



OREMINING
capacitaciones

FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE TALUDES



FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE TALUDES

La estabilidad de los taludes mineros depende de factores geológicos, como fallas y litología; geotécnicos, como la pendiente y propiedades mecánicas del terreno; hidrogeológicos, como el nivel freático y la presión de poros; y antrópicos, como la actividad minera y el diseño inadecuado del talud, los cuales pueden influir en la resistencia y estabilidad del macizo rocoso.

Estos factores se detallan a continuación:



Factores geológicos

Litología, estructuras y fracturas.



Factores hidrogeológicos

Explica presión de poros y nivel freático.



Factores geotécnicos

Cohesión, ángulo de fricción y permeabilidad.



Factores antrópicos

Considera vibraciones por tronaduras y extracción material.



Factores geológicos

1.- Litología

La litología, es un factor determinante en la estabilidad de un talud. Cada tipo de roca posee características físicas y mecánicas propias que influyen en su resistencia a la deformación y a la fractura.

Rocas ígneas: Suelen ser más competentes (resistentes), como los pórfidos (granitos, granodioritas), y son menos susceptibles a la meteorización y fracturamiento. Por esto, los taludes formados en rocas ígneas tienden a ser más estables.





Factores geológicos

1.- Litología

La litología, es un factor determinante en la estabilidad de un talud. Cada tipo de roca posee características físicas y mecánicas propias que influyen en su resistencia a la deformación y a la fractura.

Rocas sedimentarias: Pueden ser más frágiles, como la arenisca o la lutita. Las capas horizontales o inclinadas de estas rocas pueden formar planos de debilidad, lo que aumenta el riesgo de deslizamiento.





Factores geológicos

1.- Litología

La litología, es un factor determinante en la estabilidad de un talud. Cada tipo de roca posee características físicas y mecánicas propias que influyen en su resistencia a la deformación y a la fractura.

Rocas metamórficas: Su comportamiento es muy variable y depende del grado de metamorfismo y de la orientación de sus foliaciones.





Factores geológicos

2.- Estructuras geológicas

Las estructuras geológicas como las fallas, pliegues y diaclasas también tienen un impacto significativo en la estabilidad de un talud:

Fallas: Son fracturas en las rocas con desplazamiento, lo que crea zonas de debilidad. Si una falla está cerca o atraviesa un talud, puede generar planos de falla donde es más probable que ocurra un deslizamiento.





Factores geológicos

2.- Estructuras geológicas

Las estructuras geológicas como las fallas, pliegues y diaclasas también tienen un impacto significativo en la estabilidad de un talud:

Diaclasas: Son fracturas sin desplazamiento. Estas pueden actuar como vías de infiltración de agua, debilitar la roca y crear planos de debilidad que faciliten los deslizamientos.





Factores geológicos

2.- Estructuras geológicas

Las estructuras geológicas como las fallas, pliegues y diaclasas también tienen un impacto significativo en la estabilidad de un talud:

Pliegues: Los pliegues crean superficies inclinadas o acodadas en las rocas, lo que puede generar zonas de tensión o compresión que afecten la estabilidad. Las capas plegadas que están inclinadas hacia fuera del talud pueden facilitar el movimiento de materiales.





Factores geotécnicos



Los factores geotécnicos son propiedades intrínsecas de los materiales que componen un talud y juegan un papel crucial en su estabilidad.

A continuación, profundizaremos en tres de los más importantes: **cohesión, ángulo de fricción y permeabilidad.**





Factores geotécnicos

1.- Cohesión

La cohesión es la capacidad del suelo o la roca de mantenerse unido debido a las fuerzas intermoleculares o intergranulares que actúan entre sus partículas.

Este parámetro es crucial para la estabilidad de un talud, ya que contribuye a la resistencia al deslizamiento.



Alta cohesión

Materiales como las arcillas suelen tener una cohesión alta, lo que ayuda a mantener la estabilidad en el corto plazo, especialmente en condiciones secas. Sin embargo, la cohesión puede reducirse significativamente con la presencia de agua.



Baja cohesión

Arenas y gravas, que tienen poca cohesión, dependen más del ángulo de fricción interna para resistir el movimiento.



Rocas

En las rocas, la cohesión está relacionada con la cementación entre los granos minerales y la resistencia de los enlaces cristalinos.



Suelos

En los suelos, la cohesión se debe principalmente a fuerzas electroquímicas entre las partículas y a la presencia de agua que actúa como un cementante.



Factores geotécnicos

1.- Cohesión



En resumen, la cohesión es importante para evitar que las partículas individuales se separen, pero su efectividad puede verse comprometida si el suelo se satura.



Una mayor cohesión implica una mayor resistencia al deslizamiento, lo que contribuye a una mayor estabilidad del talud.



Importancia en la estabilidad: Una mayor cohesión implica una mayor resistencia al deslizamiento, lo que contribuye a una mayor estabilidad del talud



Factores geotécnicos

2.- Ángulo de Fricción Interna

•El ángulo de fricción interna es una medida de la resistencia al deslizamiento que ofrecen las partículas de un material cuando están sometidas a una fuerza.

Este ángulo depende de la forma, el tamaño y el tipo de las partículas, y es un parámetro clave para determinar la estabilidad de un talud.



Ángulos elevados de fricción

Materiales como gravas y arenas gruesas, que tienen partículas angulosas, suelen tener ángulos de fricción altos (entre 30° y 40°). Esto les proporciona mayor estabilidad en pendientes pronunciadas.



Ángulos bajos de fricción

Las arcillas y los suelos finos tienden a tener ángulos de fricción más bajos, lo que los hace más propensos a los deslizamientos en pendientes empinadas. Cuanto mayor sea el ángulo de fricción interna, más estable será el talud, ya que las partículas requieren más energía para deslizarse entre sí.



Importancia en la estabilidad

Un ángulo de fricción elevado indica una mayor resistencia al deslizamiento y, por lo tanto, una mayor estabilidad del talud.



Factores geotécnicos

2.- Ángulo de Fricción Interna





Factores geotécnicos

3.- Permeabilidad

La permeabilidad es la capacidad de un material para transmitir fluidos (generalmente agua). La presencia de agua en un talud puede disminuir la estabilidad al aumentar el peso del material, reducir la cohesión y generar presiones intersticiales que favorecen el deslizamiento.



Alta permeabilidad: Los suelos y rocas permeables, como arenas y gravas, permiten que el agua se drene rápidamente, lo que reduce la posibilidad de acumulación de agua y el aumento de la presión de poros. Esto tiende a mantener los taludes más estables.

Baja permeabilidad: Los materiales con baja permeabilidad, como las arcillas, retienen agua, lo que puede aumentar la presión intersticial y reducir la cohesión y la fricción interna, generando condiciones de inestabilidad. Esto es especialmente peligroso durante o después de periodos de lluvia intensa.



Factores geotécnicos

3.- Permeabilidad

• **Influencia en la estabilidad:**
Una alta permeabilidad puede provocar la saturación del talud, lo que disminuye la resistencia al corte y aumenta el riesgo de deslizamientos.





Factores geotécnicos

RESUMEN



En resumen, la cohesión, el ángulo de fricción y la permeabilidad son propiedades fundamentales que controlan la estabilidad de los taludes.



Por ejemplo, un suelo con alta cohesión y buen drenaje puede ser estable incluso en pendientes pronunciadas, mientras que un suelo con baja cohesión y alta saturación es mucho más propenso a fallas.



Una evaluación detallada de estos parámetros es esencial para realizar un análisis de estabilidad preciso y diseñar medidas de mitigación adecuadas.



Factores hidrogeológicos

Los factores hidrogeológicos son fundamentales en la estabilidad de los taludes, ya que el agua presente en el suelo o la roca puede alterar significativamente las condiciones de resistencia de los materiales.

Entre los factores hidrogeológicos más importantes están la presión de poros y el nivel freático.





Factores hidrogeológicos

1.- Presión de Poros

La presión de poros se refiere a la presión ejercida por el agua que se encuentra dentro de los poros del suelo o las fracturas en las rocas.

Esta presión juega un papel crucial en la estabilidad de los taludes, ya que afecta directamente la resistencia al corte del material.



Mecanismo

Cuando el agua se infiltra en el suelo, puede aumentar la presión dentro de los poros, lo que reduce la fricción efectiva entre las partículas de suelo o roca. La fricción efectiva es la fuerza que mantiene las partículas en su lugar y les permite resistir el movimiento.



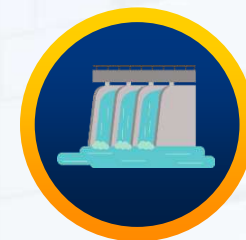
Efecto en la estabilidad

Un aumento en la presión de poros disminuye la capacidad del material para resistir fuerzas cortantes, ya que el agua tiende a "separar" las partículas del suelo o de la roca, reduciendo su contacto directo. Esto facilita el deslizamiento de los materiales a lo largo de los planos de debilidad, aumentando el riesgo de falla del talud.



En condiciones saturadas

Cuando el suelo o roca está completamente saturado, la presión de poros puede llegar a igualar la presión de las fuerzas que actúan sobre el talud, lo que lleva a una pérdida total de la fricción efectiva y un colapso súbito.



Impacto del drenaje

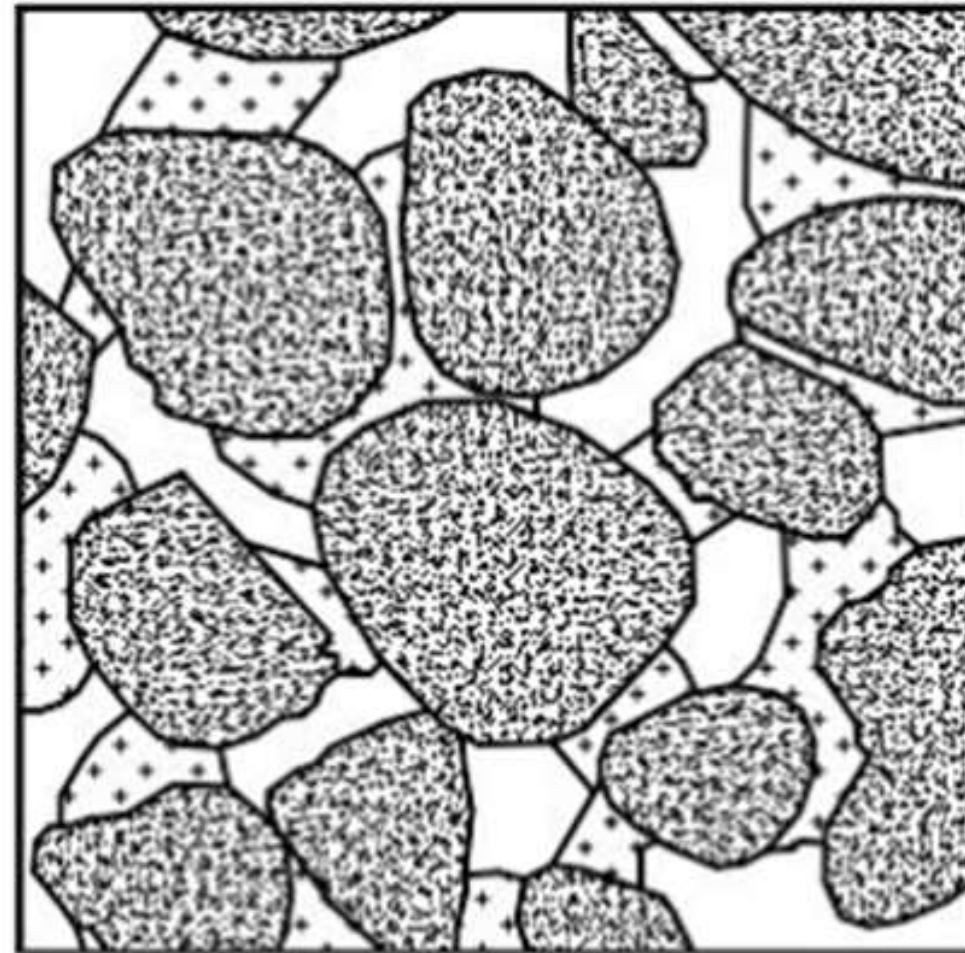
Un buen sistema de drenaje puede reducir la presión de poros, ayudando a mantener la estabilidad del talud. En contraste, suelos con pobre drenaje o que experimentan lluvias intensas pueden experimentar un aumento crítico de la presión de poros.



Factores hidrogeológicos

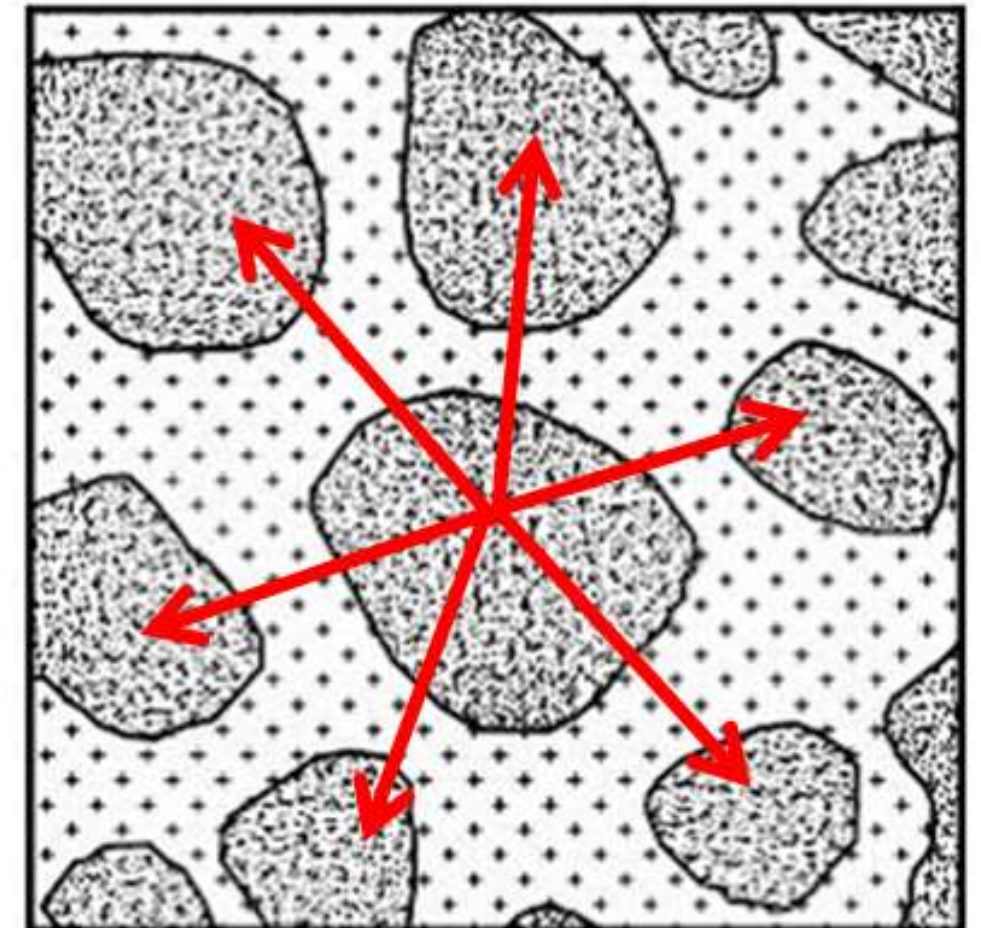
1.- Presión de Poros

La presión de poros trata de separar las partículas y de esta forma, se disminuye la resistencia a la fricción.



La tensión de agua en los poros intenta unir las partículas

a) No saturado



La presión de agua produce que las partículas se traten de separar

b) Saturado



Factores hidrogeológicos

1.- Presión de Poros

Causas del aumento:



Infiltración de agua

Las lluvias intensas o el riego pueden incrementar el nivel de agua en el suelo, aumentando la presión de poros.



Subpresión

La presencia de una capa impermeable puede generar subpresión en el agua, aumentando la presión de poros en los materiales subyacentes.



Sismos

Los sismos pueden generar licuefacción en suelos saturados, aumentando drásticamente la presión de poros y provocando deslizamientos.



Factores hidrogeológicos

2.- Nivel Freático

El nivel freático es la profundidad a la que el suelo o roca está completamente saturado con agua. Por debajo del nivel freático, los poros del suelo están llenos de agua, mientras que, por encima de este, los poros contienen aire o están parcialmente saturados.





Factores hidrogeológicos

2.- Nivel Freático

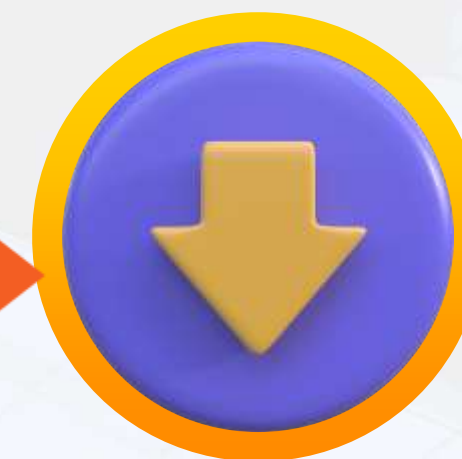


Altos niveles freáticos

Un nivel freático alto genera condiciones de saturación, donde el suelo puede perder cohesión y fricción interna, haciendo más probable un deslizamiento.

Posición del nivel freático

La proximidad del nivel freático a la superficie del talud influye directamente en la estabilidad. Si el nivel freático está alto (es decir, cerca de la superficie), una gran porción del talud estará saturada, lo que aumenta la presión de poros y disminuye la resistencia al corte del suelo.



Bajos niveles freáticos

Un nivel freático bajo significa que gran parte del suelo permanece no saturado, lo que generalmente mantiene la estabilidad al reducir la presión de poros y permitir que las partículas se mantengan en contacto.

Fluctuación del nivel freático

Durante periodos de lluvia intensa o tras un deshielo, el nivel freático puede subir rápidamente, saturando zonas que antes estaban secas. Este cambio puede provocar un aumento brusco de la presión de poros, reduciendo drásticamente la estabilidad del talud.

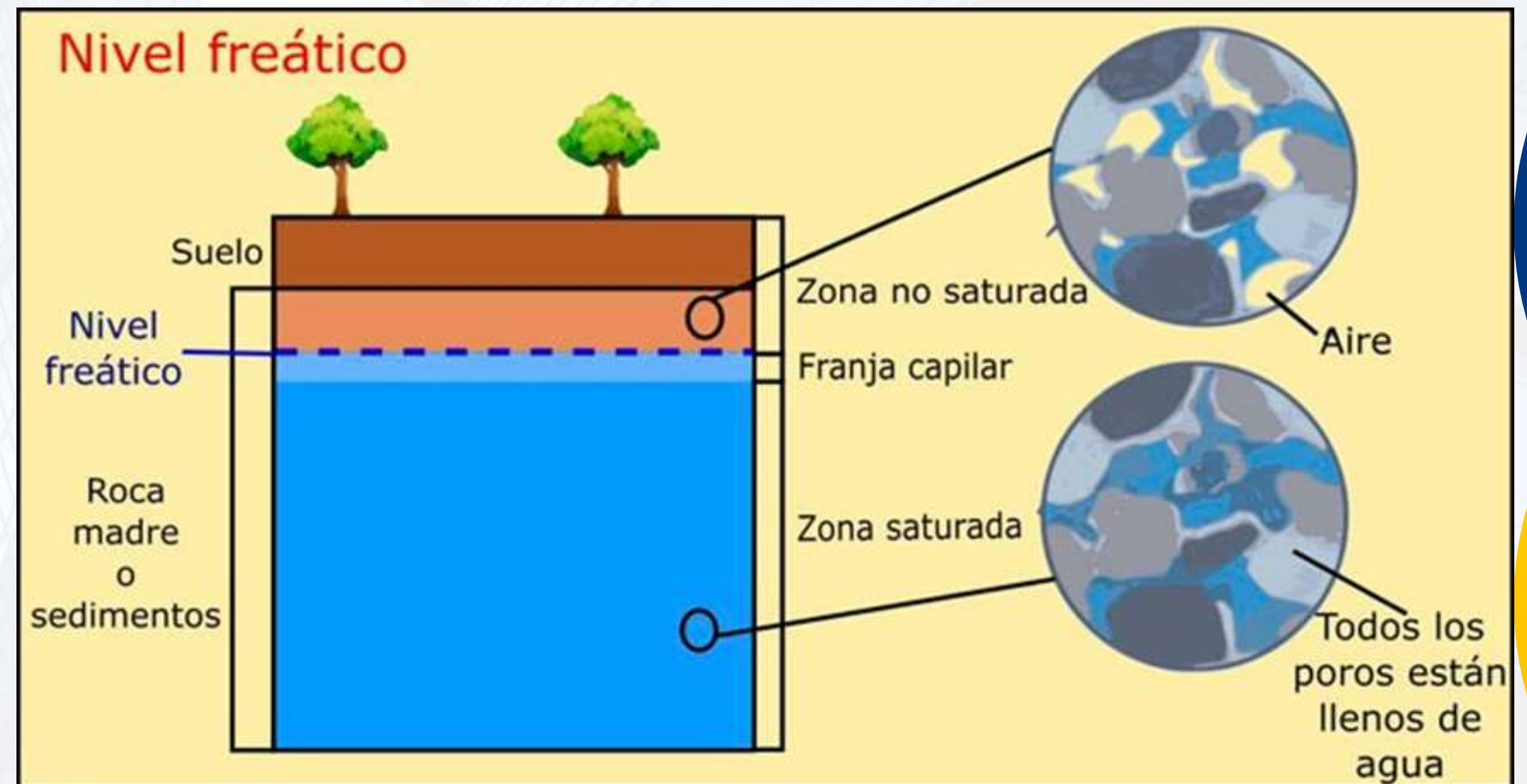


Factores hidrogeológicos

2.- Nivel Freático

El nivel freático es la profundidad a la que el suelo o roca está completamente saturado con agua.

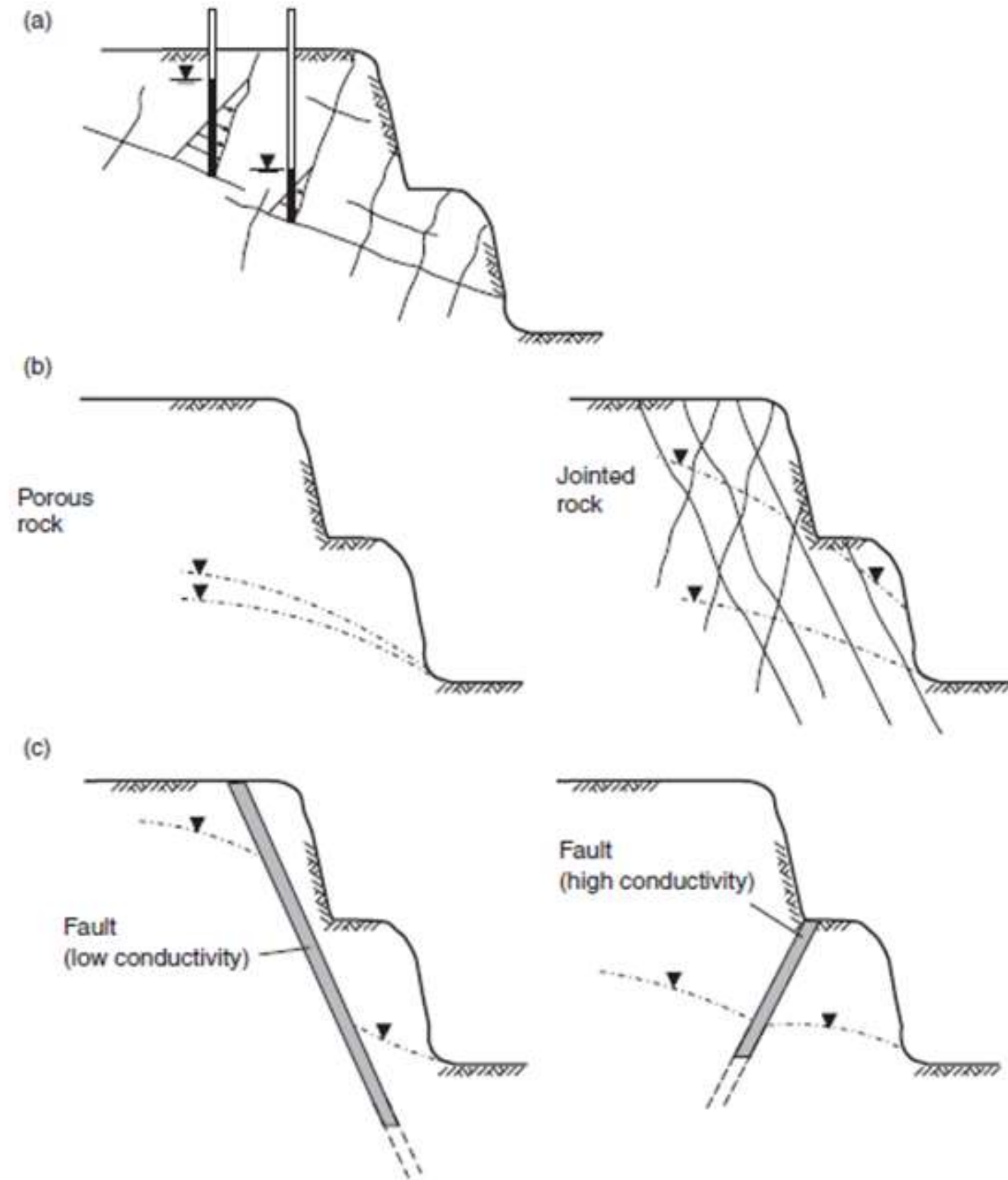
Por debajo del nivel freático, los poros del suelo están llenos de agua, mientras que, por encima de este, los poros contienen aire o están parcialmente saturados.





Factores hidrogeológicos

2.- Nivel Freático





Factores hidrogeológicos

2.- Nivel Freático

Nivel freático alto

Un nivel freático alto genera condiciones de saturación, donde el suelo puede perder cohesión y fricción interna, haciendo más probable un deslizamiento.



Efecto en la estabilidad



Fluctuaciones del nivel freático

Las variaciones estacionales o debidas a eventos extremos como sequías o inundaciones pueden modificar la estabilidad del talud.

Relación entre presión de poros y nivel freático

La presión de poros está directamente relacionada con el nivel freático. A mayor profundidad del nivel freático, menor es la presión de poros y mayor es la estabilidad del talud.



Factores hidrogeológicos

2.- Nivel Freático

Relación entre Presión de Poros y Nivel Freático

La presión de poros y el nivel freático están interrelacionados. Cuando el nivel freático sube, más agua se infiltra en el suelo, aumentando la presión de poros.

Esto puede generar condiciones de falla si el material del talud no puede soportar la disminución en la fricción efectiva.

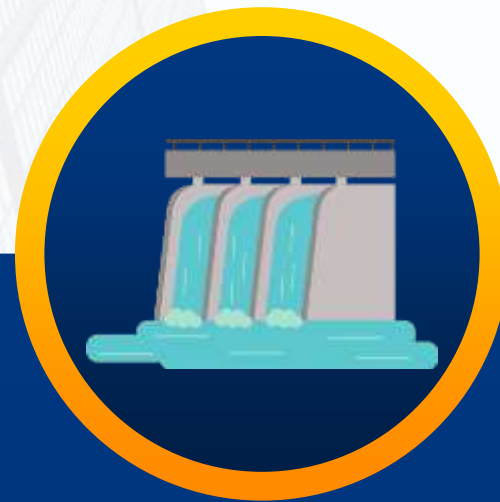
Deslizamientos inducidos por agua:

Muchos deslizamientos de tierra ocurren después de eventos de precipitación intensos o prolongados, cuando el nivel freático se eleva rápidamente y los suelos saturados experimentan un aumento en la presión de poros. En este estado, incluso taludes que antes parecían estables pueden colapsar.



Factores hidrogeológicos

RESUMEN



Los factores hidrológicos, en especial la presión de poros y el nivel freático, son fundamentales en la evaluación de la estabilidad de los taludes.

Un manejo adecuado del drenaje y la predicción de fluctuaciones en el nivel freático son esenciales para mitigar el riesgo de deslizamientos.

La presión de poros puede reducir drásticamente la resistencia del talud, y un nivel freático elevado puede incrementar el riesgo de falla por saturación.



Factores antrópicos

Considera vibraciones por tronaduras y extracción material.





Factores antrópicos

Considera vibraciones por tronaduras y extracción material.





Factores antrópicos

Considera vibraciones por tronaduras y extracción material.





Factores antrópicos

Los factores antrópicos son aquellos relacionados con actividades humanas que pueden influir en la estabilidad de los taludes.

Entre los factores más importantes están las vibraciones por tronaduras y las excavaciones, que son comunes en obras de ingeniería civil, minería y construcción.

Estas actividades pueden desencadenar deslizamientos o inestabilidad en los taludes, ya que alteran las condiciones geotécnicas y estructurales del terreno.





Factores antrópicos

1.- Vibraciones por tronaduras

Las tronaduras son un método habitual en minería y construcción para remover grandes volúmenes de roca.

Sin embargo, las vibraciones generadas por estas explosiones pueden tener un impacto significativo en la estabilidad de los taludes.



Efecto de las vibraciones

Las ondas sísmicas producidas por las tronaduras generan vibraciones que pueden afectar la integridad del talud. Estas vibraciones pueden causar:

Fracturamiento adicional

Las vibraciones pueden expandir o crear nuevas fracturas en el suelo o roca, debilitando la cohesión interna del material y facilitando el movimiento de masas.



Reducción en la resistencia del material

Las vibraciones pueden reducir temporalmente la fricción y cohesión de los materiales, haciendo que sean más susceptibles al deslizamiento, especialmente si el talud ya tiene planos de debilidad.





Factores antrópicos

1.- Vibraciones por tronaduras

Aumento de la presión de poros

Las vibraciones pueden generar un incremento en la presión del agua intersticial en los suelos, lo que disminuye la resistencia al corte y favorece los deslizamientos.

Factores críticos

La intensidad de las vibraciones y su distancia al talud son factores clave. Vibraciones más fuertes o que se produzcan cerca de taludes inestables aumentan el riesgo de falla. El impacto también varía dependiendo del tipo de material: los taludes de rocas fracturadas son más vulnerables que aquellos en rocas masivas y estables.

Vibraciones acumuladas

En operaciones continuas de tronaduras, las vibraciones repetidas pueden tener un efecto acumulativo, generando deformaciones progresivas en el talud y aumentando la probabilidad de un deslizamiento a largo plazo.



Factores antrópicos

1.- Vibraciones por tronaduras

Factores que influyen en el impacto de las vibraciones:



Intensidad de la vibración

La amplitud y frecuencia de las vibraciones son factores determinantes en su efecto sobre la estabilidad del talud.



Duración de la vibración

La duración de la exposición a las vibraciones también influye en su impacto.



Características del material

La tipología del material (suelo, roca), su estado de saturación y su estructura afectan la sensibilidad a las vibraciones.



Distancia al frente de la tronadura

La distancia entre el punto de detonación y el talud es un factor crítico, ya que la intensidad de las vibraciones disminuye con la distancia.



Factores antrópicos

2.- Excavaciones

Las excavaciones, ya sean superficiales o subterráneas, alteran el equilibrio natural de las fuerzas que mantienen estable un talud.

Esto es particularmente relevante en proyectos de minería, construcción de carreteras y obras civiles, donde se modifican las pendientes o se remueven grandes cantidades de material.



Modificación de la geometría del talud

Las excavaciones pueden aumentar la inclinación del talud, lo que incrementa el riesgo de deslizamiento. Los taludes más empinados tienden a ser menos estables, ya que la fuerza gravitacional actúa con mayor intensidad sobre los materiales que lo conforman.



Eliminación del soporte lateral

Las excavaciones en la base de un talud pueden eliminar el soporte natural que ayudaba a mantener su estabilidad. Esto crea un efecto de sobrecarga en la parte superior del talud, lo que puede generar fallas localizadas o colapsos en masa.



Interrupción del drenaje natural

Las excavaciones también pueden alterar los patrones de flujo de agua subterránea, lo que puede aumentar la presión de poros y reducir la cohesión del material. Un sistema de drenaje ineficiente puede conducir a la saturación del talud, aumentando la posibilidad de deslizamientos.



Factores antrópicos

Medidas de mitigación:



Monitoreo de las vibraciones

El uso de instrumentos de medición permite evaluar la intensidad de las vibraciones y ajustar los parámetros de las voladuras en consecuencia.



Diseño de las voladuras

La optimización del diseño de las voladuras, en términos de carga explosiva, patrón de perforación y secuencia de detonación, puede reducir significativamente el impacto de las vibraciones.



Refuerzo del talud

En casos de taludes especialmente sensibles, pueden ser necesarias medidas de refuerzo, como anclajes o muros de contención.



Factores antrópicos

RESUMEN



Las vibraciones producidas por tronaduras y excavaciones constituyen un factor antrópico de gran importancia en la estabilidad de los taludes.

Un análisis detallado de las condiciones locales y la implementación de medidas de mitigación adecuadas son fundamentales para prevenir deslizamientos y garantizar la seguridad de las obras.

Preguntas





Contacto

Teléfono: +569 6406 6491

Whatsapp: +569 6406 6491

Email: contacto@ore-mining.com

Web: www.oremining.cl