**Guía: Falla en taludes**

**Falla plana**

****

Condiciones:

1. Rumbo de deslizamiento de la estructura debe ser paralelo al rumbo de la ladera (±20º).

** = Dip direction ladera

** = Dip direction estructura



1. La discontinuidad debe aparecer en la ladera (Manteo ladera> Manteo estructura< ángulo de fricción).

**manteo estructura A

*f* = manteo ladera

**manteo estructura B



1. Deben existir estructuras que limiten lateralmente el bloque.

**Falla por cuña**

****

Condiciones:

1.- La línea de deslizamiento producto de la intersección de las dos estructuras tiene que ser mayor al manteo que la cara del talud (*< f < ángulo fricción).*

*f* = manteo del talud medido a través de la sección correspondiente a la línea de intersección.

**= manteo ladera



2.- Los rumbos de los planos de las discontinuidades deben ser diferentes al de la cara del talud

**Falla por toppling**

****

1.- el dip direction de las discontinuidades detrás de la cara del talud debe ser parecido al dip direction de la cara del talud (±10º)

2.- Considerando:

*d =* ángulo complementario entre la línea de las estructuras y la línea normal al talud

*f* = manteo del talud

*d* = manteo estructuras

*(*180 −*f* −*d)* ≥ *(*90 −*d)*



**Ejercicios:**

1.- Se quiere construir una carretera sobre una ladera que posee un angulo de talud de 50º como muestra la figura. Los set estructurales presentes en la ladera son: Set 1 =78/305 - Set 2 = 40/81 -Set 3 = 20/163 y tienen un ángulo de fricción de 25º. Determinar:

1. Plotiar el “great circle” de la ladera y el ángulo de fricción de las estructuras.
2. Determinar los posibles tipos de fallas (plana, cuña o toppling) que pueden ocasionar la presencia de las estructuras sobre el talud.
3. Condiciones necesarias para que deslicen las fallas anteriormente determinadas.



**Análisis de equilibrio limite**

**Falla plana**

El factor de seguridad para una falla plana es calculado resolviendo todas la fuerzas actuando sobre el talud en su componente normal y paralelo. El vector suma de la fuerzas de cizalle actuando sobre el plano determinan las fuerzas solicitantes. El producto de la suma de las fuerzas normales y las fuerzas cohesivas determinan las fuerzas resistivas.

El factor de seguridad está dado por:





A: área de plano de falla

c: cohesión

H. altura del plano

b: distancia entre el crack de tensión y la falla

*s* = Manteo de la falla por encima de la cresta

zw = Profundidad del agua en la grieta de tensión

U = Fuerzas del agua actuando sobre la cuña

V = Fuerzas del agua actuando sobre el crack de tensión

yw = Densidad del agua

W= Peso cuña

**Ejercicio:**

1.- Se tiene una cuña producida por una falla plana de 12 mt de alto. Los planos de estratificación tienen una inclinación de 35º. La profundidad del crack de tensión es de 4.35 mt. Y este crack de tensión se encuentra a 4 mt de la cresta del talud, y está llena con agua hasta una altura de 3 mt sobre la superficie de deslizamiento. Los parámetros de resistencia de la superficie de deslizamiento son:

Cohesión= 25 KPa

Ángulo de fricción= 37º

Peso especifico de la roca= 26kN/m3

Peso especifico del agua = 9.81kN/m3



Determine:

1. Factor de seguridad de la ladera para las condiciones establecidas
2. Factor de seguridad con la grieta está llena de agua
3. Factor de seguridad si la grieta está completamente drenada
4. Factor de seguridad si la cohesión se redujera a cero debido a la excesiva  
   vibración de las operaciones de voladura, suponiendo que la pendiente esta todavía completamente drenada.

Para mejorar la estabilidad de la cuña se adiciona fortificación:

Determine

1. La cohesión se ve reforzada por la instalación de cables tensado. Si los pernos de roca son instalados en ángulo recto al plano de deslizamiento, es decir *t* = 55º. La carga total de anclaje por metro lineal es de 400 kN, calcular el factor de seguridad.
2. Calcular el factor de seguridad si los cacbles están posicionados a *t* = 20º

**Falla por cuña**

El factor de seguridad para las fañas del tipo cuña esta dado por la siguiente expresión:



Donde RA y RB son las reacciones normales de los planos A y B que forman la cuña determinando las fuerzas resistivas. Las fuerzas solicitantes está definido por la componente del peso actuando en dirección de la línea de intersección de los planos.



Para determinar el valor de RA y RB se tienen las siguientes expresiones determinadas a partir del equilibrio de fuerzas



Se puede realizar rápidamente un análisis de la estabilidad de la cuña si esta es drenada y posee una cohesión cero a través de los gráficos de estabilidad, bajo los cuales el factor de seguridad se simplifica a:



Los valores de A y B dependen del dip y dip direction de los planos que forman la cuña

**Falla por toppling**

La mecánica básica de la estabilidad de un bloque sobre un plano se ilustra en la figura,esta muestra que el bloque puede ser estable, deslice o vuelque. El angulo de friccion entre la base del bloque y el plano es *p* luego:

* El bloque será estable (no desliza) cuando la inclinación del plano de la base del bloque es menor que el ángulo de fricción. **p *< φ*p
* El bloque volcará cuando el centro de gravedad del bloque caiga fuera de la base de el. *x/y <* tan**p



* La condición de deslizamiento interbloque esta dado por:



* Otra condición cinemática es que los rumbos de los planos que forman los bloques en la cresta del talud sean paralelos al rumbo del plano del talud (±10º)



Basado en la geometría de la figura anterior el numero de bloque del sistema son:



El bloque más bajo es el 1 y el más alto es n. La yn la altura del bloque enésima en una posición por debajo de la cresta de la pendiente es:



Mientras que por encima de la cresta:



Donde las constantes están definidas por:



En la figura se pueden distinguir tres tipos de bloques:

1. Un conjunto de bloques estables en la parte superior del talud, donde el ángulo de fricción de la base de los bloques es mayor que la inclinación del talud y el centro de gravedad se encuentra dentro de la base de.
2. Un conjunto intermedio de bloques donde el centro de gravedad se encuentra fuera de la base del bloque.
3. Un conjunto de bloques en la región más baja, que son empujadas por los bloques de arriba. Dependiendo de la pendiente y la geometría de bloque,  
   estos bloques pueden ser estable, volcar o deslizar.



La figura muestra las dimensiones de los bloques, y posición y dirección de todas las fuerzas actuando sobre los bloques durante el volcamiento y deslizamiento. La figura a) muestra la fuerza normal y de cizalle (Rn, Sn) para un bloque aislado. La figura b) muestra más fuerzas actuando entre los bloques adyacentes Pn ,Qn , Pn-1 ,Qn-1 .

Los puntos de aplicación de las fuerzas normales Pn son Mn y Ln .

Si el bloque n-esimo está por debajo de la cresta de la pendiente



Si está en la cresta del bloque



Si está por encima de la cresta.



Cuando deslizamiento y vuelco se produce, por fricción las fuerzas se generan en las bases y los lados de los bloques.

La fuerza normal y tangencialmente actuando en la base del bloque cuando tiende a volcarse



Considerando el equilibrio rotacional, se encuentra la fuerza Pn-1 que es suficiente para prevenir el volcamiento.



Para los bloques que tienden a deslizar:



Sin embargo, las magnitudes de las fuerzas Qn-1, PN-1y Rn aplicado a los lados y la base de la  
de bloque, y sus puntos de aplicación y Ln Mn, son desconocidos. Aunque el problema es indeterminado, la fuerza de Pn-1 necesaria para evitar deslizamiento de bloque n se puede determinar si se supone que Qn-1 = (tan φd · Pn-1). Entonces, el fuerza de corte para prevenir el deslizamiento tiene el valor de:



**Ejercicio:**

Considere una cuña como la de la figura que esta inclinada 75º. Tiene una grieta de tensión, que es más ancho en la parte superior que en el fondo de la grieta de tensión de la base es de 1.8m y la cresta de la pendiente que indica que la cara es marginalmente estable. El ángulo de fricción de la falla es de 20º y la cohesión de 25 KPa.



Determinar:

1. Calcular el factor de seguridad de la cula para evitar el deslizamiento, si el peso especifico de la roca es 23.5kN/m3.
2. Cual debe ser la medida de la grieta de tensión detrás de la cuña para que se produzca volcamiento.
3. ¿Qué medidas de estabilización es apropiado para esta pendiente?