura del bloque

Inserir la altura del bloque medida a partir del pie hasta la cabeza ([Block Height](#)).

Inclinación plano de deslizamiento

Inserir la inclinación de la superficie de deslizamiento del bloque con respecto al horizontal pasante para el pie ([Slide angle](#)).

Espesor del bloque

Indicar el espesor de la cabeza del bloque ([Block Width](#)).

Inclinación pared interna - Fractura

Indicar la inclinación de la tensión crack con respecto al horizontal pasante para el origen de la fractura ([Fracture angle](#)).

Inclinación cabeza

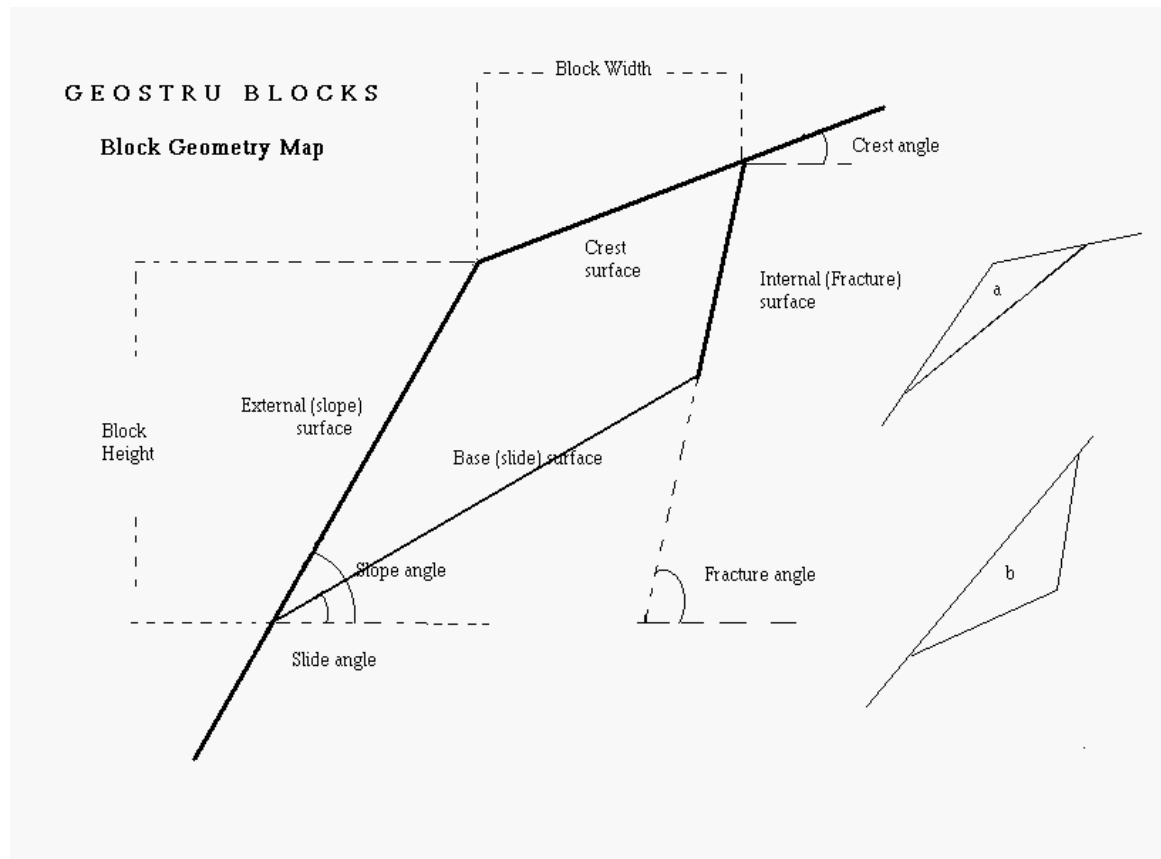
Inserir la inclinación de la cabeza del bloque medida con respecto al horizontal ([Crest angle](#)).

Profundidad del bloque

Indicar la profundidad del bloque en la dirección octogonal a la visualización del mismo.

Color

Es posible asignar el color al bloque.



3.3 Obras de refuerzo

Anclajes y clavos

Un anclaje o clavo es constituido por tres partes funcionales:

Cabeza de anclaje

Es la parte con la cual la estructura es anclada a la roca, es en acero y es formada por un dispositivo de bloqueo y una plancha de apoyo, al cual pueden ser asociados los bloques en hormigón o traveses en acero en caso de tensiones de gran importancia.

Longitud libre

Es el tramo comprendido entre la cabeza del anclaje y la cimentación y representa la parte que se puede deformar y cuando ocurre el la fase de tensión. Tiene que tener una longitud tal de pasar el plano de deslizamiento del bloque. La función es la de transmitir la tensión de tracción por la cabeza del bulbo.

Cimentación o bulbo de anclaje

Es la zona con la tarea de transmitir la tensión de tracción del anclaje a la roca mediante la inyección de cemento o resina que va a cubrir la armadura y rellenar el foro. La longitud del bulbo es determinada por las propiedades geotécnicas del terreno y por la capacidad del anclaje.

Por cada tipo de obra sea con clavo o con anclaje, se solicitan los siguientes parámetros:

Diámetro de cimentación

Inserir el diámetro del bulbo.

Longitud cimentación

Inserir la longitud del bulbo.

Profundidad media bulbo anclaje

Inserir la distancia media de la cimentación de la obra de refuerzo del plano campo de la aglomeración.

Rozamiento terreno de anclaje

Inserir el ángulo de rozamiento del material en el cual viene sumergida la cimentación.

Cohesión

Inserir el valor de la cohesión del terreno de cimentación de la obra de refuerzo.

Resistencia de cálculo armadura

Inserir el valor de resistencia máxima a tracción de la armadura.

Resistencia compresión roca

Inserir la resistencia a compresión de la aglomeración rocosa.

Adherencia acero hormigón

Inserir el valor de la adherencia entre la inyección de cemento y la armadura.

Coefficiente de seguridad

Inserir el factor de seguridad en las verificaciones efectuadas en la obra de refuerzo: generalmente este valor se pone igual a 2 para obras de refuerzo temporáneas, a 2,5 para aquellas permanentes.

Comportamiento

El usuario puede elegir la tipología de obra entre clavo, anclaje pasivo o activo: para los anclajes activos la reacción a lo largo del plano de desplazamiento se quita a las fuerzas desestabilizadoras; para las obras pasivas (clavos o anclajes pasivos) el componente de la obra a lo largo del plano de desplazamiento se suma a las fuerzas resistentes.

RockPlane realiza el cálculo de la reacción del anclaje en función de los parámetros introducidos, evaluando:

- la resistencia límite derivada del deslizamiento de la obra de refuerzo del terreno;
- la resistencia por efecto de la adherencia de acero-cemento (desacoplamiento del acero de la cimentación de la cimentación);
- la resistencia límite a tracción de la armadura.

La resistencia límite de proyecto viene asumida igual al mínimo de los valores precedentes reducidos por el factor de seguridad.

3.4 Posición Obras de Refuerzo

El usuario puede insertar una o más archivos de refuerzo del mismo tipo.

Intereje

Insertar el intereje de los refuerzos en la dirección octogonal a vista del bloque.

Fs impuesto

Insertar el factor de seguridad que se desea obtener con respecto al estado límite de desplazamiento.

Inclinación resultante

Introducir la inclinación media del resultante de las reacciones de los varios refuerzos planificados.

Nr.

Número de orden de la obra de refuerzo (1, 2, 3, ecc.)

Yt

Distancia de la cabeza del refuerzo al pie del bloque.

Inclinación

Inclinación del refuerzo con respecto al horizontal.

Tiro

Tiro de proyecto de la obra de refuerzo . Tal valor se obtiene por un primer análisis obtenido definiendo el anclaje tipo en Obras de Refuerzo: el programa devuelve el anclaje total necesario para tener el factor de seguridad **Fs** impuesto. A este punto, el usuario puede planificar en número de obras de refuerzo necesarios, en función del tiro de proyecto obtenido para el anclaje tipo.

3.5 Características mecánicas

Per la caracterización mecánica del bloque se solicitan los siguientes datos:

Peso específico del bloque

Insertar el peso por unidad de volumen del que.

Altura crítica agua

Inserir la altura alcanzada por el agua en la tension crack.

Ángulo de rozamiento de la junta

Inserir el ángulo de rozamiento de la junta a corte del material de la junta.

Joint Roughness Coefficient (JRC)

Inserir el valor del parámetro sin dimensiones JRC representativo de la aspereza de la junta. Tal parámetro es necesario si se quiere aplicar el criterio de ruptura de Barton-Bandis.

Joint Compression Strength (JCS)

Inserir el valor de la resistencia a compresión del material de la junta. Tal parámetro es necesario si se quiere aplicar el criterio de ruptura de Barton-Bandis.

Ángulo de dilatación de la junta

La introducción del ángulo de dilatación de la junta, comporta un aumento de la inclinación del plano de desplazamiento exactamente igual a la dilatación.

Aumento del ángulo de rozamiento por efecto de las ondulaciones y aspereza de la junta

Seleccionando esta opción es considerado el criterio de ruptura de Barton-Bandis (ver [Notas teóricas](#)). Es decir el ángulo de rozamiento del material de la junta viene aumentado de un ángulo en función del coeficiente JCR y de la resistencia JCS.

3.6 Sismo

Para efectuar las verificaciones de estabilidad del bloque en condiciones pseudo-estáticas, el usuario puede definir los coeficientes sísmicos K_h e K_v horizontales y verticales. Los mismos se aplican al peso del bloque para el calculo de la fuerza de inercia del mismo.

4 Notas teóricas

4.1 Notas teóricas

Las verificaciones sobre el bloque son conducidas en la hipótesis de equilibrio límite y en particular a la formulación a continuación que supone la presencia del empuje hidrostático,

en la fractura que delimita cuesta arriba el volumen de roca, y de la fuerza sísmica. A continuación se muestran los parámetros y las grandezas que intervienen en la escritura de las ecuaciones utilizadas para resolver el problema. Por lo tanto:

Escribiendo las ecuaciones de equilibrio y asumiendo para la resistencia a corte sobre la discordancia de base la relación de Mohr-Coulomb, con las indicaciones anteriormente explicadas podemos prevenir a las reacciones que expresen el factor de seguridad al deslizamiento, la fuerza externa estabilizadora necesaria para asegurar un asignado valor del factor de seguridad a desplazamiento y el factor de seguridad a vuelco.

Factor de seguridad a desplazamiento

$$F_s = \frac{[W \cos \alpha - kW \sin \alpha + R_q \sin(\alpha + \beta) - S_w \sin(\alpha')] \operatorname{tg}(\varphi + ieff)}{W \sin \alpha + kW \cos \alpha - R_q \cos(\alpha + \beta) + S_w \cos(\alpha')}$$

Fuerza externa estabilizadora necesaria para asegurar un asignado factor de seguridad a desplazamiento (Fs)

$$R_q = \frac{S_w \sin \alpha \operatorname{tg}(\varphi + ieff) + F_s W \sin \alpha + F_s S_w \cos(\alpha') - W \cos \alpha \operatorname{tg}(\varphi + ieff) + F_s kW \cos \alpha}{F_s \cos(\alpha + \beta) + \sin(\alpha + \beta) \operatorname{tg}(\varphi + ieff)}$$

Factor de seguridad a vuelco

$$F_r = \frac{WX_g + R_q(y_i \cos \beta + x_i \sin \beta)}{kWy_g + S_w \cos(90^\circ - \psi_i)[y_w + x_w \operatorname{tg}(\alpha')]}$$

Como ya hemos precisado, en las verificaciones, teniendo presente del particular contexto en el cual se coloca la obra de refuerzo, es oportuno asumir con cautela, condiciones que en general resultan seguramente graves (fractura cuesta arriba completamente llenada por agua, presencia de fuerza debida a las acciones sísmicas), que no es oportuno excluir. El procedimiento utiliza una fase preliminar de proyecto desarrollada imponiendo un valor asignado al factor de seguridad al desplazamiento y calculando el valor total de la fuerza externa necesaria.

Calculado el esfuerzo en el anclaje de proyecto viene definido el número de anclajes necesarios y establecida la posición de los mismos.

A este punto, referidos a la configuración final de proyecto, son de nuevo calculados los factores de seguridad a desplazamiento y al vuelco. Por tales valores se asume como referencia el valor 1.30.

Para el cálculo del esfuerzo en el anclaje de proyecto se sigue el procedimiento que sigue. Con referencia a la siguiente nota:

D = Diámetro de la cimentación.

I_f = Longitud de la cimentación.

K = Coeficiente función del ángulo de rozamiento roca de anclaje.

γ = Peso unidad de volumen de la roca de anclaje.

t = Profundidad media anclaje.

d = Diámetro del anclaje.

τ_{ad} = Tensión tangencial admisible de adherencia.

σ_{ys} = Tensión correspondiente al límite elástico convencional del acero.

Tiro de proyecto anclaje individual

Tiro límite último anclajes de terrenos incoherentes

$$N_{fu} = \pi \cdot D \cdot I_f \cdot K \gamma \cdot t$$

Adherencia acero - cls

$$N_{ad} = \pi \cdot d \cdot I_f \cdot \tau_{ad}$$

Resistencia última armadura

$$N_{yf} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sigma_{ys}$$

Se asume como tiro de proyecto el mínimo entre los esfuerzos N_{fu}/γ_f , N_{ad} e N_{yf} :

$$N_q = \frac{N_{\min}}{\gamma_f}$$

donde el coeficiente de seguridad γ_f è:

- $\gamma_f = 2$ por anclajes temporáneos;
- $\gamma_f = 2.5$ por anclajes permanentes.

5 Contactos

GeoStru Software

Skype Nick: [geostru_support_it-eng-spa](#)

Web: www.geostru.com

E-mail: geostru@geostru.com