

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

1. *Nociones básicas de tensión y deformación.*
2. *Tensión sobre el plano.*
3. *Círculo de Mohr,*
4. *Tensión en tres dimensiones.*
5. *Relación entre tensión y deformación en las rocas.*
6. *Conceptos básicos de resistencia y rotura.*
7. *Definición y mecanismo de las deformaciones elástica, plástica y dúctil.*
8. *Mecanismo de rotura.*
9. *Criterios de resistencia y criterios de plasticidad.*

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

La mecánica de sólidos infiere que los materiales poseen un comportamiento son homogéneo, continuo, isótropo, lineal y elástico. Las rocas se diferencia de los materiales artificiales como el acero o el hormigón, porque presentan algunos defectos estructurales debido a la variación de la composición mineralógica, orientación de los minerales, porosidad y microfracturación, grado de alteración entre otros.

El estado mecánico de un sistema esta caracterizado por:

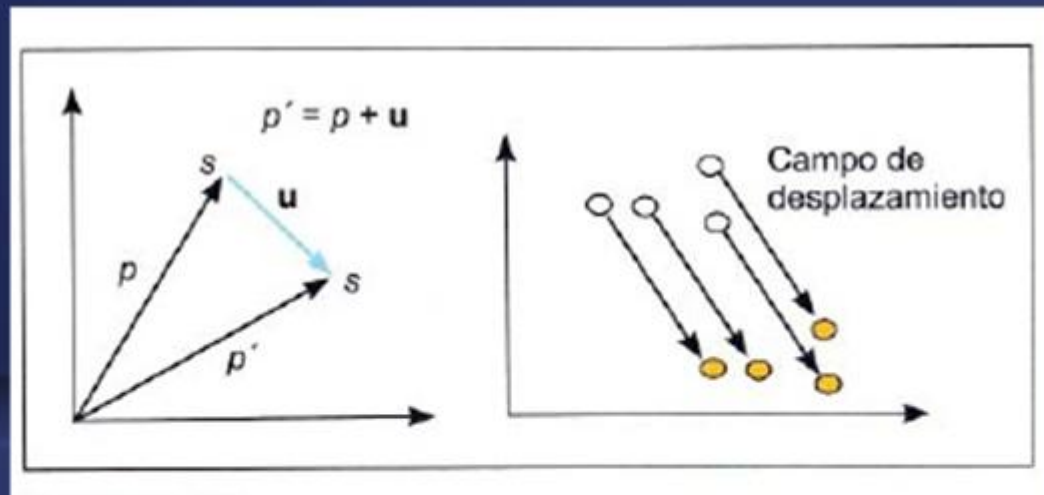
- La posición de cada una de sus partes, definida por sus coordenadas.
- Las Fuerzas que actúan entre y sobre las partes del sistema.
- La Velocidad con que las partes cambian de posición.

Es por ello, que la diferencia entre dos estados mecánicos, esta definida por los desplazamientos, las deformaciones y los cambios en el estado tensional o de esfuerzo.



TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

El Desplazamiento (u) es el cambio de posición de una partícula (s) y queda definido por un vector $u = p' - p$, por otro lado el campo de desplazamiento en un sistema será homogéneo si los vectores desplazamiento de cada partícula son iguales en magnitud y dirección.

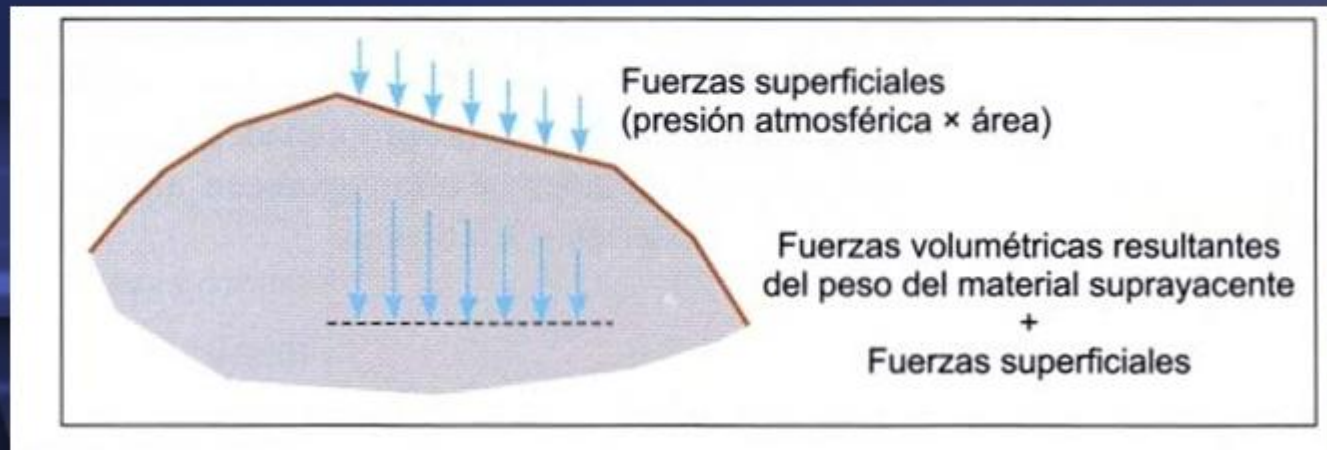


TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

La Deformación (ϵ) indica la variación de longitud o espacio entre dos partículas en 2 estados distintos y se puede expresar como la relación entre la variación de longitud inicial y final de la partícula $\epsilon = (l_f - l_i) / l_i$.

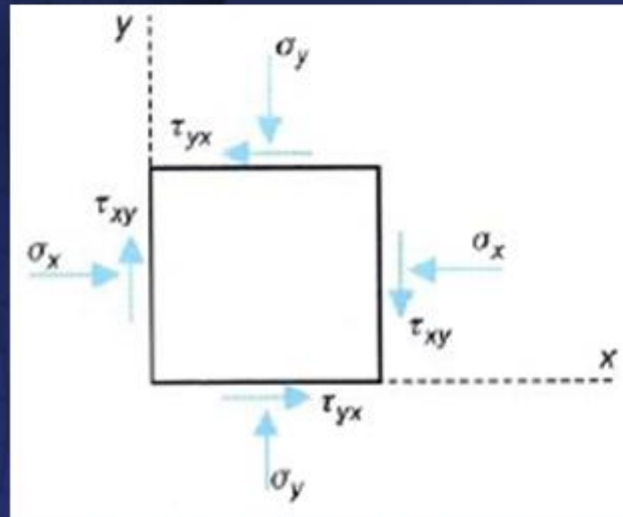
El Estado Tensional de un sistema es consecuencia de las fuerzas por tanto, varía el estado de tensiones asociado a los planos considerados.

Las Fuerzas son las responsables primeras del estado y comportamiento mecánico de un sistema. Sobre un cuerpo rocoso actúa 2 tipos de fuerzas; la fuerza gravitatoria terrestre y las fuerzas superficiales que son ejercidas sobre el cuerpo por los materiales que lo rodean, y actúan sobre las superficies de contacto.



TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

Tensión sobre el plano.



En este sistema se desprenden dos consideraciones importantes:

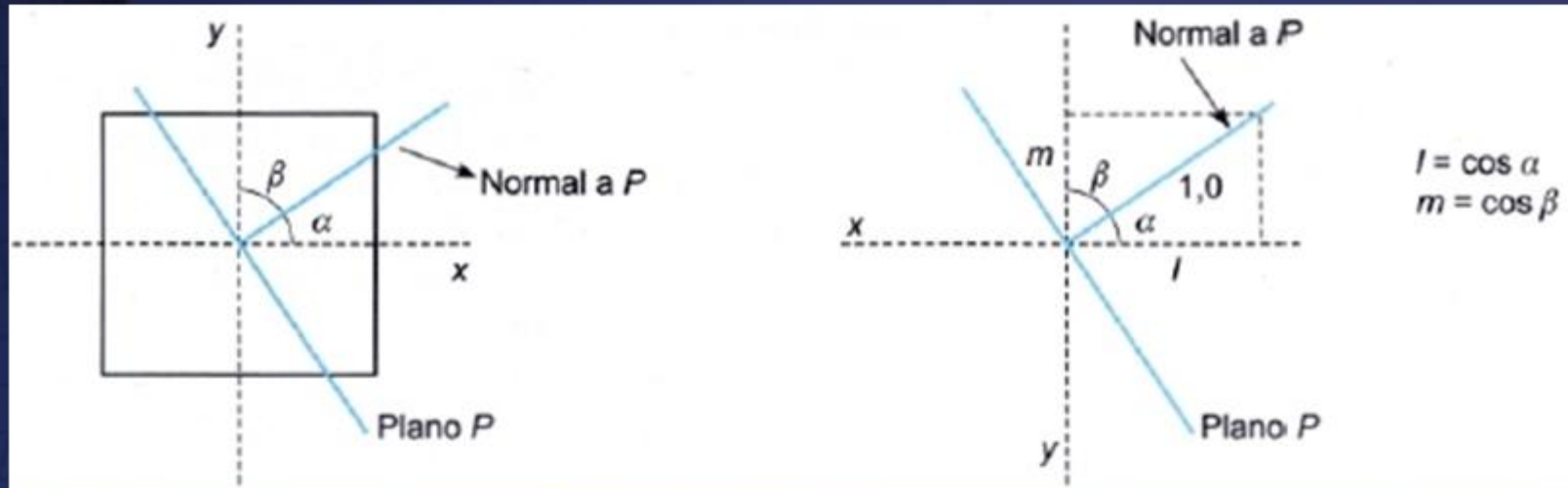
1.-El cuadrado del sistema de ejes x , y , las componentes del esfuerzo sobre el plano x (perpendicular el eje x) son σ_{xx} y τ_{yx} , la misma consideración se puede hacer sobre el plano y .

2.-Para el equilibrio, la resultante de fuerzas de las fuerzas actuantes en las direcciones x e y deben ser igual a cero. Además el equilibrio rotacional requiere que los momentos sean iguales a cero; por lo tanto, $\tau_{xy} = \tau_{yx}$.

Una vez conocido el estado de esfuerzos en un punto mediante sus componentes σ_{xx} , σ_{yy} y τ_{xy} , se puede conocer los esfuerzos sobre cualquier plano que pase por el punto.

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

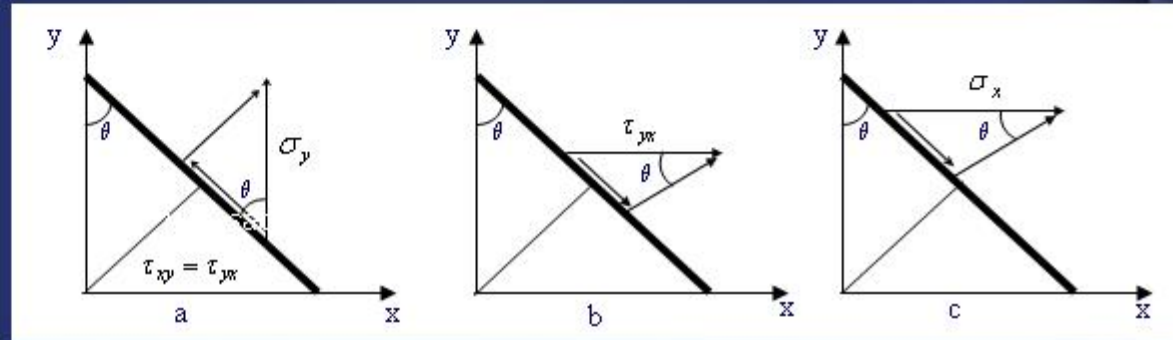
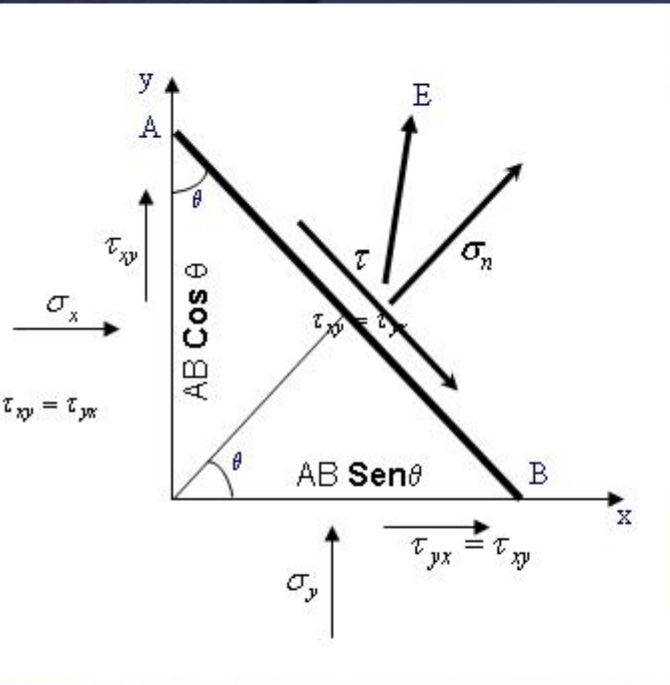
La orientación de cualquier plano P dentro del cuadrado puede especificarse mediante los cósenos de los ángulos que forma la normal al plano con los ejes x e y . estos son los COSENOS DIRECTORES de la línea longitud unitaria normal a P



Los COSENOS DIRECTORES de cualquier línea que pase por el origen del sistema de ejes considerado son las coordenadas de un punto situado sobre la línea a una distancia unitaria del origen. Para la normal a un plano paralelos al eje x , los cósenos directores serán $l=0$ y $m=1$.

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CALCULO DE LAS COMPONENTES X, Y DEL ESFUERZO SOBRE UN PLANO.



$$\Sigma F_n = \sigma_x \cos \theta * AB \cos \theta + \sigma_y \sin \theta * AB \sin \theta + \tau_{xy} \sin \theta * AB \cos \theta + \tau_{yx} \cos \theta * AB \sin \theta = \sigma_n * AB$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$

$$\sigma_n = \sigma_x \cos^2 \theta + \sigma_y \sin^2 \theta + 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta$$

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CALCULO DE LAS COMPONENTES X, Y DEL ESFUERZO SOBRE UN PLANO.

$$\sigma_n = \sigma_x \cos^2 \theta + \sigma_y \sin^2 \theta + 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta$$

$$\cos^2 \theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2}$$

$$\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$$

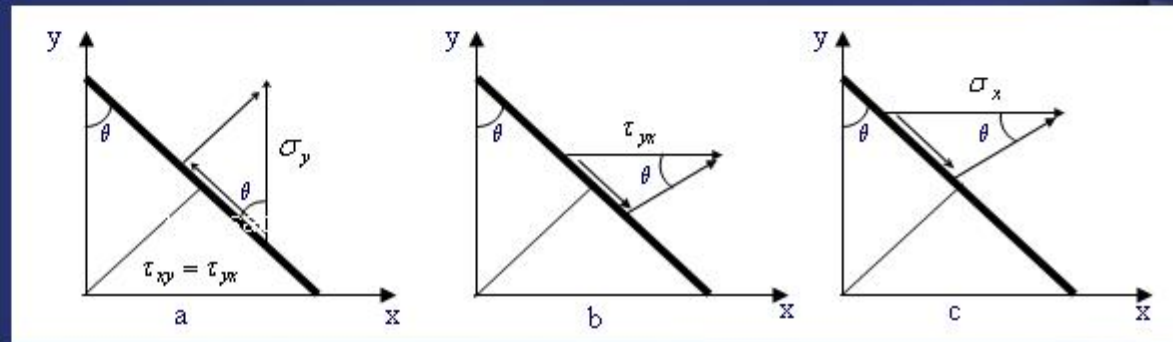
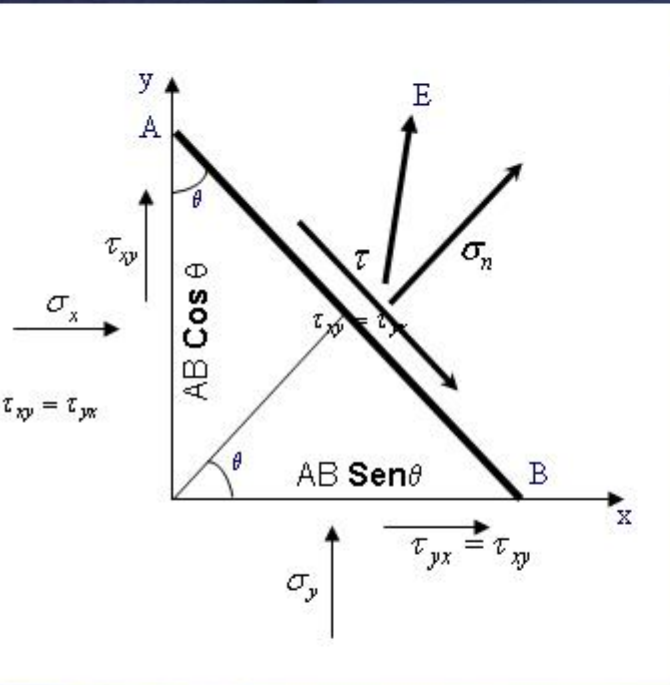
$$\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta$$

$$\sigma_n = \frac{1}{2} \sigma_x + \frac{1}{2} \sigma_x \cos 2\theta + \frac{1}{2} \sigma_y - \frac{1}{2} \sigma_y \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$\sigma_n = \frac{1}{2} [\sigma_x + \sigma_y] + \frac{1}{2} [\sigma_x - \sigma_y] \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CALCULO DE LAS COMPONENTES X, Y DEL ESFUERZO SOBRE UN PLANO.



$$\Sigma F_t = -\sigma_x \text{Sen} \theta * AB \text{Cos} \theta + \sigma_y \text{Cos} \theta * AB \text{Sen} \theta + \tau_{xy} \text{Cos} \theta * AB \text{Cos} \theta - \tau_{yx} \text{Sen} \theta * AB \text{Sen} \theta = \tau_t * AB$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$

$$\tau_t = -\sigma_x \text{Sen} \theta \text{Cos} \theta + \sigma_y \text{Cos} \theta \text{Sen} \theta + \tau_{xy} \text{Cos}^2 \theta - \tau_{yx} \text{Sen}^2 \theta = \tau_t$$

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CALCULO DE LAS COMPONENTES X, Y DEL ESFUERZO SOBRE UN PLANO.

$$\tau_t = -\sigma_x \text{Sen}\theta \text{Cos}\theta + \sigma_y \text{Cos}\theta \text{Sen}\theta + \tau_{xy} \text{Cos}\theta^2 - \tau_{yx} \text{Sen}\theta^2 = \tau_t$$

$$\text{Sen}2\theta = 2\text{Sen}\theta \text{Cos}\theta$$

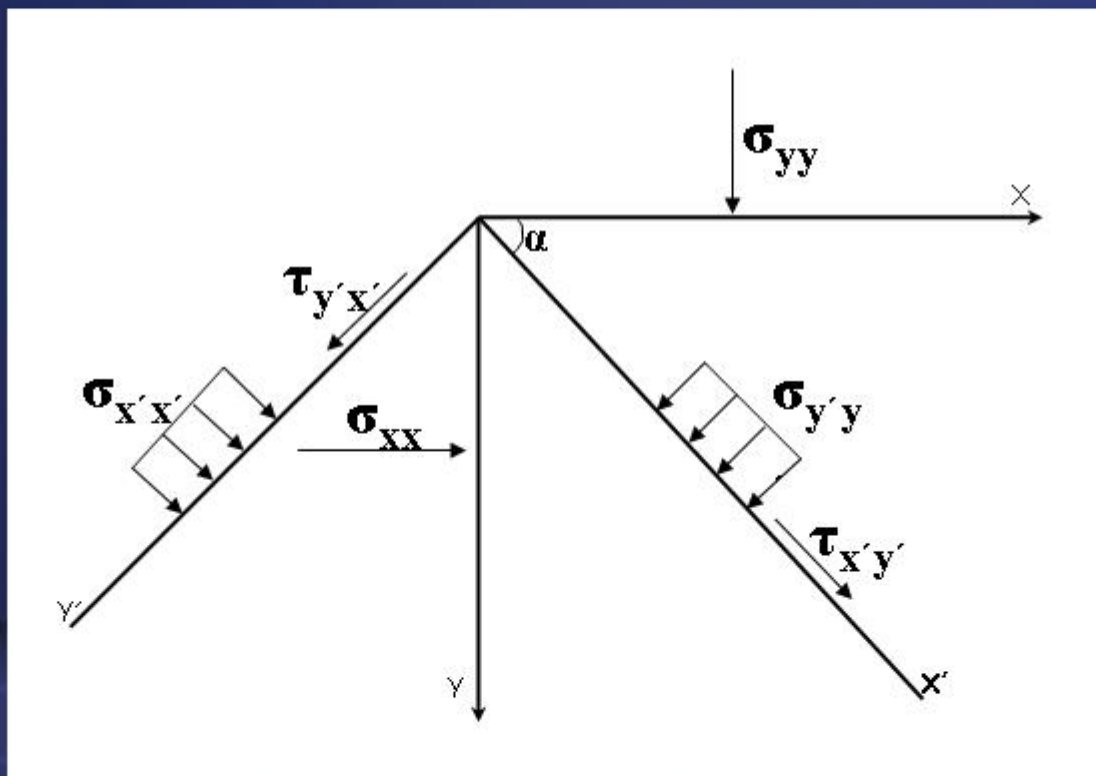
$$\text{Cos}2\theta = \text{Cos}^2\theta - \text{Sen}^2\theta$$

$$\tau_t = -\sigma_x \text{Sen}2\theta + \sigma_y \text{Sen}2\theta + \tau_{xy} (\text{Cos}^2\theta - \text{Sen}^2\theta)$$

$$\tau_t = \frac{1}{2}(\sigma_y - \sigma_x) \text{Sen}2\theta + \tau_{xy} \text{Cos}2\theta$$

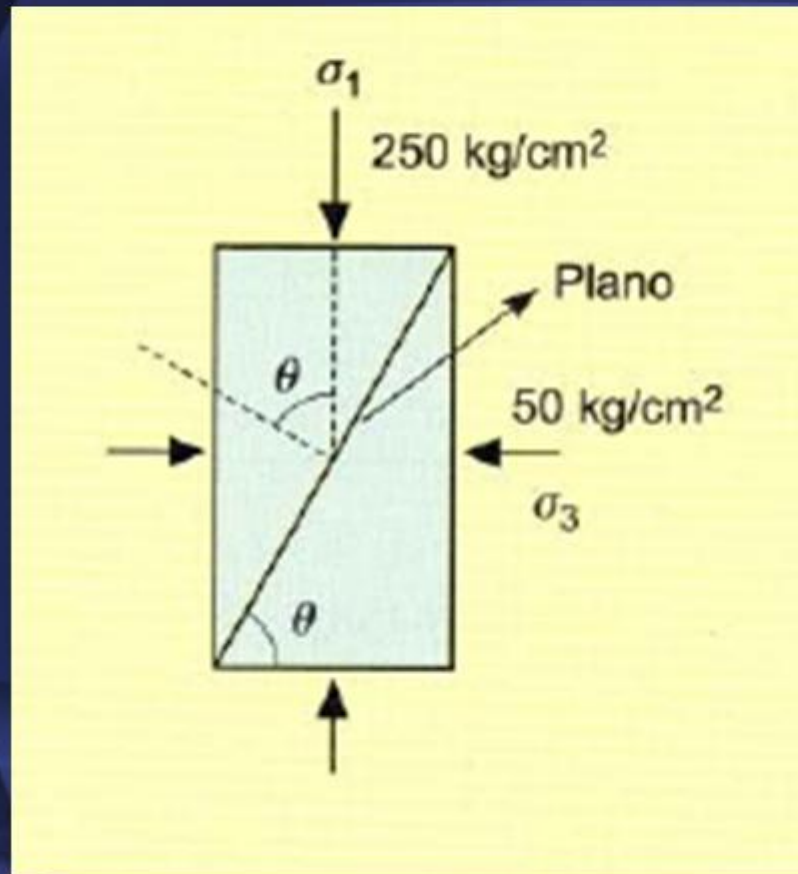
TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CALCULO DE LAS COMPONENTES X, Y DEL ESFUERZO SOBRE UN PLANO.



TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CALCULO DE LAS COMPONENTES X, Y DEL ESFUERZO SOBRE UN PLANO.



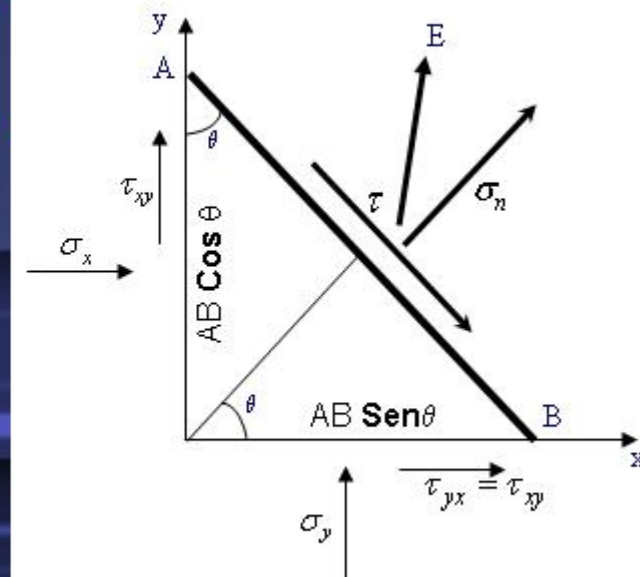
TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CIRCULO DE MOHR.

El Circulo de Mohr es una de las pocas construcciones gráficas en la Ingeniería Geológica que tienen su fundamentos en las leyes de transformación de ciertas entidades matemáticas llamadas tensores a las que el circulo de Mohr representa con sencillez y claridad. Una de las características más importantes es que, aunque se trata de una solución gráfica, su construcción no exige, en la mayoría de las aplicaciones, medidas a escala, solo es necesario recurrir a las relaciones trigonométricas elementales para obtener ecuaciones de interés en la solución de algunos problemas propios de la Mecánica de Rocas y de la Geología Estructural

$$\sigma_n = \frac{1}{2}[\sigma_x + \sigma_y] + \frac{1}{2}[\sigma_x - \sigma_y] \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$\tau_t = \frac{1}{2}(\sigma_y - \sigma_x) \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta$$



TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CIRCULO DE MOHR.

De la ecuación de cizallamiento y como los esfuerzos principales no tienen cizalla, entonces la misma se iguala a cero

$$0 = \frac{1}{2}(\sigma_y - \sigma_x)\text{Sen } 2\theta + \tau_{xy}\text{Cos } 2\theta$$

$$\text{Tan } \theta = \frac{\text{sen } \theta}{\text{cos } \theta}$$

CALCULO DE LA ORIENTACIÓN DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES.

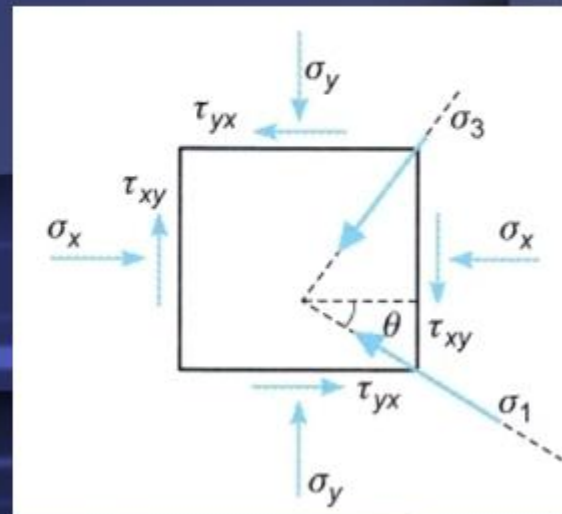
$$0 = \frac{1}{2}(\sigma_y - \sigma_x) \frac{\text{Sen } 2\theta}{\text{Cos } 2\theta} + \tau_{xy}$$

$$0 = \frac{1}{2}(\sigma_y - \sigma_x) \text{Tan } 2\theta + \tau_{xy}$$

$$\text{Tan } 2\theta = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$



Ecuación para calcular la dirección de los Esfuerzos Principales

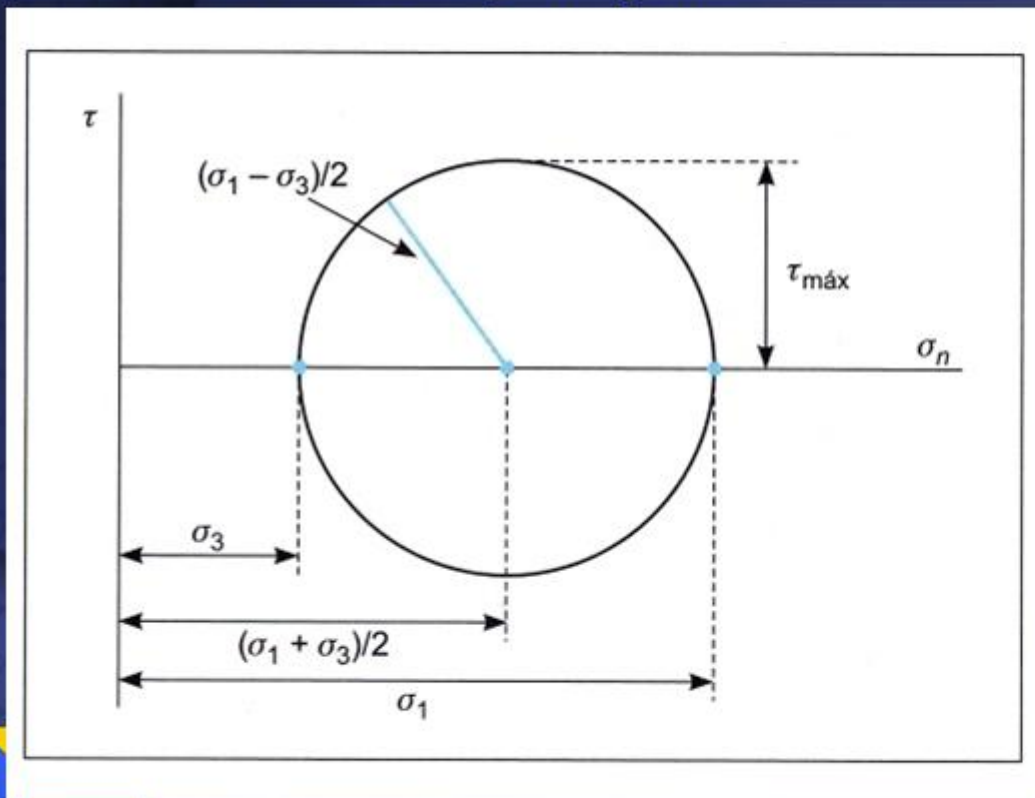


TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CIRCULO DE MOHR.

Existen 2 formas de construir el círculo de Mohr.

1.-Dados los esfuerzos principales.



Centro

$$C = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$$

Siempre el centro del círculo de Mohr, es el promedio de los esfuerzos.

Radio

$$R = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - \sigma_3$$

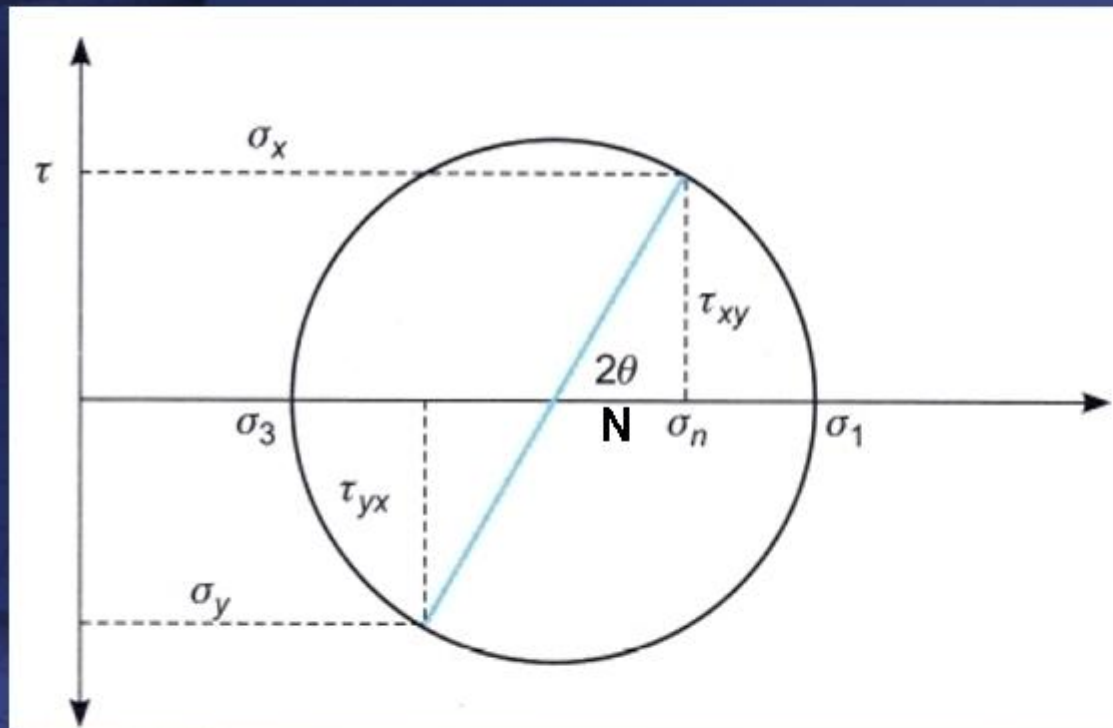
$$R = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CIRCULO DE MOHR.

1.-Dados las componentes de los esfuerzos actuantes en el sistema.



Centro $C = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$

Siempre el centro del círculo de Mohr, es el promedio de los esfuerzos.

Radio $N = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

CALCULO NUMERICO DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES

El Esfuerzo σ_1 es equivalente a la suma del centro del circulo de Mohr mas al radio del mismo Circulo.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$



TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

RESISTENCIA Y ROTURA.

Las tensiones o los esfuerzos generados por la aplicación de las fuerzas pueden producir deformaciones y roturas dependiendo de la resistencia de las mismas y de otras condiciones intrínsecas al propio material rocoso.

Se pueden estudiar 2 tipos de resistencias:

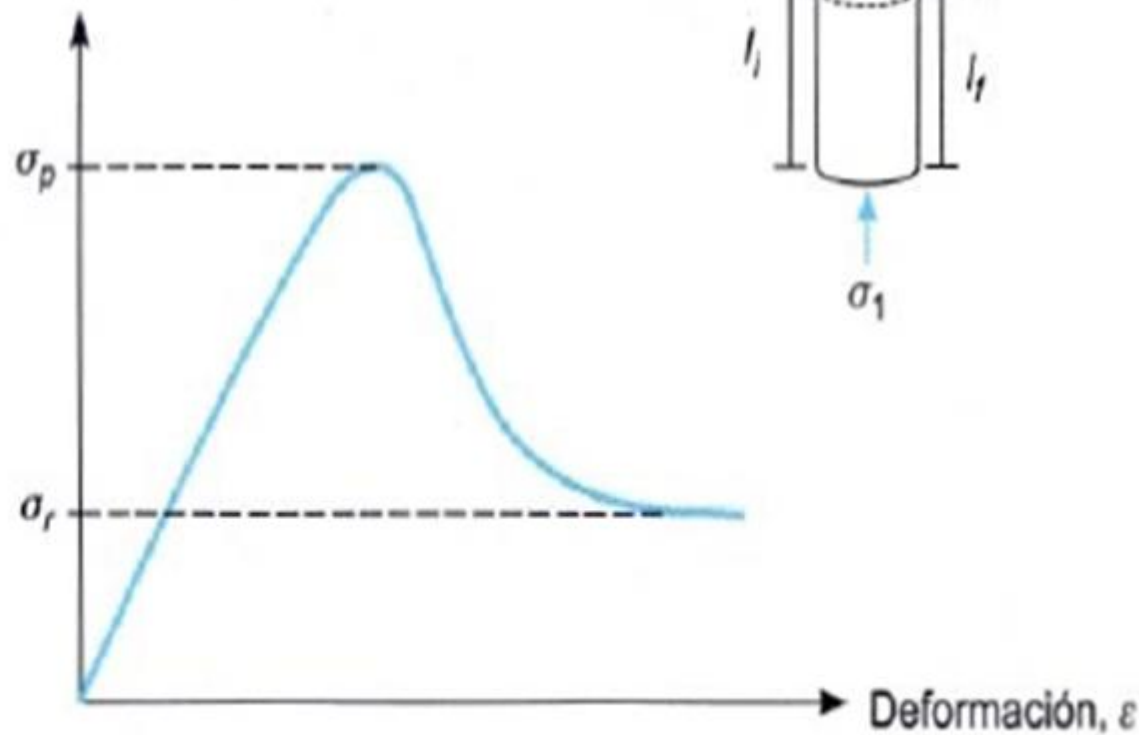
- 1.-La resistencia de Pico (σ_p) es el esfuerzo máximo que se puede alcanzar, se origina por una cierta deformación a la que se denomina deformación de pico
- 2.-La resistencia Residual (σ_r) es el valor al que cae la resistencia de algunas rocas para deformaciones elevadas, se origina después de sobrepasar la resistencia pico.

En problemas de Mecánica de Rocas desea investigar si la roca se va a deformar sin alcanzar la resistencia de pico o si se va a superar la misma. En condiciones normales, la resistencia depende de las propiedades intrínsecas de la roca,, cohesión y ángulo de fricción.

TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

$$\text{Tensión } \sigma = \frac{F}{A}$$



TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

ROTURA.

La Rotura se es una manifestación que se origina cuando la roca no puede soportar las fuerzas aplicadas alcanzando el esfuerzo máximo correspondiente a la resistencia de pico del material. Es importante resaltar que tampoco la rotura de la roca tiene porque coincidir con el inicio de la generalización de los planos de fractura. La fractura es la formación de planos o superficies de separación de la roca, rompiéndose los enlaces de las partículas para crear nuevas superficies, se pierden las fuerzas cohesivas y solo permanecen las fuerzas friccionales. En función de la resistencia de la roca y las relaciones entre los esfuerzos aplicados, y las deformaciones producidas.

La Rotura va acompañada de la generación de planos de planos de fractura a través de la roca, cuya dirección depende de:

- 1.-la dirección de aplicación de las Fuerzas.
- 2.-La anisotropía presente en el material rocosos a nivel microscópico (Orientación preferencial de minerales, presencia de microfracturas orientadas) o macroscópico (Superficies de esquistosidad o laminación)

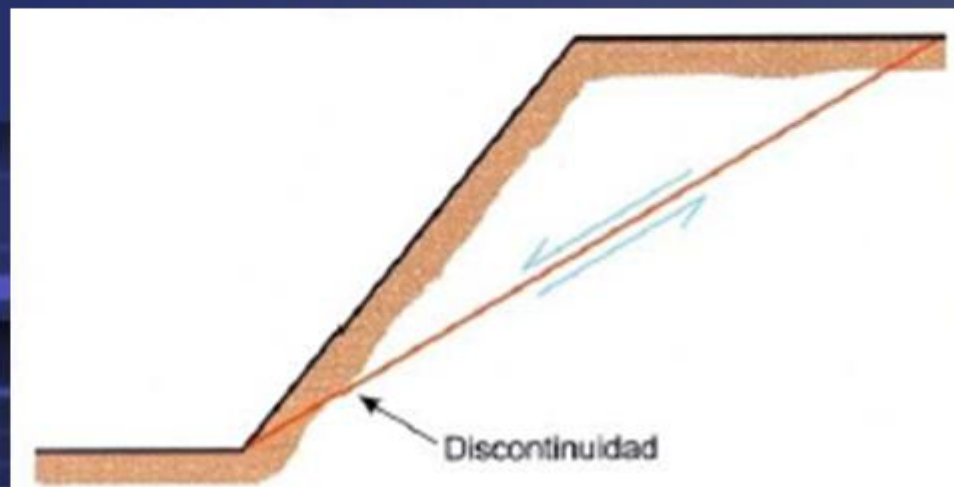
TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

A escala de macizo rocoso fracturado, la rotura puede ocurrir a través de la matriz rocosa o a favor de las discontinuidades preexistentes, siendo también posible la creación de planos de rotura mixtos.

MECANISMOS DE ROTURA. El proceso de rotura de las rocas es muy variado y complejo, engloba varios tipos de fenómenos de manera conjunta e interviniendo múltiples factores. Existen 5 tipos de roturas:

1.-ROTURA POR ESFUERZO CORTANTE: se origina cuando una determinada superficie de roca esta sometida a esfuerzos de corte suficientemente altos como para que una cara de la superficie deslice con respecto a la otra. Son ejemplos de rotura a favor de las discontinuidades en taludes de macizos rocosos

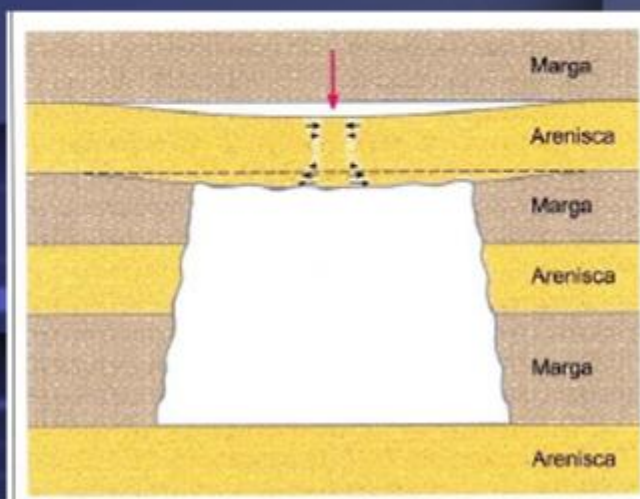


TEMA N° 3

TENSION Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

2.-ROTURA POR COMPRESIÓN: se origina cuando la roca sufre esfuerzos de compresión. Microscópicamente se producen grietas de tracción y planos de corte que progresan en el interior de la roca. La situación de compresión simple no es frecuente en la naturaleza o en las obras de ingeniería. Los pilares de soporte en una excavación minera o los pilares de sostenimiento de desmontes en voladizo.

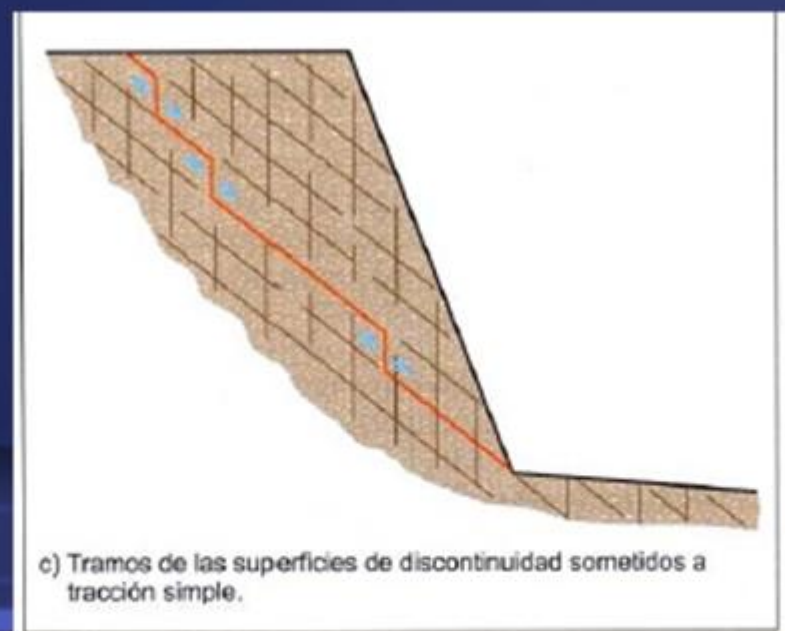
3.-ROTURA POR FLEXIÓN: se origina cuando una sección de la roca está sometida a momentos flectores. La sección esta sometida a unas tensiones normales variables, rompiéndose por la zona donde se acumular las tracciones. Este tipo de situación se origina en los dinteles de las galerías subterráneas o en el techo de una cavidad cárstica.



TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

2.-ROTURA POR TRACCIÓN: este tipo de rotura se origina cuando la disposición y/o estructura del macizo rocoso hace que una cierta sección de la roca esté sometida a una tracción pura o casi pura. En la realidad son situaciones difíciles de originarse. Un ejemplo de esto es el estado traccional que se genera en algunos tramos de la superficie de rotura de un talud





TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

2.-ROTURA POR COLAPSO: Una rotura por colapso mecánico se produce bajo condiciones de compresión isotrópica, es decir, cuando el material recibe compresión en todas las direcciones del espacio. La estructura de la roca se rompe. Este tipo de rotura se produce en rocas muy porosas, en rocas de bajas densidad y en areniscas cementadas tipo creta (Carbonato de calcio terroso, formada por residuos de infusorios (protozoos del tipo de los ciliados). Rocas cretáceas pueden ser las calizas, areniscas, margas.) Las rocas densas bajo compresión isotrópica pueden colapsar también bajo compresiones muy elevadas por cambios en su estructura interna.



TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

RELACIONES TENSION DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

Esta relación se refiere a la relación esfuerzo deformación de un cuerpo y esta definido por la relación que existe entre los esfuerzos aplicados y las deformaciones originadas, además se hace referencia a cómo se va deformando y como va variando el comportamiento del material rocoso a lo largo de la aplicación de la carga, es decir como varia la resistencia del material para determinados niveles de deformaciones como son: EL COMPORTAMIENTO ANTES DE LLEGAR A LA ROTURA, LA FORMA EN QUE SE PRODUCE LA ROTURA Y EL COMPORTAMIENTO DESPUES DE LA ROTURA.

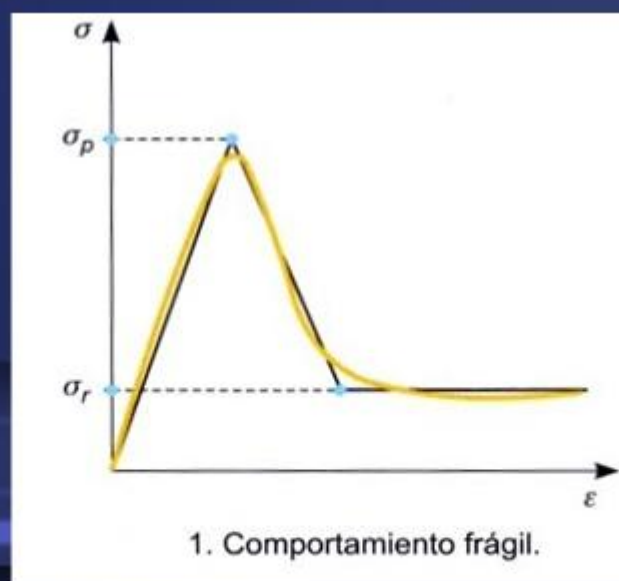
Las rocas presentan relaciones no lineales entre las fuerzas aplicadas y las deformaciones originadas a partir de un determinado esfuerzo, generándose diferentes modelos de curvas σ - ϵ para los distintos tipos de roca. Si Debido a la aplicación de la carga sobre el cuerpo rocoso se supera su resistencia de pico Pueden ocurrir las siguientes situaciones que son del estudio con mucho detenimiento:



TEMA N° 3

TENSION Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

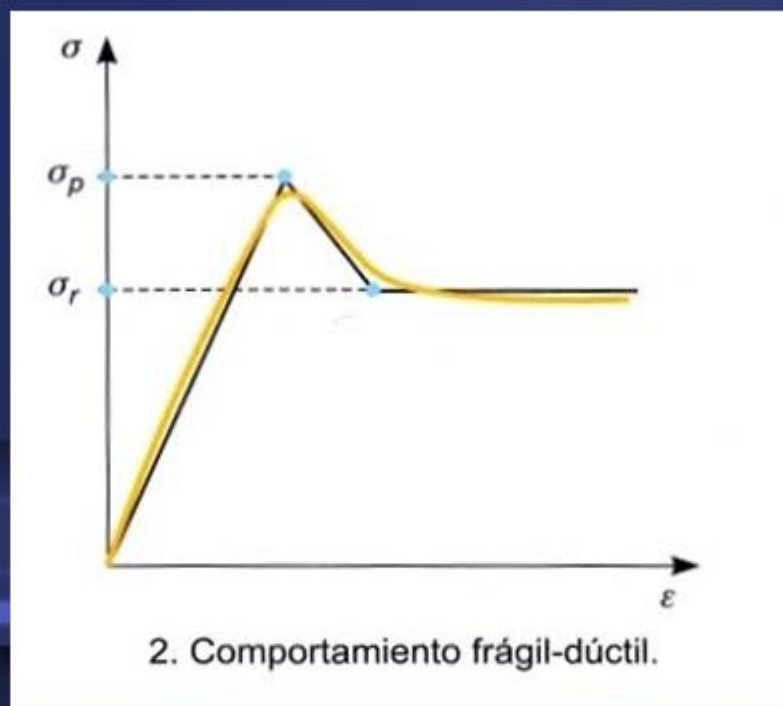
1.-La resistencia de la roca disminuye sustancialmente incluso hasta alcanzar un valor próximo a cero. Es el caso del Comportamiento Frágil, el cual es típico en rocas duras con alta resistencia. La fractura frágil implica una pérdida casi instantánea de la resistencia de la roca a través de un plano sin ninguna o poca deformación plástica. Este comportamiento presenta diferencias considerables entre la resistencia de pico y la resistencia residual.



TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

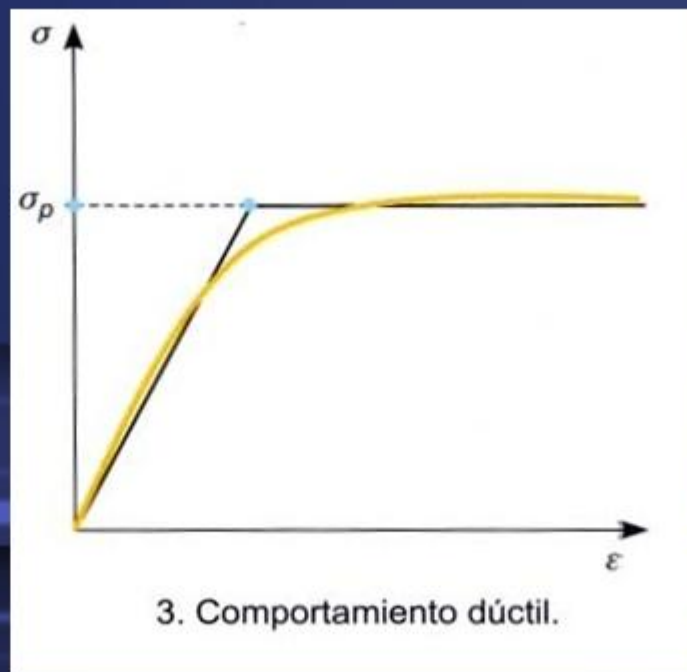
2.-La resistencia de la roca decrece hasta un determinado valor después de haber alcanzado deformaciones importantes. Este comportamiento se refiere al Frágil – Dúctil o parcialmente frágil. Un ejemplo de ello es el que presentan discontinuidades rocosas a materiales arcillosos sobreconsolidados.



TEMA N° 3

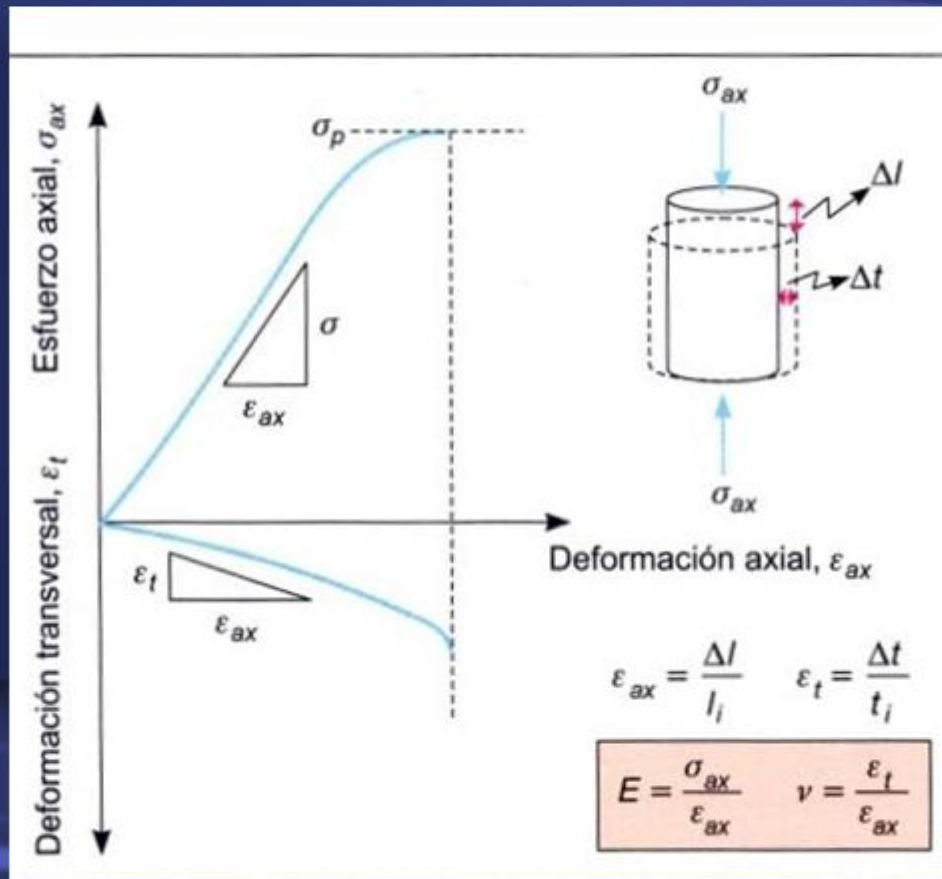
TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

La deformación sigue aumentando sin que se pierda la resistencia, esto significa que la resistencia se mantiene constante después de grandes deformaciones. Este es el caso del comportamiento Dúctil. Ejemplo de este tipo de deformación son los materiales blandos como las sales. En el comportamiento dúctil la resistencia de pico y la resistencia residual son iguales.



TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.



TEMA N° 3

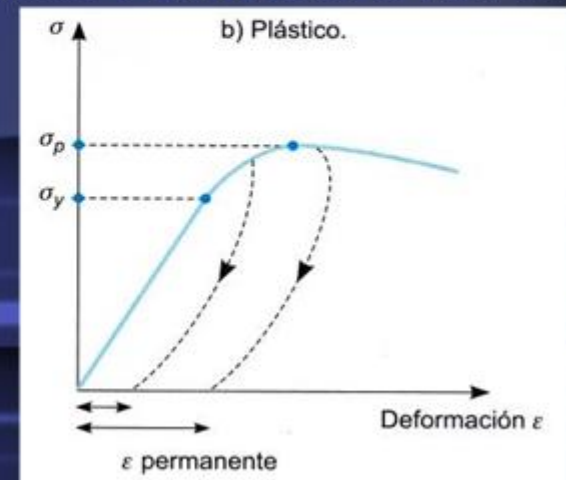
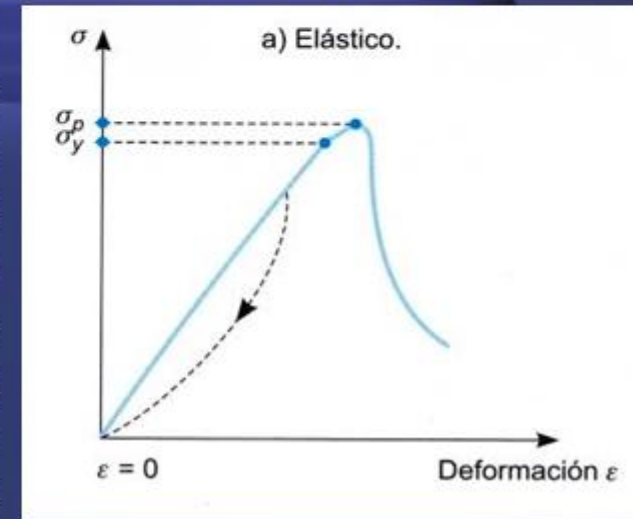
TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

En el campo de las deformaciones elásticas si se retira la fuerza aplicada se recuperan las deformaciones volviendo la roca a su forma original.

A partir de un determinado nivel de deformación, la roca no puede mantener el comportamiento elástico, llegando al punto de que comienza la deformación dúctiles o plasticas donde se abandona la relación lineal esfuerzo deformación. Ese punto se refleja en una inflexión de la curva que recibe el nombre de Limite de Elasticidad y la resistencia se denota como σ_y . A partir de este punto, la roca todavía puede mantener deformaciones importantes antes de llegar al limite de su resistencia.

En rocas frágiles los valores de σ_y y de σ_p están muy próximos o coinciden lo que no ocurre en el caso de rocas de comportamiento dúctil.

La diferencia entre ambos valores es muy importante en el estudio del comportamiento de algunos tipos de rocas, ya que indica la capacidad de la roca para seguir soportando cargas una vez superado su limite elástico y antes de alcanzar deformaciones inadmisibles



TEMA N° 3



TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

Conocer el valor de σ_y y las deformaciones asociadas a es esfuerzo son importantes ya que es una característica típica para ese tipo de roca, especialmente en rocas blandas en las que para esfuerzos inferiores a la resistencia de pico, la roca sufre deformaciones plásticas irreversibles. A partir de ese punto, un incremento un incremento de la carga o fuerza, puede dar lugar a la rotura progresiva, incluso si la carga permanece constante a lo largo del tiempo y los procesos de erosión pueden ocasionar la pérdida definitiva de la resistencia del material.

Hasta aquí, no se tiene en cuenta la influencia del factor tiempo en el comportamiento de la roca bajo determinadas condiciones de esfuerzo o deformación mantenidas a lo largo del plazo, pero hay ciertos materiales rocosos que presentan un comportamiento reológico, sufriendo procesos tiempo-dependiente de FLUENCIA o CREEP (Aumento de las deformaciones bajo esfuerzos constantes) y de relajación (disminución de la resistencia bajo deformaciones constantes).

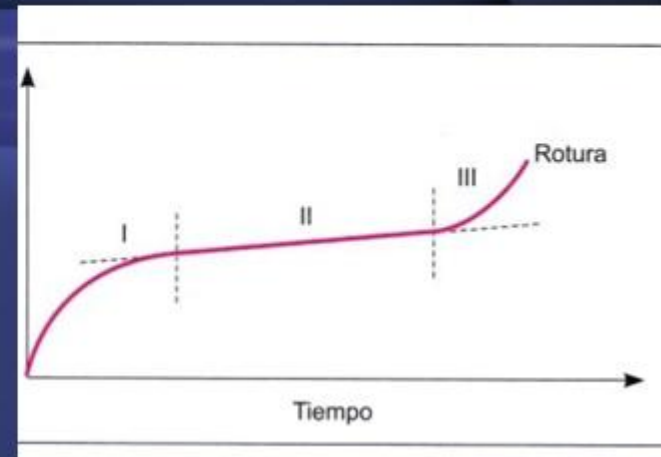
El ejemplo de fluencia son las sales y en este comportamiento el material se comporta de forma viscosa, es decir las deformaciones son lentas y continuas en el tiempo dependientes, influyendo también el contenido en humedad.



TEMA N° 3

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN LAS ROCAS.

Al aplicar inicialmente la carga, se produce una deformación elástica inmediatamente seguida por un creep primario (I) en la que la deformación se desacelera con el tiempo (Transient Creep) si las condiciones permanecen constantes. En algunas rocas, los creep primario puede evolucionar al llamado creep secundario (II) donde las deformaciones van aumentando y su rango llega a ser constante (Steady state Creep)



Si los esfuerzos son cercanos al de pico, el creep secundario pasa a ser creep terciario (III) donde el rango de deformaciones se incrementa con el tiempo hasta alcanzar la rotura (Accelerating creep)



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

El comportamiento mecánico de los materiales de los materiales rocosos dependen principalmente de su resistencia y de las fuerzas aplicadas, que dan lugar a una determinado estado de esfuerzo. Este estado de esfuerzos queda definido por las tensiones principales que actúan (σ_1 σ_2 σ_3). Dependiendo principalmente de la magnitud de estas tensiones y de su dirección, se producirán las deformaciones de las rocas y en su caso la rotura.

Las rocas rompen en condiciones de esfuerzo diferencial y a una determinada relación entre las tensiones principales corresponden un determinado nivel de deformaciones. Si se conocen esas relaciones se podrá predecir el comportamiento del material para un estado de esfuerzos determinado.

LEY DE COMPORTAMIENTO: Se define como el posible comportamiento de los materiales y la relación entre los componentes del esfuerzo que indica el estado de deformaciones que sufren los materiales, en otras palabras la Ley de Comportamiento es el criterio de rotura o de resistencia.





TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

Teóricamente una Ley de Comportamiento debería servir para indicar o predecir los siguientes parámetros o valores que se usan en la caracterización del la roca o macizo rocoso:

- 1. El valor de la Resistencia de Pico del material.*
- 2. La Resistencia Residual.*
- 3. La Resistencia del Limite de Elasticidad.*
- 4. El inicio de la Generación de la Rotura.*
- 5. Las Deformaciones sufridas por el material.*
- 6. La energía del proceso de Rotura y deformación.*

En algunos casos es imposible de obtener las leyes que rigen el comportamiento, la resistencia y la rotura de los materiales rocosos se emplean una serie de criterios de rotura o de resistencia. Estos criterios son expresiones matemáticas que representan modelos simples que permiten estimar la resistencia del material en base a los esfuerzos aplicados



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

Por lo tanto, la resistencia o los criterios de rotura es:

$$\text{resistencia} = f(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3; K_i)$$

Donde K_i representa un conjunto de parámetros de la roca.

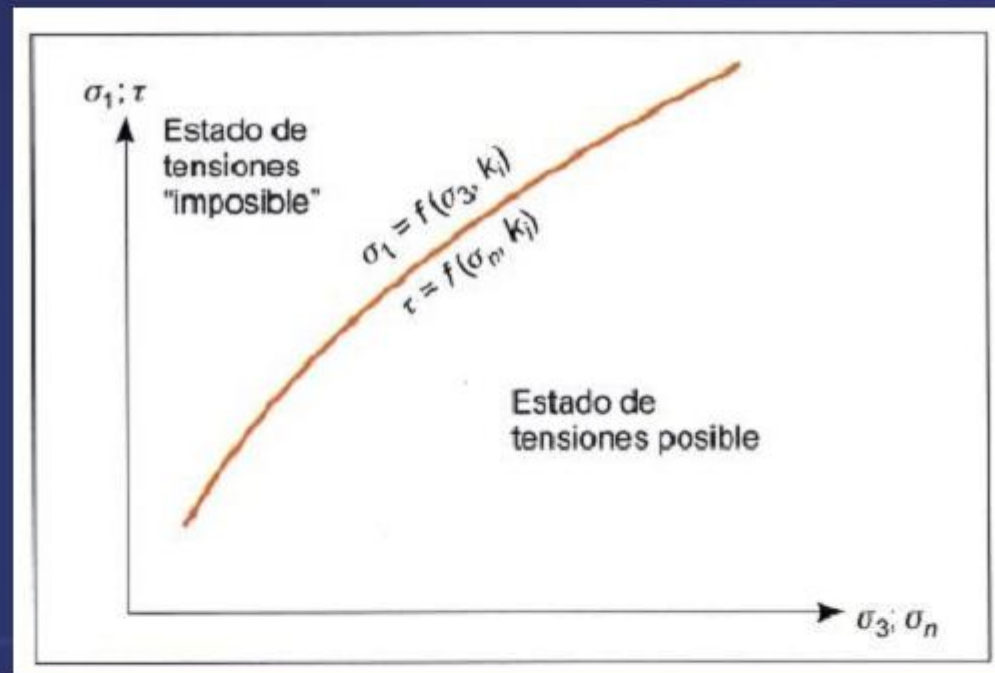
Un ejemplo es el criterio de resistencia de pico donde es una expresión que proporciona la combinación entre los componentes del esfuerzo para la que se alcanza la resistencia de pico del material, además un criterio de plasticidad o de límite de elasticidad es la relación entre los componentes de esfuerzo que se satisface al inicio de las deformaciones permanente. Los Criterios de rotura se establecen en función de los esfuerzos o tensiones debido a que éstos son más fáciles e inmediatos de medir que otros parámetros, como la deformación o la cantidad energía de deformación que se va liberando a lo largo del proceso de carga; pero si estas cantidades pueden medirse, los criterios pueden establecerse en función de ellas:

$$\text{resistencia} = f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3; K_i)$$

TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

También es importante señalar que al referirse a los esfuerzos principales, los criterios de resistencia pueden ser desarrollados en términos de los esfuerzos normales y tangenciales actuando en un plano.



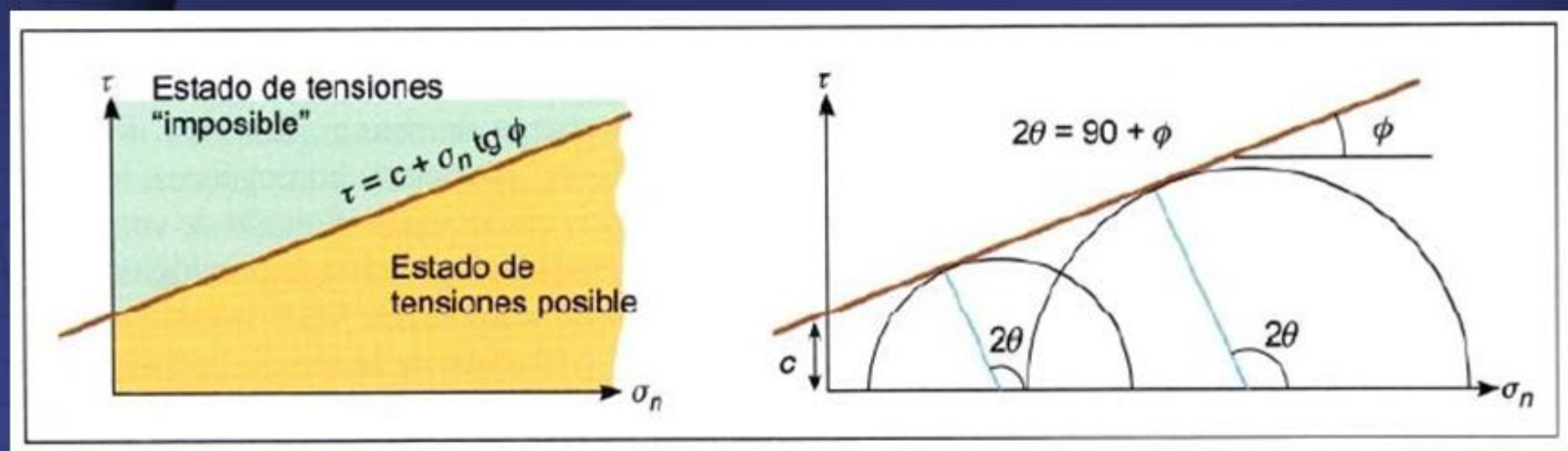
$$\sigma_1 = f(\sigma_2, \sigma_3, K_i)$$

$$\tau = f(\sigma_n, K_i)$$

TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

El Criterio de Rotura donde considera la Resistencia de Pico que mas reconocido es el de COULOMB



$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

Este criterio expresa la resistencia al corte a lo largo de un plano en un estado triaxial de tensiones, obteniendose la relación lineal entre los esfuerzos normal y tangencial actuantes en el momento de la rotura



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

Las rocas, a diferencia de los suelos, presentan un comportamiento mecánico no lineal, por lo que estos criterios de roturas no lineales, no son muy adecuados porque pueden proporcionar datos erróneos a la hora de evaluar el estado de deformaciones, el criterio de Mohr Coulomb no se ajusta al comportamiento real de los materiales rocosos, tanto de la matriz rocosa como de los macizos rocosos y de las discontinuidades. Es importante resaltar que experimentalmente que la resistencia del medio rocoso crece menos con el aumento de la presión normal de confinamiento que la obtenida al aplicar una ley lineal.

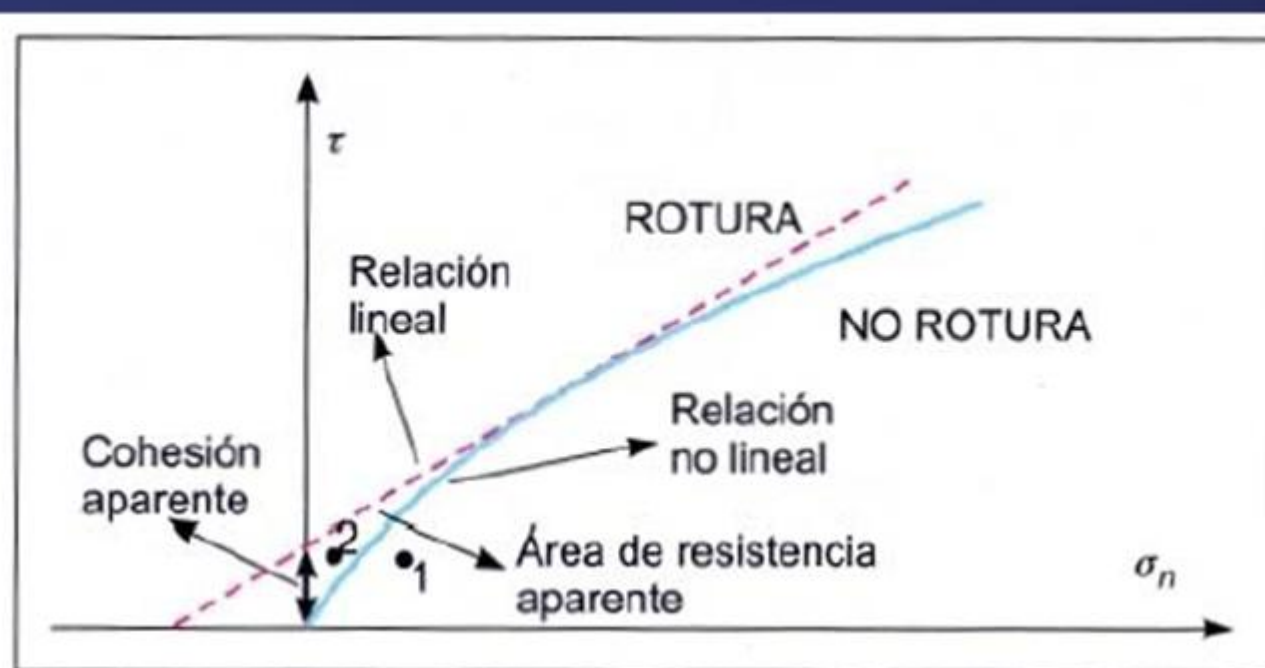
Por lo antes expuesto, en Mecánica de Rocas son los más usados los criterios no lineales, que en la mayoría de los casos la representación gráfica de la rotura en cambio de ser una recta es una curva del tipo cóncavo



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

La relación entre los criterios cuyas envolventes corresponden a un criterio de rotura lineal y otro no lineal, no es coincidente. Por ejemplo para el punto 1, el estado tensional corresponde a estabilidad (no hay rotura) en ambos criterios; pero si el estado tensional se desplaza a la posición 2, seguirá siendo estable si el criterio empleado es lineal, pero si el criterio empleado no es lineal indica que ha superado la resistencia de rotura de la roca y es inadmisible





TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

PARAMETROS RESISTENTES.

Como se ha dicho antes el comportamiento mecánico de las rocas está definido por su resistencia y su deformabilidad:

1.-Resistencia a la Compresión Simple y su empleo está basado en la clasificación Geotécnica de las rocas

Valores de resistencia de la matriz rocosa sana

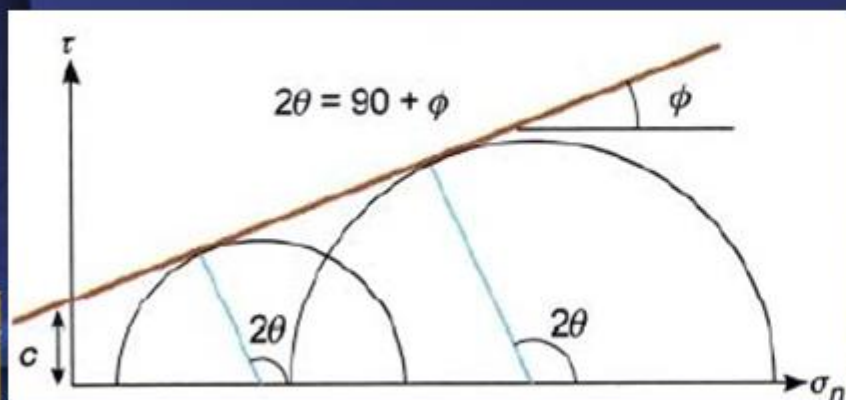
Roca sana	Resistencia a compresión simple (kp/cm ²)		Resistencia a la tracción (kp/cm ²)
	Valores medios	Rango de valores	
Andesita	2.100-3.200	1.000-5.000	70
Anfibolita	2.800	2.100-5.300	230
Anhidrita	900	800-1.300	60-120
Arenisca	550-1.400	300-2.350	50-200
Basalto	800-2.000	600-3.500	50-250
Caliza	600-1.400	500-2.000	40-300
Cuarcita	2.000-3.200	1.000-5.000	100-300
Diabasa	2.400-3.500	1.300-3.650	550
Diorita	1.800-2.450	1.200-3.350	80-300
Dolerita	2.000-3.000	1.000-3.500	150-350
Dolomita	600-2.000	500-3.500	50-250
Esquisto	300-600	200-1.600	20-55
Gabro	2.100-2.800	1.800-3.000	140-300
Gneiss	600-2.000	500-2.500	50-200
Granito	700-2.000	500-3.000	70-250
Grauvaca	1.000-1.500	800-2.200	55-150
Limolita		350-2.500	27
Lutita	200-400	100-900	15-100 5-10*
Marga	300-700	200-900	
Mármol	1.200-2.000	600-2.500	65-200
Pizarra	400-1.500	300-2.000	70-200
Sal	120	50-300	
Toba		100-460	10-40
Yeso	250	100-400	10-25

TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

PARAMETROS RESISTENTES.

2.-Resistencia al Corte: cuando las rocas rompen a favor de superficies de fractura que se generan al superarse su resistencia de pico. En algunos casos, cuando se realiza este ensayo, se piensa que la fractura se desarrollara en dirección paralela a la de aplicación de la carga; sin embargo la mínima resistencia se obtiene para la dirección en la que se ejerce el mayor esfuerzo tangencial, formando un ángulo determinado con respecto a la dirección de aplicación de la carga. En rocas isótropas, de acuerdo al círculo de Mohr, la rotura se producirá en una dirección tal que $2\theta = 90^\circ + \phi$



A veces esta predicción no se cumple cabalmente en los ensayos de laboratorio



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

PARAMETROS RESISTENTES.

La Cohesión y Ángulo de Fricción Interna. La cohesión se define como la fuerza de unión entre las partículas minerales que conforman la rocas (o también clastos). El ángulo de fricción interna es el ángulo de rozamiento entre dos planos o superficies de la misma roca para la mayoría de las rocas éste ángulo varia entre 25° y 45°. La fuerza friccional depende del ángulo de fricción y del esfuerzo normal actuando sobre el plano

Estos valores son obtenidos por medio del ensayo de compresión triaxial

Valores típicos de c y ϕ para roca sana

Roca	Cohesión c (kp/cm ²)	Ángulo de fricción básico ϕ_b (grados)
Andesita	280	45
Arenisca	80-350	30-50
Basalto	200-600	48-55
Caliza	50-400	35-50
Caliza margosa	10-60	30
Cuarcita	250-700	40-55
Diabasa	900-1.200	40-50
Diorita	150	50-55
Dolomía	220-600	25-35
Esquisto	250	25-30*
	20-150*	20-30*
Gabro	300	35
Gneiss	150-400	30-40
Granito	150-500	45-58
Grauvaca	60-100	45-50
Mármol	150-350	35-45
Lutita	30-350	40-60
		15-25*
Pizarra	100-500	40-55
	< 100*	15-30*
Toba	7	—
Yeso	—	30



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

CRITERIOS DE ROTURA.

1.- CRITERIO DE ROTURA MOHR – COULOMB. Este criterio expresa la resistencia al corte a lo largo de un plano en un estado triaxial de tensiones, obteniéndose la relación entre los esfuerzos normal y tangencial actuantes en el momento de la rotura mediante la formula:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

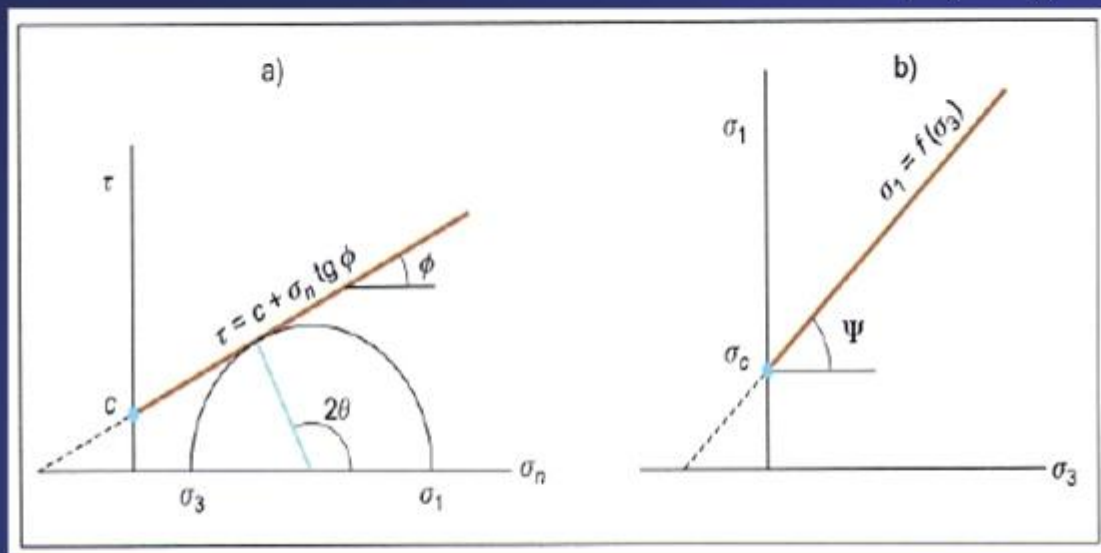
Donde τ y σ_n son las tensiones tangencial y normal sobre el plano de rotura.

C y ϕ son la cohesión y el ángulo de rozamiento de la matriz rocosa.

TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

1.- **CRITERIO DE ROTURA MOHR – COULOMB**..... Asi mismo este criterio se puede expresar en función de los esfuerzos σ_1 y σ_3 de acuerdo a la siguiente figura



$$\sigma_1 = \frac{2c + \sigma_3 [\sin 2\theta + \tan \phi (1 - \cos 2\theta)]}{\sin 2\theta - \tan \phi (1 + \cos 2\theta)}$$

Esta expresión permite obtener la resistencia en cualquier plano definido por θ



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

1.- CRITERIO DE ROTURA MOHR – COULOMB..... Para el plano critico de rotura que es obtenido mediante la expresión $\theta=45^\circ+\phi/2$, la ecuación antes mencionada toma la siguiente connotación

$$\sigma_1 = \frac{2c \cos \phi + \sigma_3 (1 + \operatorname{sen} \phi)}{(1 + \operatorname{sen} \phi)}$$

Si se da la condición de que $\sigma_3 = 0$, entonces σ_1 será la resistencia a la compresión simple, cuya expresión es

$$\sigma_1 = \sigma_c = \frac{2c \cos \phi}{(1 - \operatorname{sen} \phi)}$$

Este criterio también proporciona el valor de la resistencia a tracción

$$\sigma_t = \frac{2c \cos \phi}{(1 + \operatorname{sen} \phi)}$$



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

1.- **CRITERIO DE ROTURA MOHR – COULOMB...** Este criterio de Mohr-Coulomb implica que tiene lugar una fractura por corte al alcanzarse la resistencia pico del material. La gran ventaja de este criterio es su facilidad de emplear, pero presenta inconvenientes que deben ser considerados al momento de usarlo:

1. Las envolventes de la resistencia en roca nos son lineales, como se dijo anteriormente; se ha comprobado experimentalmente que la resistencia de la roca aumenta menos con el incremento de la presión normal de confinamiento que lo obtenido al considerar los esfuerzos actuantes, sobretodo en las zonas de bajos esfuerzos confinantes.
2. La dirección del plano de fractura según este criterio no siempre coincide con los resultados experimentales.
3. Este criterio sobrevalora la resistencia a la tracción.





TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

1.- CRITERIO DE ROTURA MOHR – COULOMB..... Por otro lado, si se utiliza este criterio lineal de rotura para evaluar la resistencia de la matriz rocosa, se deben adoptar las siguientes recomendaciones:

A.-Suponer que el valor de la cohesión es un valor próximo al 10 % de la resistencia a compresión simple de la matriz rocosa.

B.-Adoptar un valor del ángulo de rozamiento interno según el nivel de tensiones con el que se trabaja, tomando de ensayos específicos o de tablas como la mostrada anteriormente.





TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

2.- CRITERIO DE ROTURA DE HOEK Y BROWN. Para evaluar la resistencia de la matriz rocosa es el más adecuado un criterio no lineal, donde la representación gráfica de la rotura es una curva del tipo cóncavo. Hoek y Brown propuso un criterio empírico de rotura no lineal válido para evaluar la resistencia de la matriz rocosa en condiciones triaxiales:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_i \sigma_{ci} \sigma_3 + \sigma_{ci}^2}$$

σ_1 y σ_3 son los esfuerzos principales mayor y menor de rotura

σ_{ci} es la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa

m_i es una constante que depende de las propiedades de la matriz rocosa.

El valor σ_{ci} se obtiene por ensayos de laboratorio o en su defecto por los índices de campo.



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

1.- **CRITERIO DE ROTURA DE HOEK Y BROWN.....** El parámetro m_i se obtiene de la bibliografía cuando no sea posible obtenerlo a partir de ensayos triaxiales

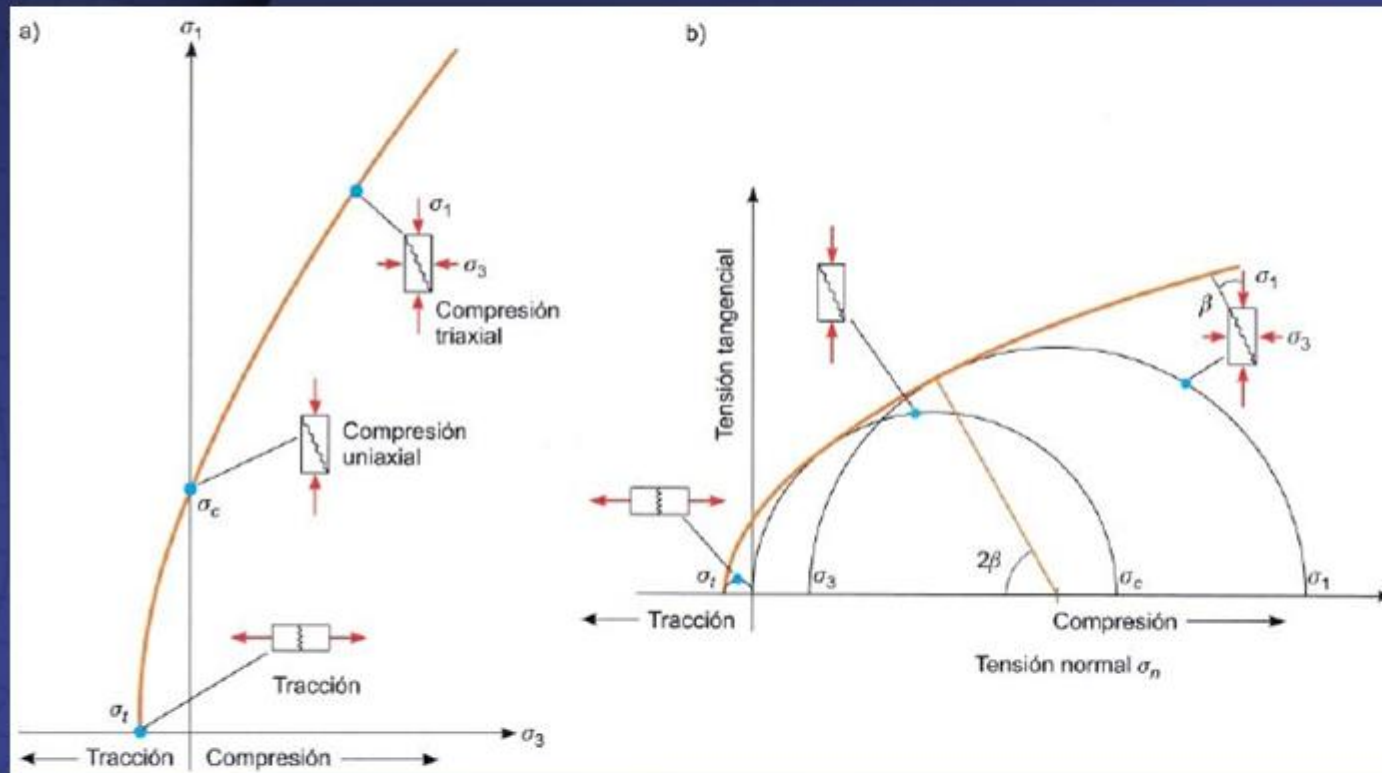
Valores de la constante m_i para la matriz rocosa

Tipo de roca y valor de la constante m_i				
Sedimentarias clásticas	Conglomerado	(22)	Lutita	4
	Arenisca	19	Grauvaca	(18)
	Limolita	9		
Sedimentarias no clásticas	Caliza margosa	7	Caliza micrítica	8
	Brecha caliza	(20)	Yeso	16
	Caliza esparítica	(10)	Anhidrita	13
Metamórficas	Mármol	9	Gneiss (*)	33
	Cuarcita	24	Esquisto (*)	4-8
	Migmatita	(30)	Filita (*)	(10)
	Anfibolita	25-31	Pizarra (*)	9
	Milonita	(6)		
Ígneas	Granito	33	Diorita	(28)
	Riolita	(16)	Andesita	19
	Granodiorita	(30)	Gabro	27
	Dacita	(17)	Basalto	(17)
Ígneas extrusivas piroclásticas	Aglomerado	(20)	Toba	(15)
	Brecha	(18)		

TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

1.- CRITERIO DE ROTURA DE HOEK Y BROWN.....

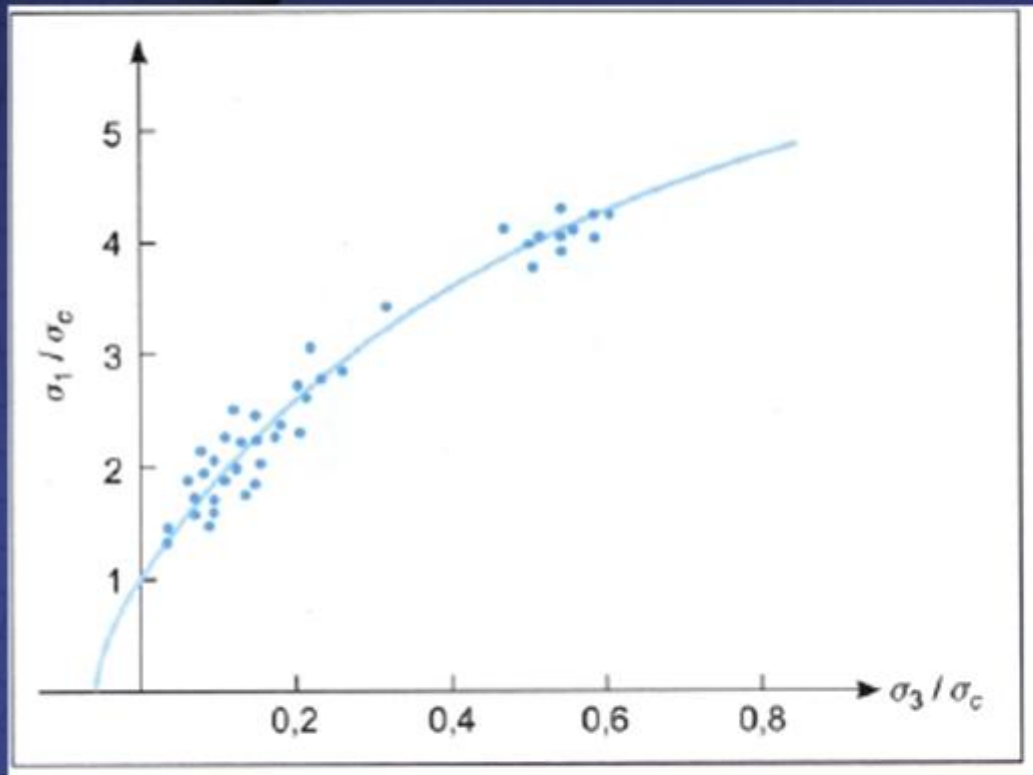


$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_i \sigma_{ci} \sigma_3 + \sigma_{ci}^2}$$

TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

1.- CRITERIO DE ROTURA DE HOEK Y BROWN.....



Esta Figura muestra las relaciones entre los esfuerzos normalizados σ_1 y σ_3 (Adimensional) y la expresión para realizar este proceso es

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{ci}} = \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + \sqrt{m_i \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + 1}$$



TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

1.- CRITERIO DE ROTURA DE HOEK Y BROWN..... La resistencia de la roca a compresión viene dada por la expresión normalizada sustituyendo $\sigma_3=0$ y la resistencia a la tracción se obtiene resolviendo la misma expresión para $\sigma_1=0$ y $\sigma_1 = \sigma_3$

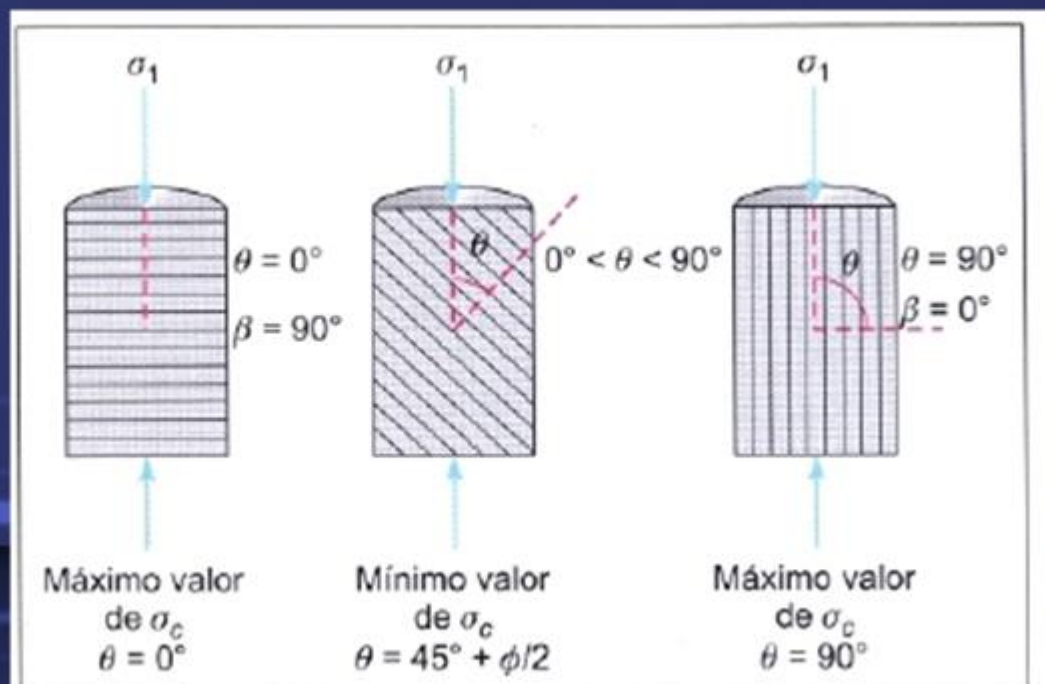
$$\sigma_t = 1/2\sigma_{ci}(m - \sqrt{m^2_i + 4})$$

TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

EFFECTOS DE LA ANISOTROPIA Y DE LA PRESION DE AGUA EN LA RESISTENCIA DE LOS MATERIALES ROCOSOS.

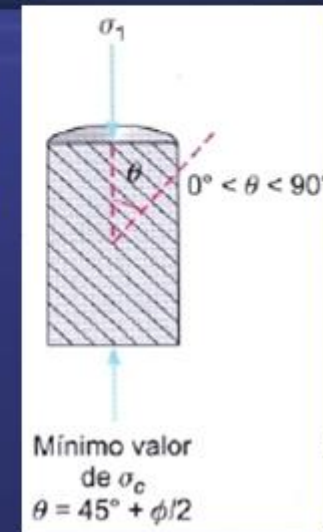
Cuando una roca presenta anisotropía, su resistencia compresiva para un mismo estado de esfuerzos varían según el ángulo β ($\beta=90-\theta$), entre la dirección de los planos de anisotropía y la dirección de la carga aplicada, pudiendo presentar valores muy diferentes



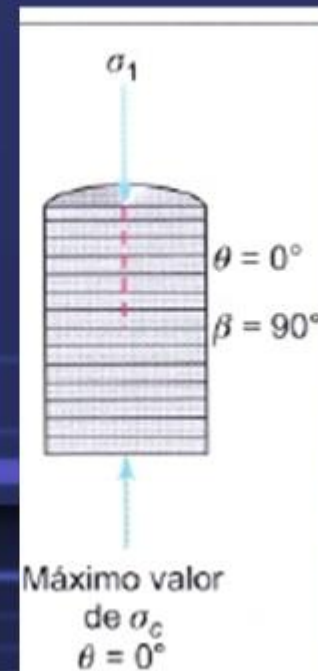
TEMA N° 3

CRITERIOS DE RESISTENCIA.

Al ser la dirección más favorable a la rotura la correspondiente a $\theta=45^\circ+\phi/2$, la roca presentará su mínima resistencia si los planos de debilidad presentan esta orientación.



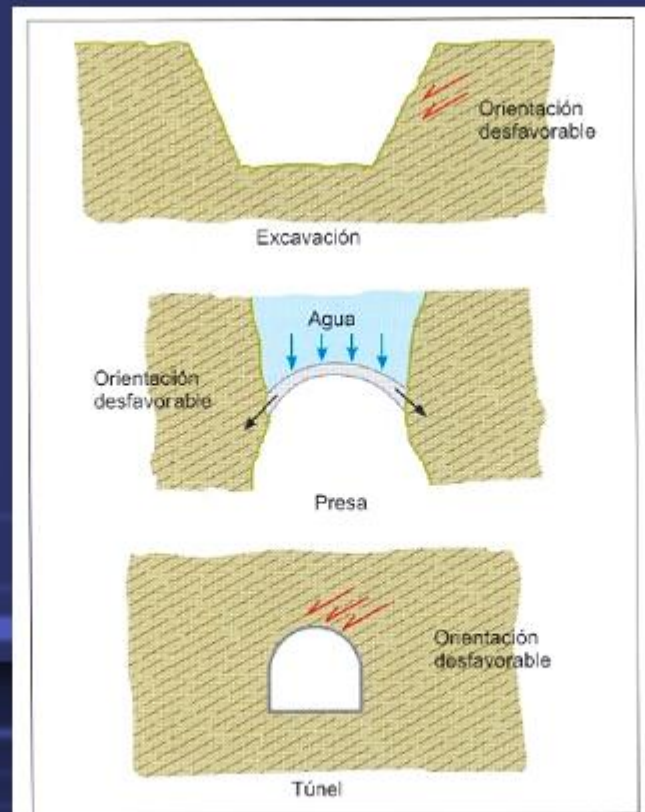
Caso contrario, la roca presentará su máxima resistencia para orientaciones según $\theta=0$ y $\beta=90^\circ$ debido a que los esfuerzos tangenciales son nulos.



TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

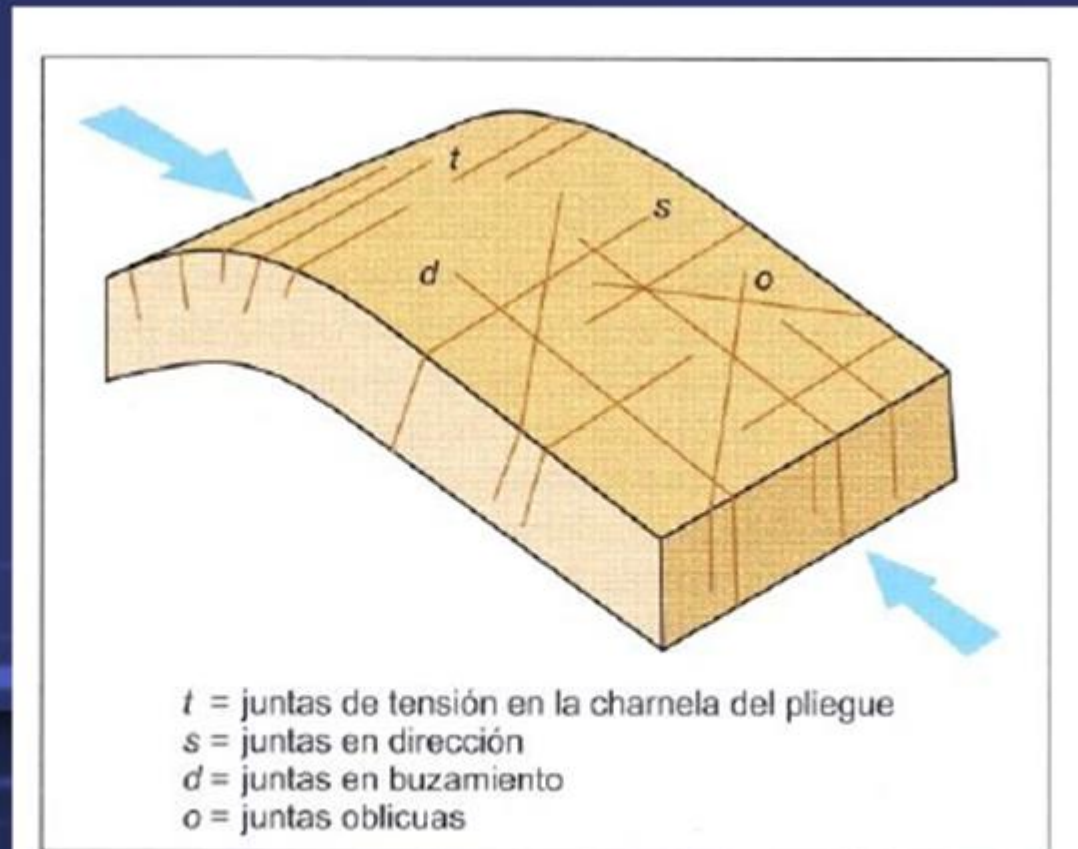
Las Superficies o planos de discontinuidad de los macizos rocosos condicionan de una forma definitiva su propiedades y comportamiento resistente y con estas generando un carácter discontinuo y anisótropo a los macizo, haciéndolos mas deformables y débiles, lo que supone una gran dificultad para evaluar el comportamiento mecánico de los mismos frente a las obras de ingeniería



TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

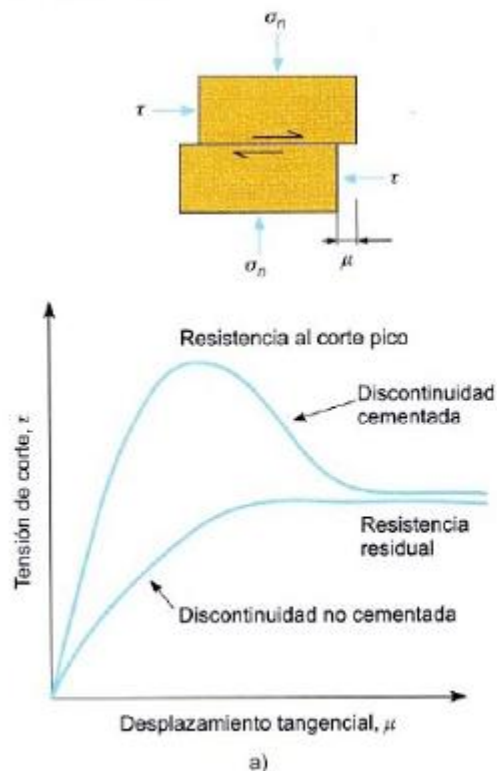
Tipos de Discontinuidades: Como es conocido, existen discontinuidades de origen mecánico y sedimentario, referido a cualquier plano de separación en el macizo rocoso. El estudio de las discontinuidades es estadístico (Diagramas de rosetas o de densidad). La discontinuidad mas común son las diaclasas.



TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

RESISTENCIA AL CORTE DE LOS PLANOS DE DISCONTINUIDAD. El comportamiento mecánico de las discontinuidades se basa en las relaciones entre los esfuerzos aplicados y los desplazamientos tangenciales originados. Esta relación se llama **RIGIDEZ** (σ / μ) de la discontinuidad. La rigidez se expresa en unidades de esfuerzo / longitud.



Las curvas de Rigidez son muy parecidas a las curvas de la matriz rocosa, con la diferencia de que en las curvas de rigidez rompen a favor de un plano preexistente, en la otra no.

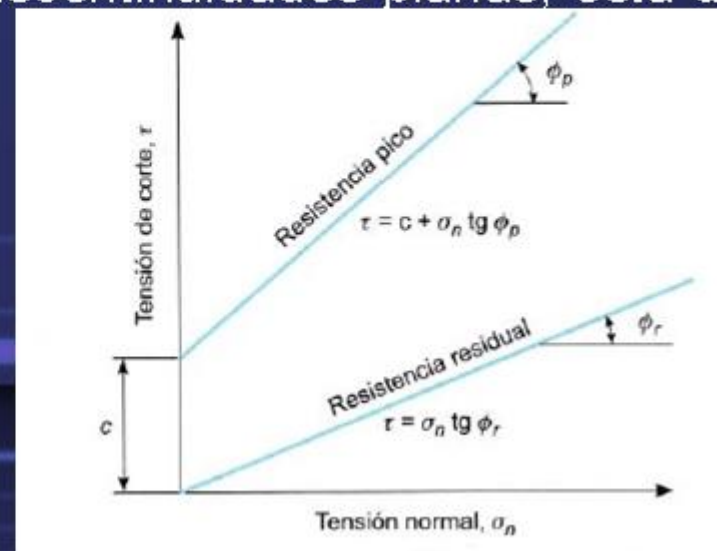
TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

La de los planos de Discontinuidad vienen dada por el criterio de rotura de Mohr-Coulomb (Resistencia al corte). Los ensayos triaxiales también proporcionan valores de resistencia la corte y generalmente el ángulo la discontinuidad en el ensayo triaxial es de 25° a 40° , ángulo que forma el esfuerzo compresivo vertical y al plano de rotura.

La RUGOSIDAD o la irregularidad de las paredes de la discontinuidad es un de los factores influyentes en la resistencia friccional sobretodo en discontinuidades sometidas a esfuerzos normales.

La Resistencia al corte de pico τ_p en discontinuidades planas, esta dominada por la expresión de Mohr-Coulomb

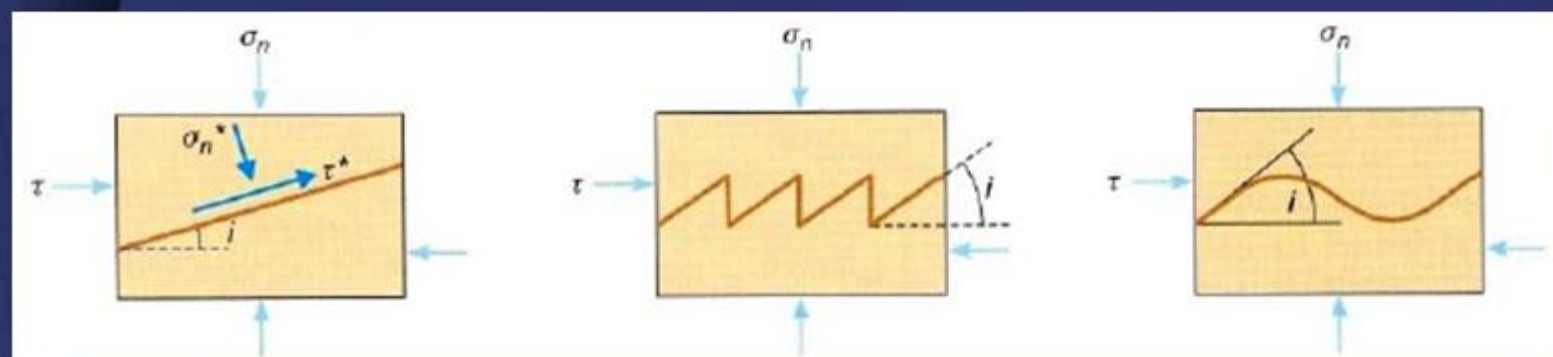


TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

El valor del ángulo ϕ_p suele estar comprendido entre 30° y 70° ; el ángulo ϕ_b puede oscilar entre 20° y 40° y el ángulo i puede variar entre 0° y 40° .

Las discontinuidades no tiene cohesión por lo tanto si tomamos la expresión de Mohr-Coulomb y el siguiente grafico, tenemos



$$\tau^* = c + \sigma_n^* \tan \phi$$

$$\tau^* / \sigma_n^* = \tan \phi$$

$$\tau^* = \tau \cos i - \sigma_n \sin i$$

$$\sigma_n^* = \sigma_n \cos i - \tau \sin i$$

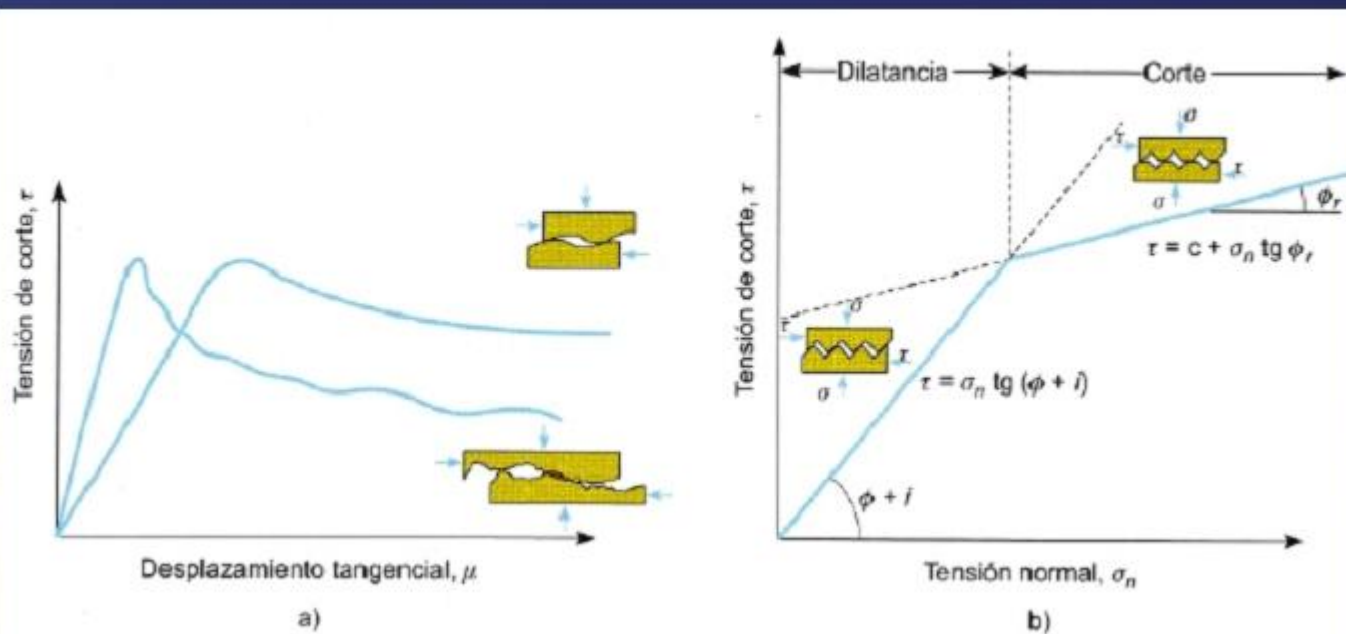
$$\tau / \sigma_n = \tan(\phi + i)$$

TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

Si se ejerce un esfuerzo tangencial sobre una discontinuidad sometida a bajos esfuerzos normales, al producirse el desplazamiento a favor del plano tiene lugar una DILATANCIA (Apertura o separación) de las paredes de la discontinuidad, al tenerse que superar el ángulo i para que haya desplazamiento; operando la fricción efectiva $\phi_b + i$, y el valor de τ_p viene dado por

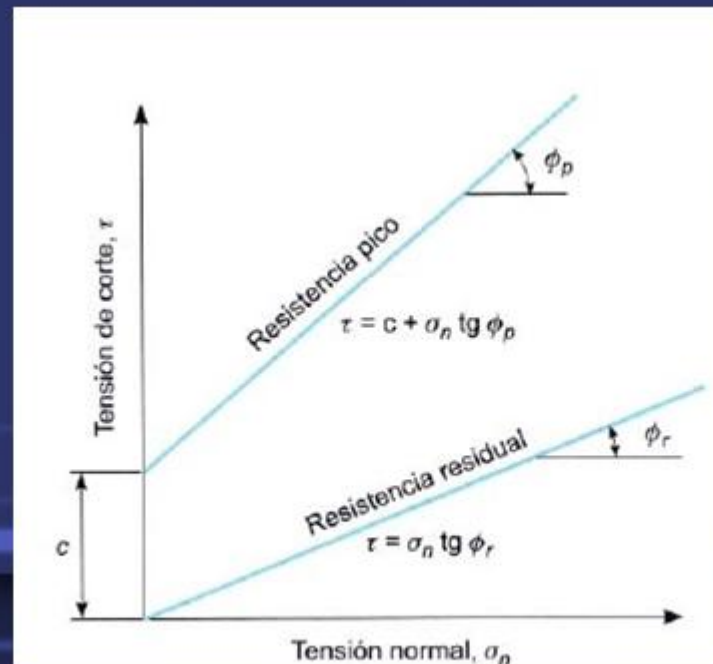
$$\tau_p = \sigma_n \tan(\phi_b + i)$$



TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

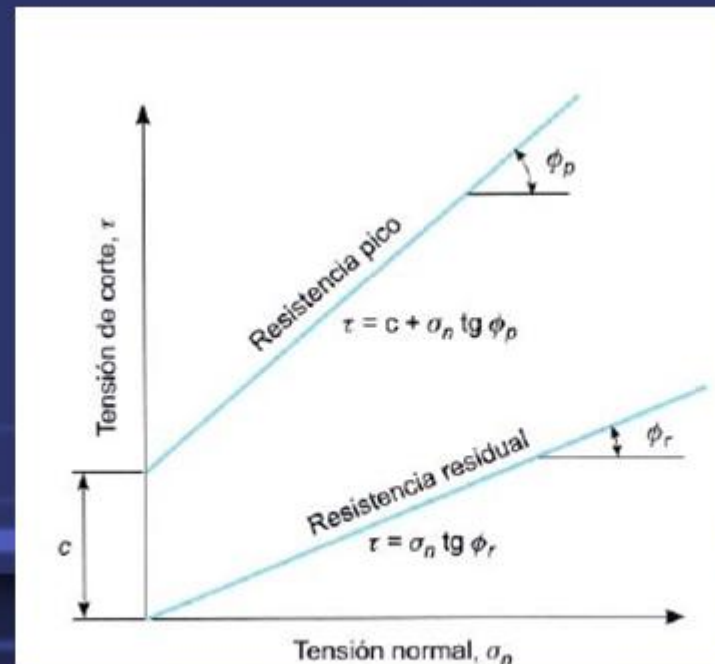
Al progresar el desplazamiento tangencial, se puede romper los bordes mas ángulosos y con ello se suaviza la rugosidad en la discontinuidad, por lo tanto, las 2 superficies se ponen en contacto, prevaleciendo entonces el valor de ϕ_b . Si se incrementa el esfuerzo normal σ_n sobre el plano, se alcanza un valor para que él, que impide la dilatación y las irregularidades deben ser rotas para que haya desplazamiento aproximándose entonces la pendiente de la recta $\tau - \sigma_n$ al valor del ángulo de la resistencia residual ϕ_r .



TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

Al progresar el desplazamiento tangencial, se puede romper los bordes mas ángulosos y con ello se suaviza la rugosidad en la discontinuidad, por lo tanto, las 2 superficies se ponen en contacto, prevaleciendo entonces el valor de ϕ_b . Si se incrementa el esfuerzo normal σ_n sobre el plano, se alcanza un valor para que él, que impide la dilatación y las irregularidades deben ser rotas para que haya desplazamiento aproximándose entonces la pendiente de la recta $\tau - \sigma_n$ al valor del ángulo de la resistencia residual ϕ_r .



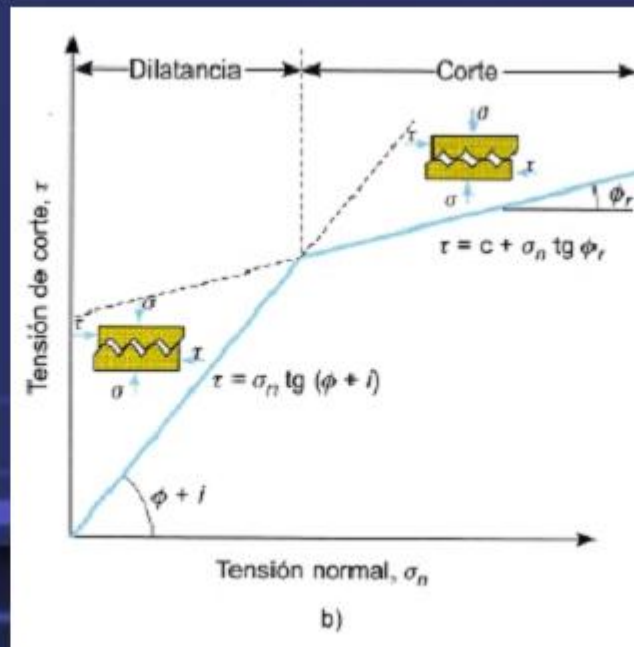
TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

Para tensiones normales elevadas la expresión usada es:

$$\tau_p = \sigma_n \tan \phi_r$$

El Punto de Inflexión del criterio bilineal de Patton corresponde a un determinado valor del σ_n





TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

CRITERIO DE BARTON Y CHOUBEY: Es un criterio empírico, deducido a a partir del análisis del comportamiento de las discontinuidades en ensayos de laboratorio, que permite estimar la resistencia al corte en discontinuidades rugosas. El criterio se expresa por la siguiente forma:

$$\tau = \sigma'_n \tan \left[JRC \log \left(\frac{JCS}{\sigma'_n} \right) + \phi_r \right]$$

τ y σ'_n son los esfuerzos tangencial y normal efectivos sobre el plano de la discontinuidad.

ϕ_r = es ángulo de rozamiento residual.

JRS es el coeficiente de rugosidad de la discontinuidad (Joint roughness coefficient)

JCS es la resistencia a la compresión de las paredes de la discontinuidad (Joint Wall Compresion strenth)



TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

De acuerdo a la expresión anterior la resistencia de la discontinuidad depende de 3 factores o componentes:

- 1.-Una componente friccional (ϕ_r)
- 2.-Una componente Geométrica dada por el parámetro JRC.
- 3.-Una componente de ASPERIDAD, la cual es controlada por la relación JCS/σ'_n

Adicionalmente la expresión anterior, tiene las siguientes características:

Esta asperidad y la componente geométrica representan la rugosidad (i)

Su valor nulo para esfuerzos normales altos, cuando la relación $JCS/\sigma'_n = 1$.

Los valores más representativos suelen estar entre 3 y 100.

La resistencia friccional total viene dada por $(\phi_r + i)$ y por lo general no es mayor a 50° .

A mayor valor de σ'_n menor valor de la resistencia friccional.



TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

Con el criterio de Barton y Choubey se obtienen ángulos de rozamientos muy altos para tensiones de compresión muy bajas sobre la discontinuidad. Por ello no debe usarse para tensiones σ'_n tales que $JCS/\sigma'_n > 50$ debiéndose tomar en estos casos un ángulo de rozamiento constante independiente de la carga, con un valor ϕ_p igual a:

$$\phi_p = \phi_r + 1,7JRC$$

ESTIMACIÓN DEL ÁNGULO DE ROZAMIENTO RESIDUAL, ϕ_r

La pared de la junta por lo general esta alterada y por lo tanto el ángulo de rozamiento residual será inferior al de la roca sana ϕ_r . Para obtener su valor se aplica la siguiente expresión:

$$\phi_r = (\phi_b - 20^\circ) + 20 \frac{r}{R}$$

R es el valor del rebote del esclerómetro sobre una superficie del material sano y seco. r es el valor del rebote del esclerómetro sobre la superficie de la pared de la junta en estado natural húmedo o seco; ϕ_b es el ángulo de resistencia básico.



TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

Si las paredes de la discontinuidad están sanas entonces se puede tomar decir que $\phi_r = \phi_b$. Los valores Típicos de ϕ_b en discontinuidades planas sin meteorizar son del orden de 25° a 37° para rocas sedimentarias, de 25° a 37° en rocas ígneas y de 21° a 30° en rocas metamórficas.

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA PARED DE LA JUNTA JCS

Cuando las paredes de las juntas no están alteradas o meteorizadas se toma el valor de la resistencia a compresión simple de la matriz rocosa σ_n . si la pared de la discontinuidad esta alterada, el valor de JCS puede obtenerse a partir de los resultados del esclerómetro sobre la pared de la junta, mediante la expresión:

$$\log_{10} JCS = 0.00088 \gamma_{roca}^r + 1,01$$

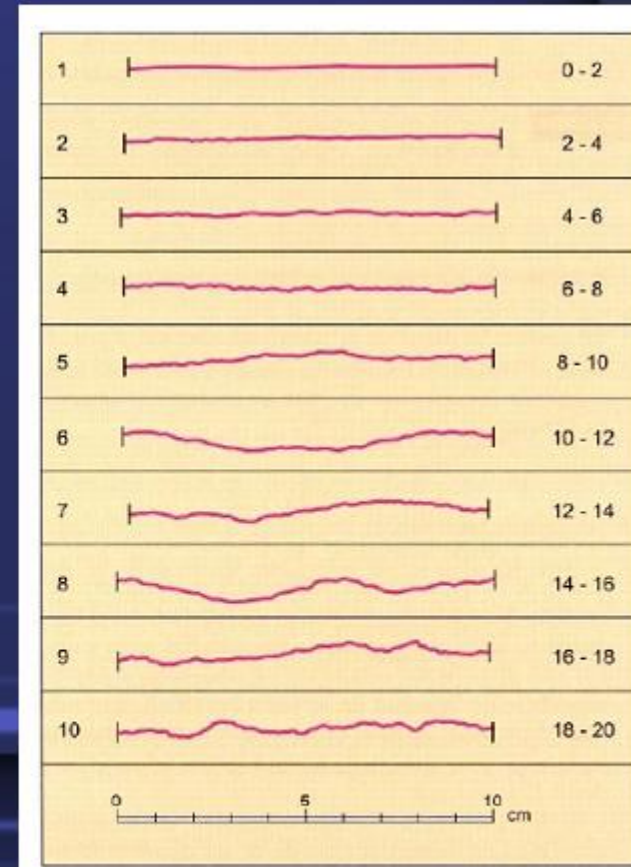
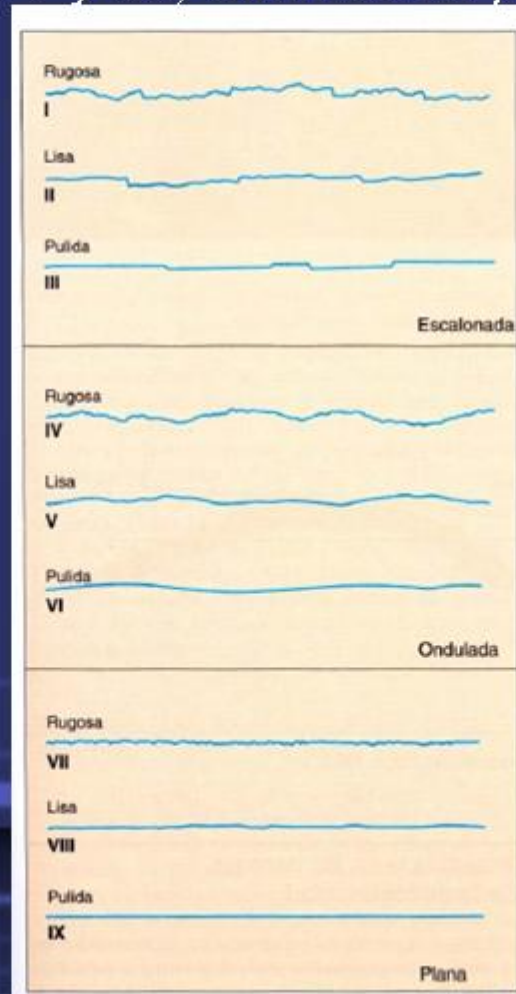
TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA JUNTA.

El coeficiente JRC depende de la rugosidad de las paredes de la discontinuidad, y varia entre 1 y 20, además se puede obtener de la siguiente forma:

1.-Por perfiles de rugosidad



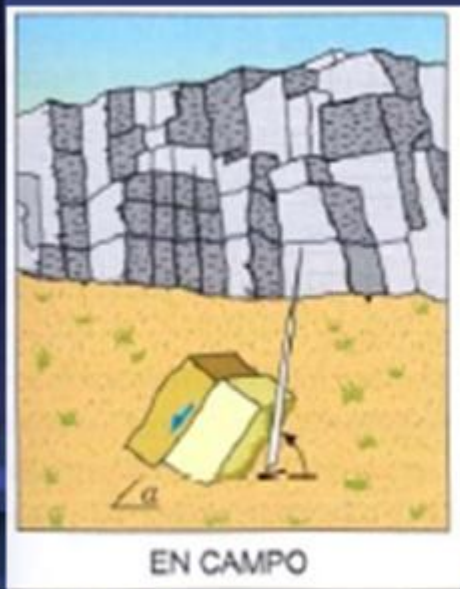
TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA JUNTA.

También se pueden obtener por un ensayo conocido como TILT TEST que permite estimar el ángulo de rozamiento de discontinuidades o el ángulo de rozamiento básico de discontinuidades lisas, a partir de los que se pueden evaluar el ángulo de rozamiento residual y el coeficiente de rugosidad JRC de las Juntas

$$\alpha = \arctg(\tau / \sigma_n) = \phi$$



El valor de α es función de la relación entre el esfuerzo de corte y el esfuerzo normal que actúa sobre la discontinuidad.

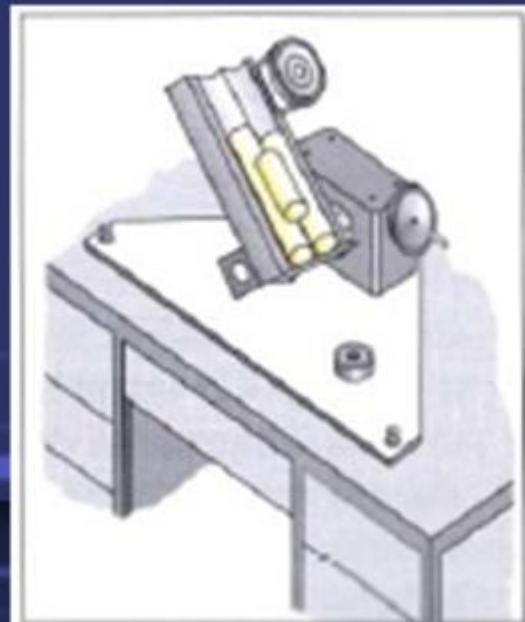
TEMA N° 3

DISCONTINUIDADES EN EL COMPORTAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA JUNTA.

A partir de α puede obtenerse el valor de JRC de la discontinuidad, necesario para aplicar el criterio de Rotura de BARTON Y CHOUYBEY, que permite estimar la resistencia al corte de discontinuidades rugosas:

$$JRC = (\alpha - \phi_r) / (\log(JCS / \sigma_n))$$



EN TESTIGOS DE SONDEOS