



## TEMA 3 ASPECTOS TEORICOS DE LA DEFORMACION

MEDIANTE EL ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS SE PUEDE APRECIAR QUE GRAN PARTE DE LOS MATERIALES DE LA CORTEZA TERRESTRE SE ENCUENTRAN DEFORMADOS DE DIVERSAS MANERAS. POR ESTO ES NECESARIO ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LAS ROCAS Y LOS FACTORES QUE LO CONTROLAN, PARA COMPRENDER COMO SE DEFORMA UNA ROCA SOMETIDA A ESFUERZOS Y QUE INFLUENCIA EJERCE SU ENTORNO.

EN ESTE CAPÍTULO SE ESTUDIAN ALGUNOS CONCEPTOS DE MECÁNICA DE ROCAS, CON EL OBJETO DE ENTENDER LAS CUESTIONES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES ANTE LOS ESFUERZOS Y LAS MODALIDADES DE DEFORMACIÓN QUE SE ORIGINAN.



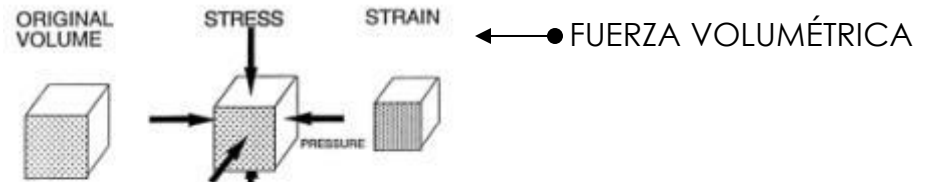
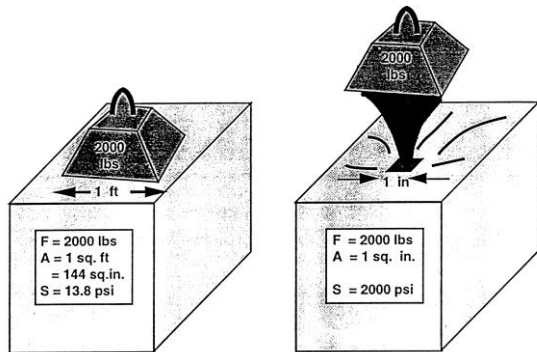
# LOS CAMPOS DE FUERZA DE LA CORTEZA TERRESTRE

**FUERZAS VOLUMÉTRICAS:** PRESIÓN HIDROSTÁTICA, PRESIÓN LITOSTÁTICA (EL VECTOR FUERZA TIENE COMPONENTES SEMEJANTES)

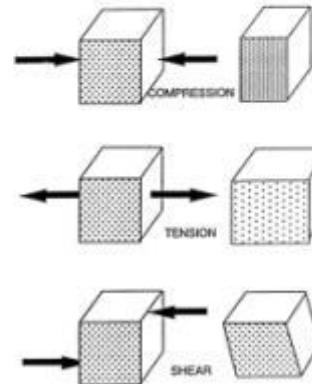
**FUERZAS SUPERFICIALES:** FUERZA APLICADA SOBRE UNA SUPERFICIE (SON LAS QUE EN GENERAL PRODUCEN DEFORMACIÓN Y DE LAS QUE RESULTAN LA MAYORÍA DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS)

## EL CONCEPTO DE ESFUERZO

INTENSIDAD DE UNA FUERZA APLICADA RESPECTO A UNA UNIDAD DE ÁREA (KG/CM<sup>2</sup>).



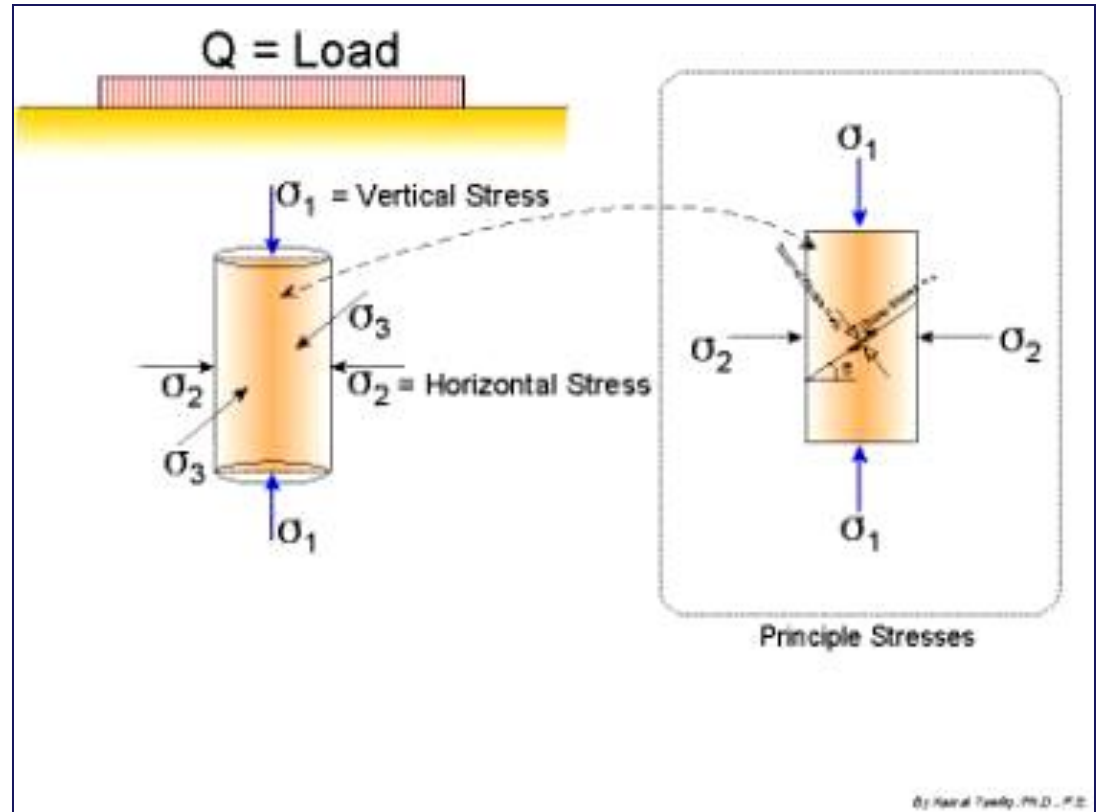
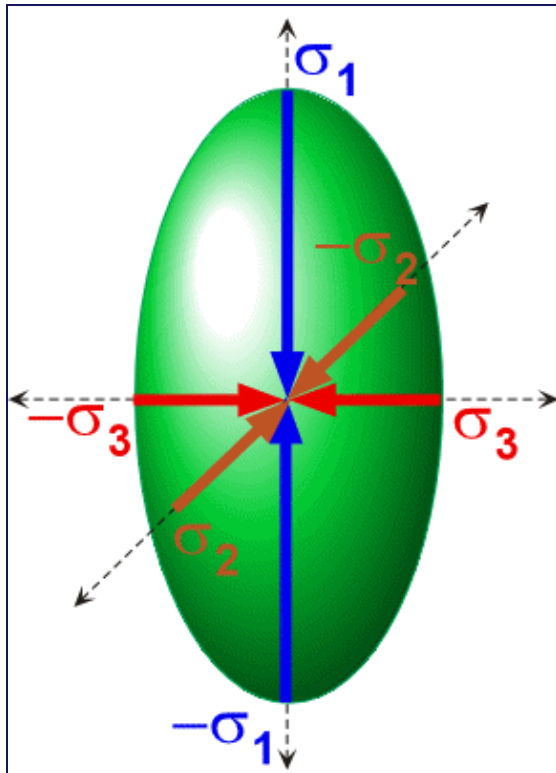
FENÓMENOS DE TENSIÓN, COMPRESIÓN



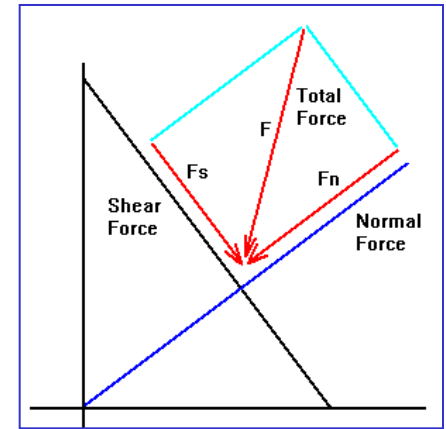
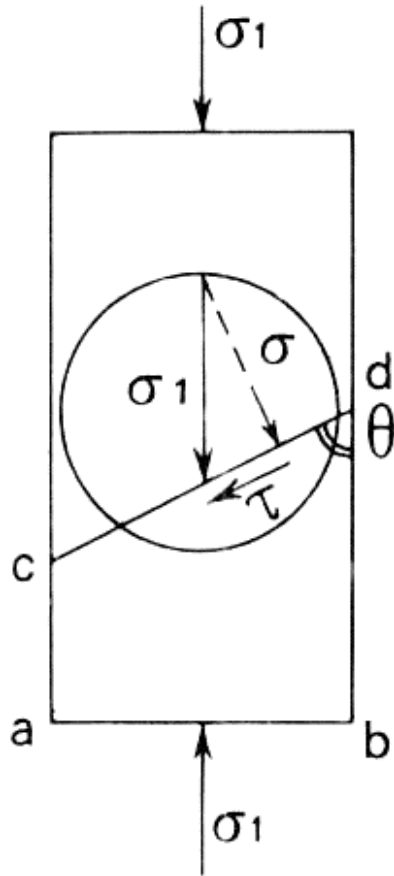
SI UN CUERPO ES SOMETIDO A UN CAMPO DE ESFUERZOS, EL **VECTOR ESFUERZO** APLICADO Y EL **VECTOR ESFUERZO REACCIÓN** (*PRINCIPIO DE ACCIÓN Y REACCIÓN DE NEWTON*) SE PUEDEN DESCOMPONER EN TRES EJES ORTOGONALES. LOS MÓDULOS DE ESTOS COMPONENTES POR LO GENERAL NO TIENEN EL MISMO VALOR Y SE DISTINGUEN EL ESFUERZO MÁXIMO (P O  $\sigma_1$ ), INTERMEDIO (Q O  $\sigma_2$ ) Y EL MÍNIMO (R O  $\sigma_3$ ).

LA DIFERENCIA ( $\Delta P = \sigma_1 - \sigma_3$ ) ES EL **ESFUERZO DIFERENCIAL**.

LA MANERA PRÁCTICA DE VISUALIZAR LOS EJES DE ESFUERZO ES DARLE UNA LONGITUD PROPORCIONAL A LA MAGNITUD O MÓDULO DE CADA COMPONENTE DEL ESFUERZO APLICADO PARA GENERAR UNA ELIPSE DE ESFUERZOS (EN 2D) Y UN **ELIPSOIDE DE ESFUERZOS (EN 3D)**.



CUANDO UN ESFUERZO ES APLICADO SOBRE UNA DISCONTINUIDAD INCLINADA, EL ESFUERZO PRINCIPAL SE DESCOMPONE EN UN VECTOR PARALELO AL PLANO (ESFUERZO TANGENCIAL O DE CIZALLA) ( $\sigma_s$  o  $\tau$ ) Y UN VECTOR PERPENDICULAR ( $\sigma_n$ ). LA MAGNITUD DE CADA UNO DEPENDE DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA NETA DE LA FUERZA APLICADA SOBRE EL PLANO



uwgb.edu

LA ACCIÓN DE UN ESFUERZO EN UNA SUPERFICIE INCLINADA AL VECTOR ESFUERZO PRINCIPAL

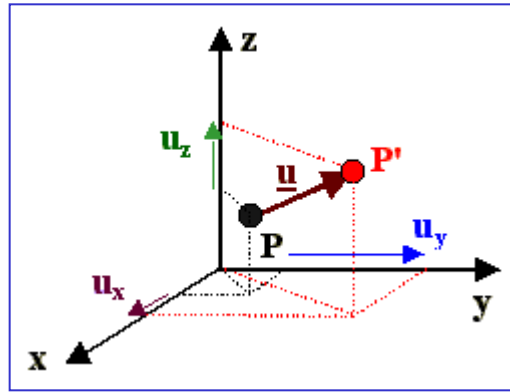
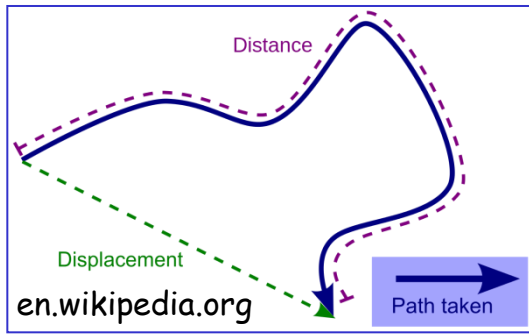
FIGURA 4.12

**Descomposición de la presión axial en un esfuerzo normal ( $\sigma$ ) y en un esfuerzo de cizallamiento ( $\tau$ ) sobre un plano de rotura cd en el caso de un ensayo de compresión sin presión confinante.**

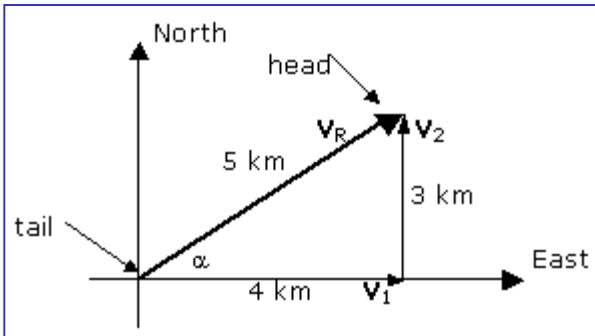
# VECTORES DE DESPLAZAMIENTO

CADA PUNTO DE UN CUERPO NO DEFORMADO PUEDE SER CONECTADO CON EL MISMO PUNTO EN EL CUERPO YA DEFORMADO, POR MEDIO DE

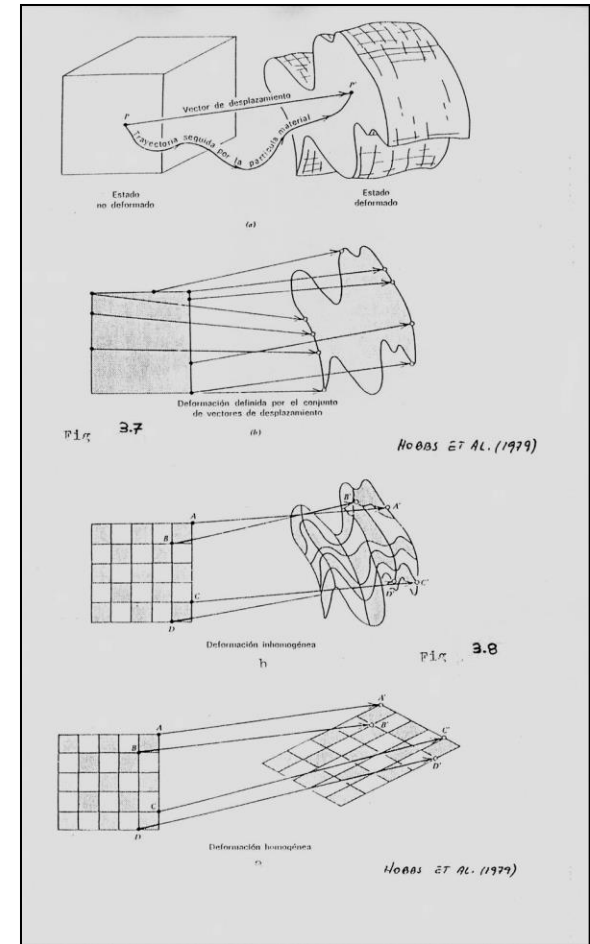
VECTORES DE DESPLAZAMIENTO.



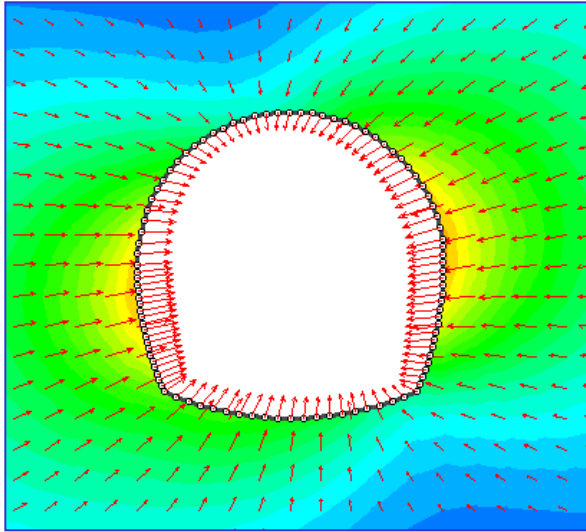
tf.uni-kiel.edu



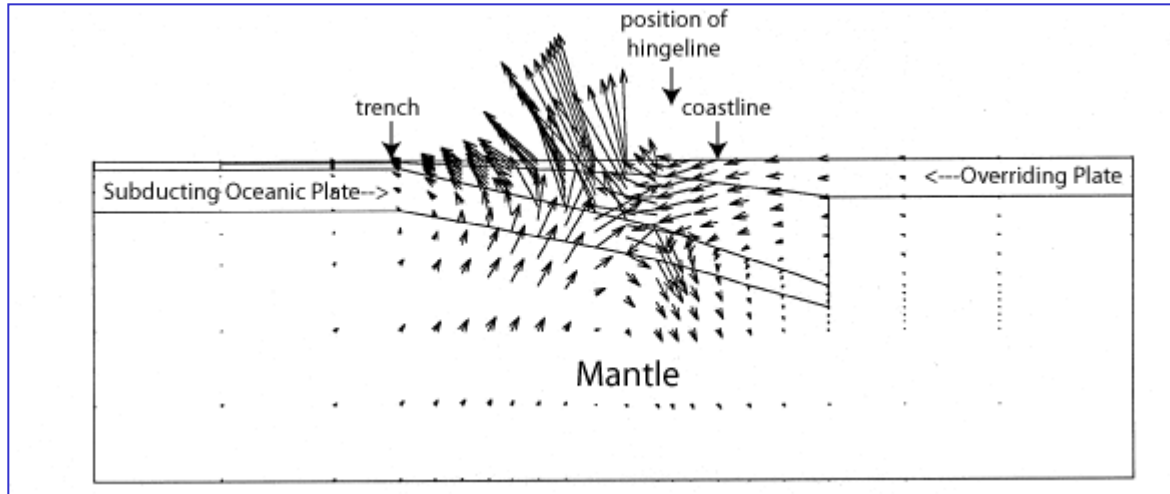
jfinternational.com



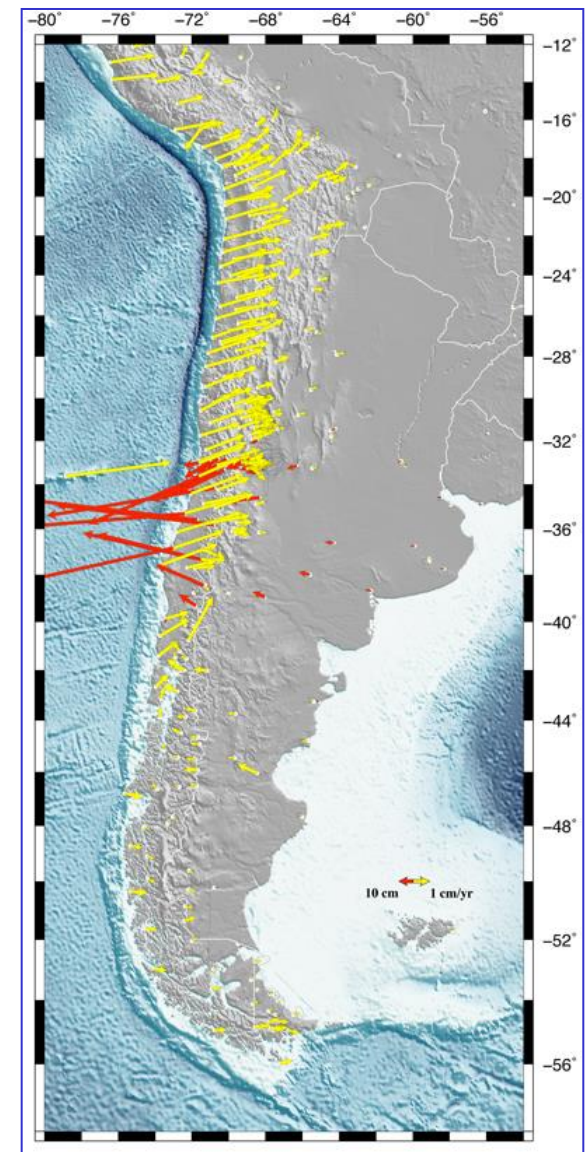
# USO DE VECTORES DE VELOCIDAD PARA DESCRIBIR DIVERSAS CUESTIONES GEOLÓGICAS



rocscience.com



usgs.gov



unavco.org

## DEFORMACIÓN

CAMBIO EN LA FORMA Y/O VOLUMEN DE UN CUERPO PRODUCIDO CUANDO EL ESFUERZO QUE LO AFECTA SUPERA UN VALOR LÍMITE.

UNA FORMA ÚTIL DE VISUALIZAR LA DEFORMACIÓN ES IMAGINAR EL CAMBIO QUE SUFRIRÍA UNA ESFERA UBICADA EN UNA MASA DE ROCA CUANDO ES COMPRIMIDA EN FORMA VERTICAL. EL RESULTADO VA A SER UN ELIPSOIDE ACHATADO CUYO EJE MAYOR ES HORIZONTAL Y EL MENOR VERTICAL COINCIDIENDO CON LA APLICACIÓN DEL ESFUERZO MÁXIMO DE ESTA MANERA SE GENERA EL *ELIPSOIDE DE DEFORMACIÓN* CUYOS EJES SON A, B Y C.

LA POSICIÓN DEL ELIPSOIDE DE DEFORMACIÓN PERMITE PREDECIR LA POSICIÓN DE PLIEGUES, FALLAS Y OTRAS ESTRUCTURAS

- \* **DISTORSIÓN**: CAMBIO EN LA FORMA.
- \* **DILATACIÓN**: CAMBIO EN EL VOLUMEN (+).
- \* **CONTRACCIÓN**: CAMBIO EN EL VOLUMEN (-).

**Deformación uniaxial** es aquella en la cual dos de los ejes de la deformación valen 1, lo que implica que sólo ha habido elongación en una de las direcciones principales.

**Deformación biaxial** es aquella en la que uno de los ejes de la deformación vale 1. Cuando esto sucede, lo normal es que el eje que vale 1 sea el intermedio (Y) y, en ese caso, se dice que la deformación es de tipo *plane strain* (deformación plana en traducción literal).

**Deformación triaxial** se da cuando ninguno de los ejes vale 1 ó, lo que es lo mismo, cuando ninguna de las tres elongaciones principales vale cero.



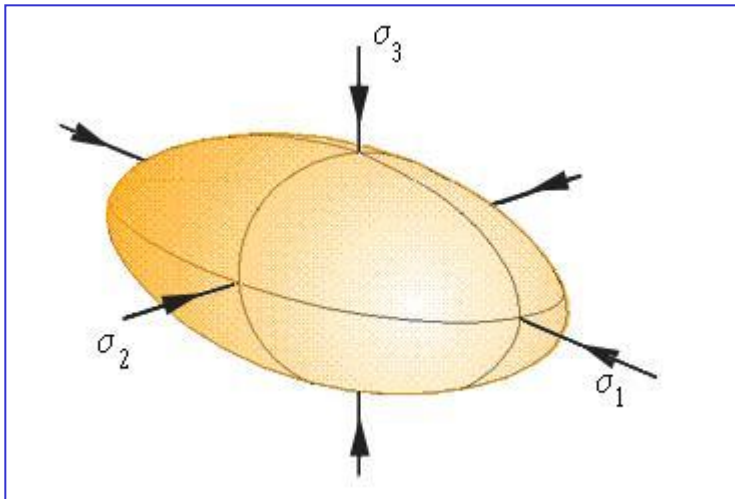
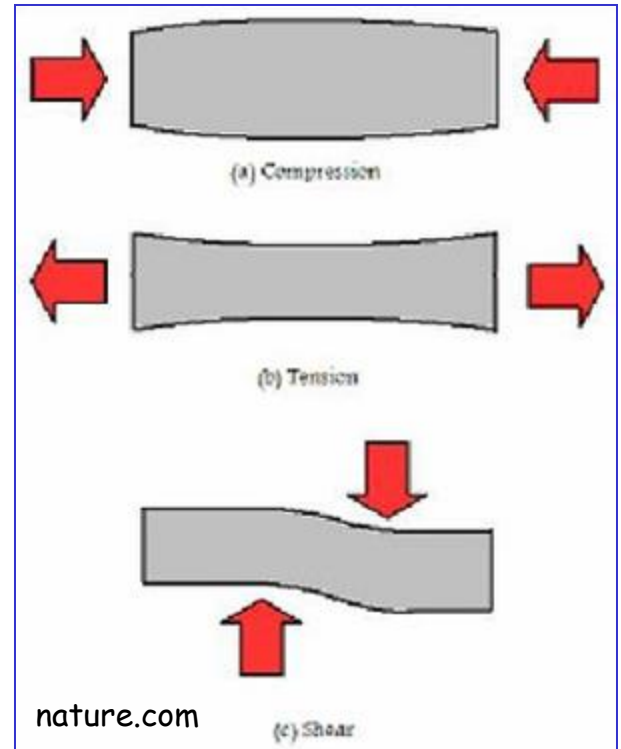
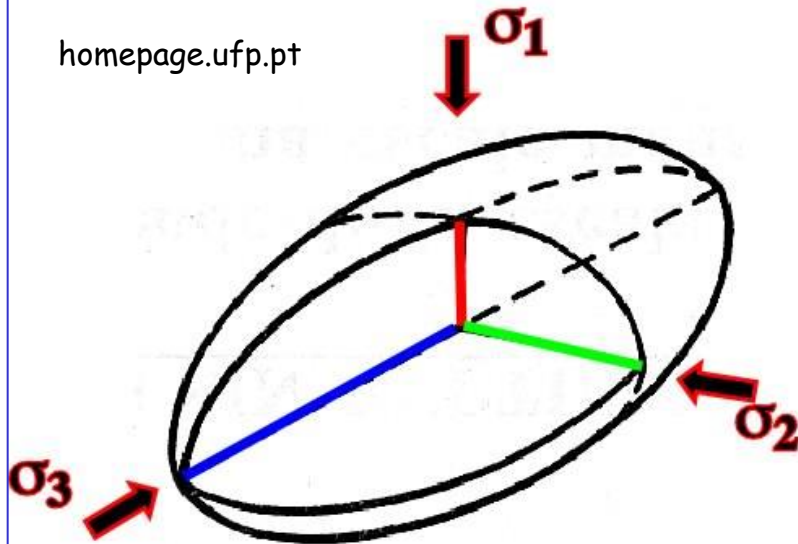
fiercedreptiles.com



martinmillerphoto.com

# Strain Ellipsoid

homepage.ufp.pt



## ELIPSOIDE DE DEFORMACIÓN

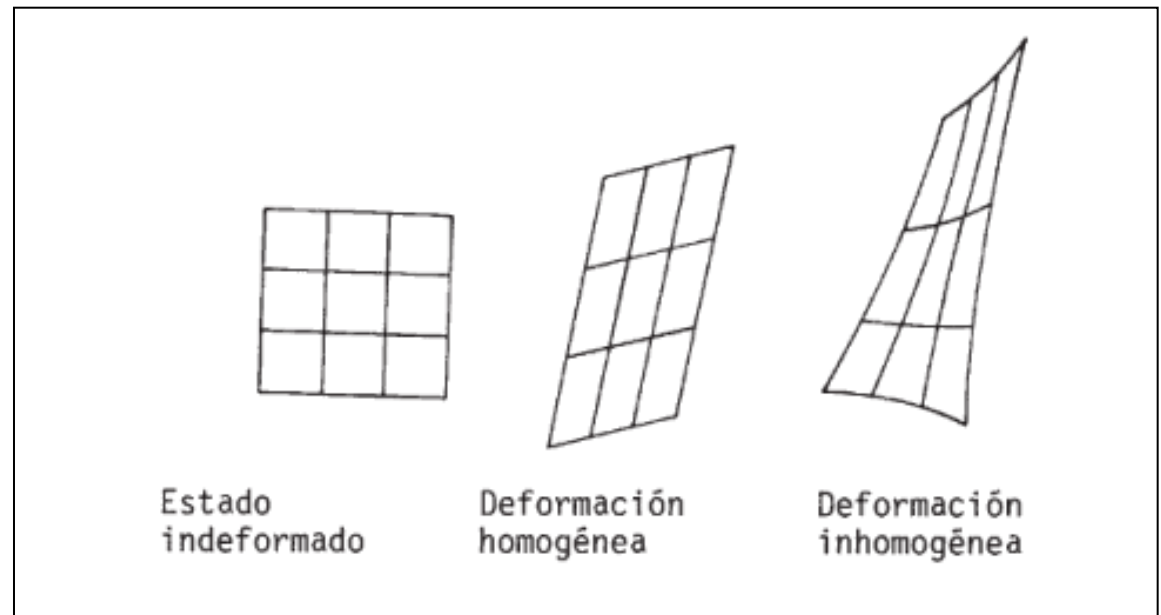
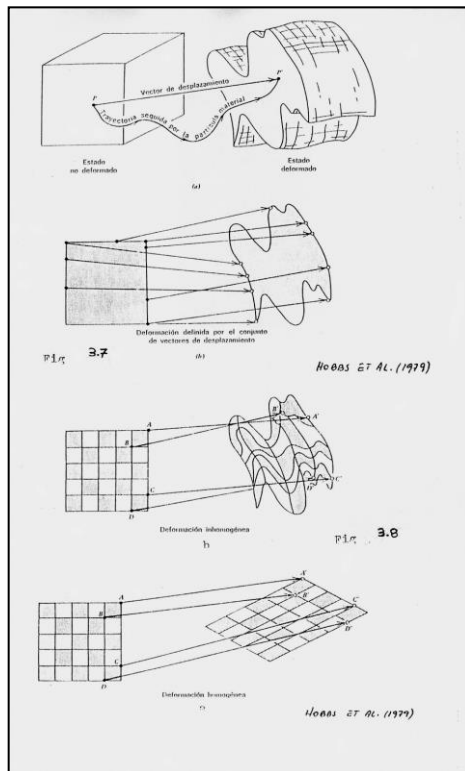
Representa en forma gráfica la consecuencia de la aplicación de un determinado elipsoide de esfuerzos, donde el eje de máximo esfuerzo compresivo, corresponde al eje de máxima elongación



## TIPOS DE DEFORMACIONES (Clasificación descriptiva)

**Deformación Homogénea:** No hay cambio de volumen asociado. Las líneas que eran paralelas en el cuerpo predeformado, lo siguen siendo después de la deformación..

**Deformación Inhomogénea:** Puede existir cambio de volumen asociado. Las líneas que eran paralelas en el cuerpo predeformado, ya no lo son después de la deformación. Los vectores de desplazamiento no son paralelos .



# DIFERENTES TIPOS DE DEFORMACIONES Y VECTORES DE DESPLAZAMIENTOS RESULTANTES

Universidad de Salamanca

Tema 2- Deformación  
Curso 2002/2003

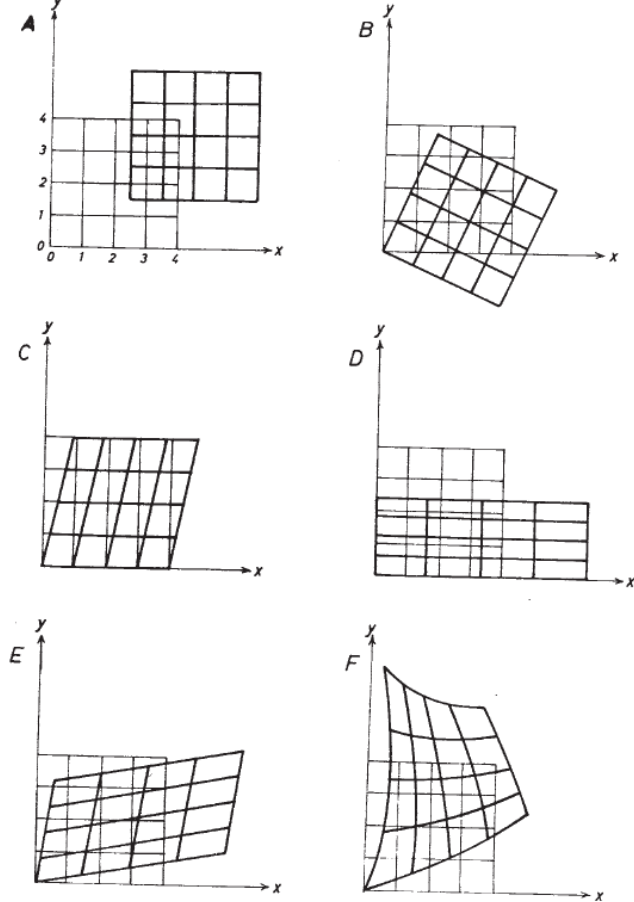


Figura 2-9- Seis tipos diferentes de deformación. A- translación, B- rotación. C, D y E - deformación interna homogénea, F- deformación interna inhomogénea.

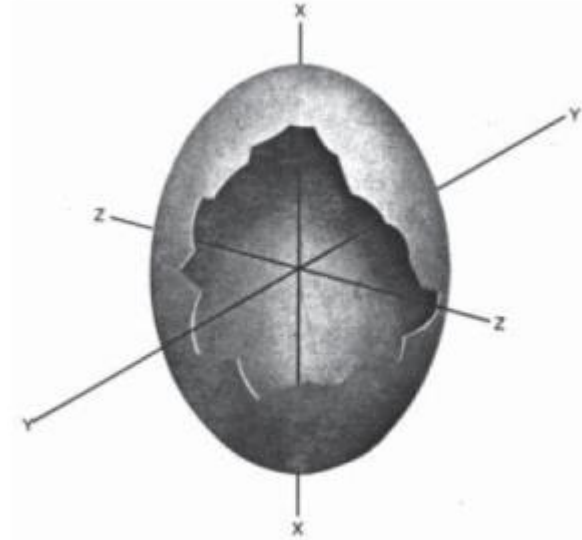


Figura 2-14- Elipsoide de deformación.

Geología Estructural y Dinámica Global

José Ramón Martínez Catalán

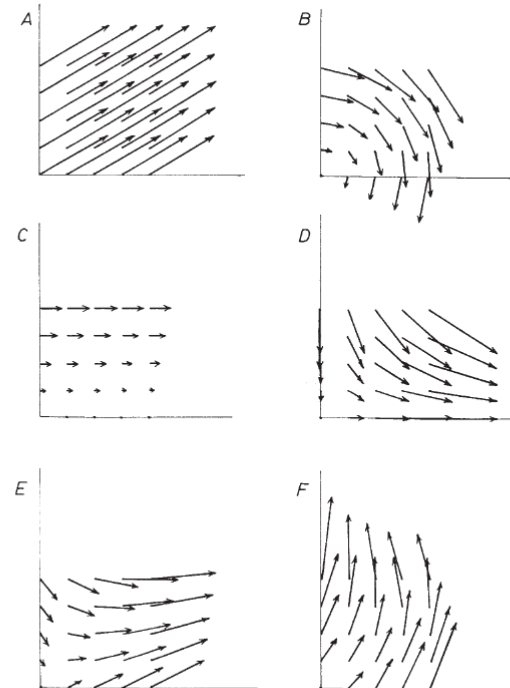


Figura 2-10- Campos de desplazamiento para los seis tipos diferentes de deformación de la figura anterior. A- translación, B- rotación. C, D y E - deformación interna homogénea, F- deformación interna inhomogénea.

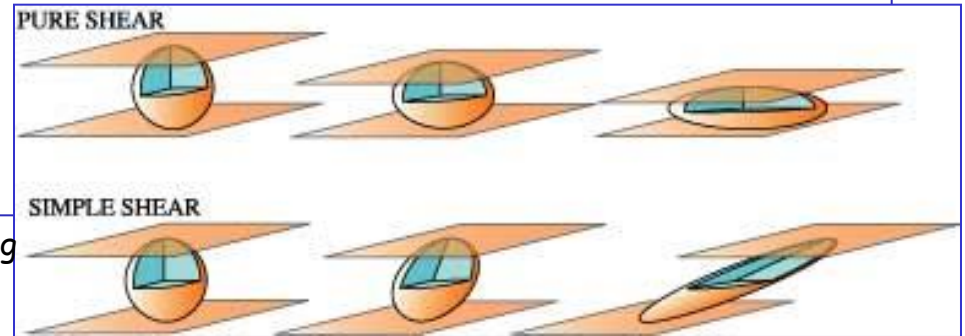
## Diferentes mecanismos generadores de deformaciones homogéneas

### CIZALLA PURA

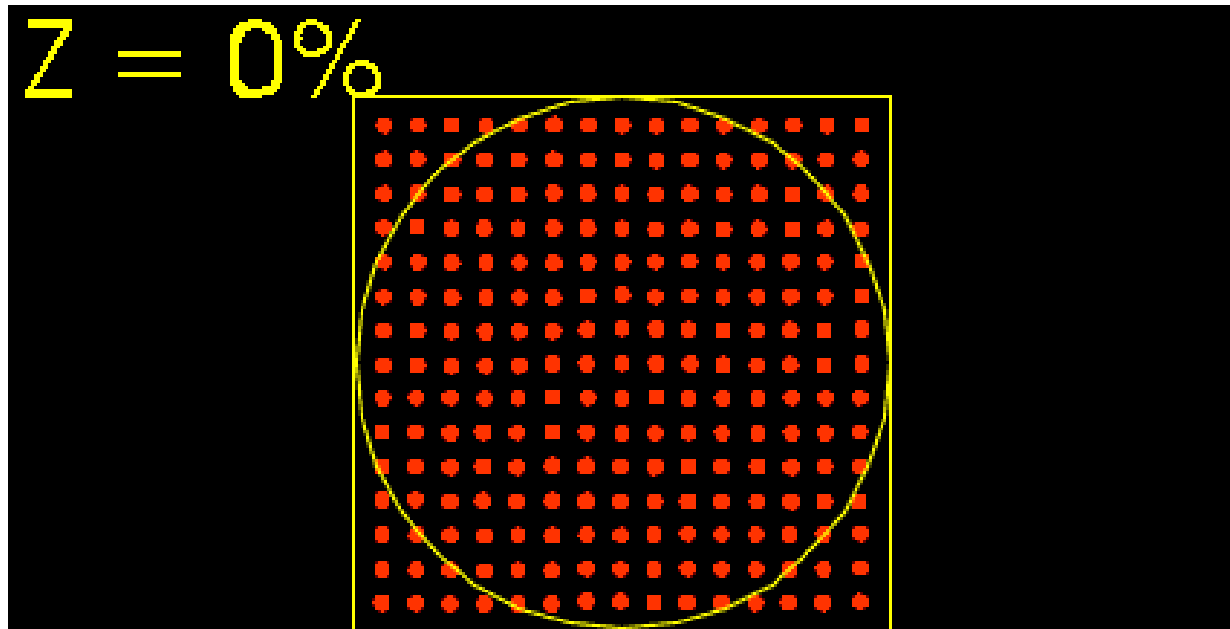
Implica deformación plano o deformación general en la cual las líneas de partículas que son paralelas a los ejes principales del elipsoide de deformación y tienen la misma orientación antes y después de la deformación por no existir rotación de las líneas materiales a lo largo de las direcciones principales; por tanto se puede clasificar como cizalla irrotacional.

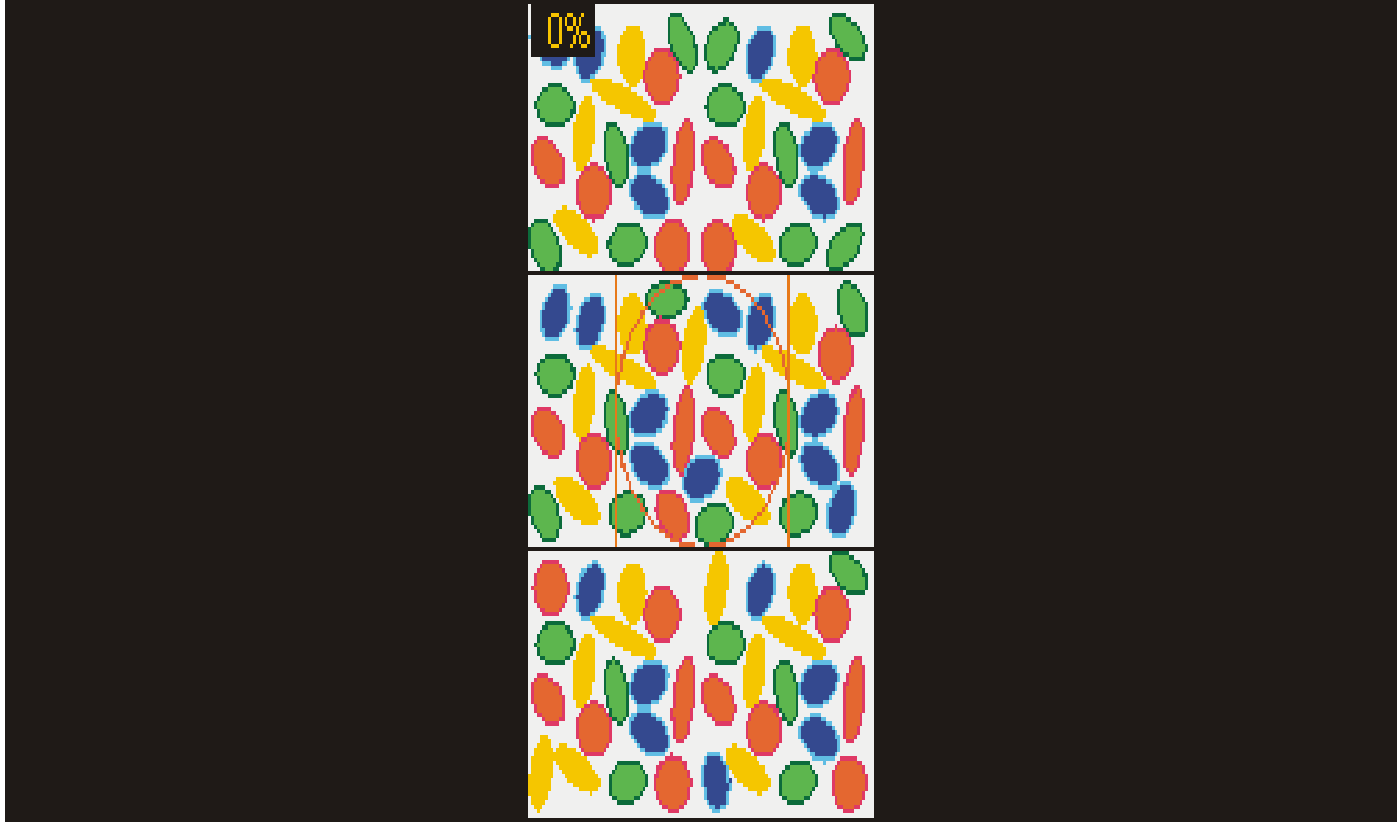
Puede estar asociada a:

- \* *Extensión axial simétrica*
- \* *Acortamiento axial simétrico*
- \* *Deformación plana*
- \* *Deformación general*



GIF ANIMADO  
DISPONIBLE SOLO EN  
PRESENTACIONES DE  
AULA





GIF ANIMADO  
DISPONIBLE SOLO EN  
PRESENTACIONES DE  
AULA



Fracturas conjugadas y fenómenos de cizalla pura en edificios  
Terremoto de Taiwan, 1999



Deformación por cizalla pura  
en experimentos

## CIZALLA SIMPLE

Deformación homogénea constante. Implica deformación plana en la cual en el estado deformado solo una familia de planos paralelos entre si no se distorsionan y se mantienen paralelos a la familia de planos en estado no deformado. La cizalla simple implica cambios de orientación de líneas materiales y por tanto se la define como cizalla rotacional.

Se puede usar como ejemplo la analogía con la deformación que sufre un mazo de cartas en que los planos no distorsionados equivaldrían a cartas o la transformación de un círculo en elipse.

Los deslizamientos pueden darse a lo largo de superficies muy próximas entre sí, cuyas distancias muchas veces son casi igual a las dimensiones de las celdas cristalinas. Por ello la impresión de una deformación continua a escala macroscópica, es debida en realidad a una gran cantidad de discontinuidades por cizallamiento a nivel micro y submicroscópico. En la elipse se puede ver el aspecto dentado de sus bordes, porque es reconocible a simple vista la separación entre los planos de deslizamiento. Pero si esa distancia se reduce a la centésima parte de su valor, seguramente la elipse aparecerá a la vista del observador con sus bordes continuos.

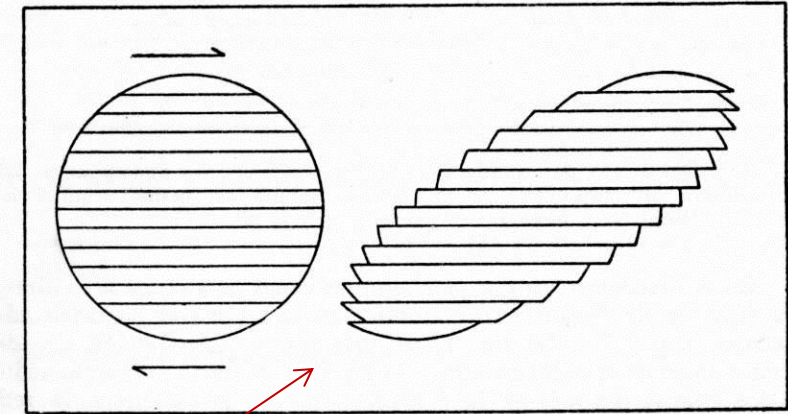
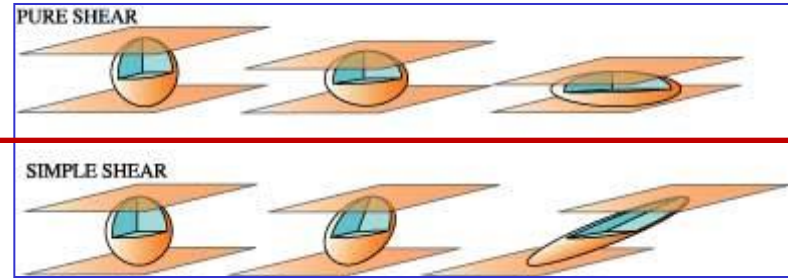


FIG. 18. Círculo transformado en elipse por movimientos a lo largo de planos de deslizamiento

DIFERENTES EJEMPLOS DE CIZALLA SIMPLE

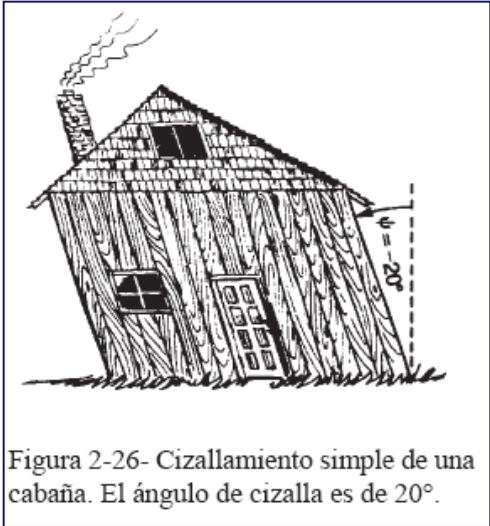
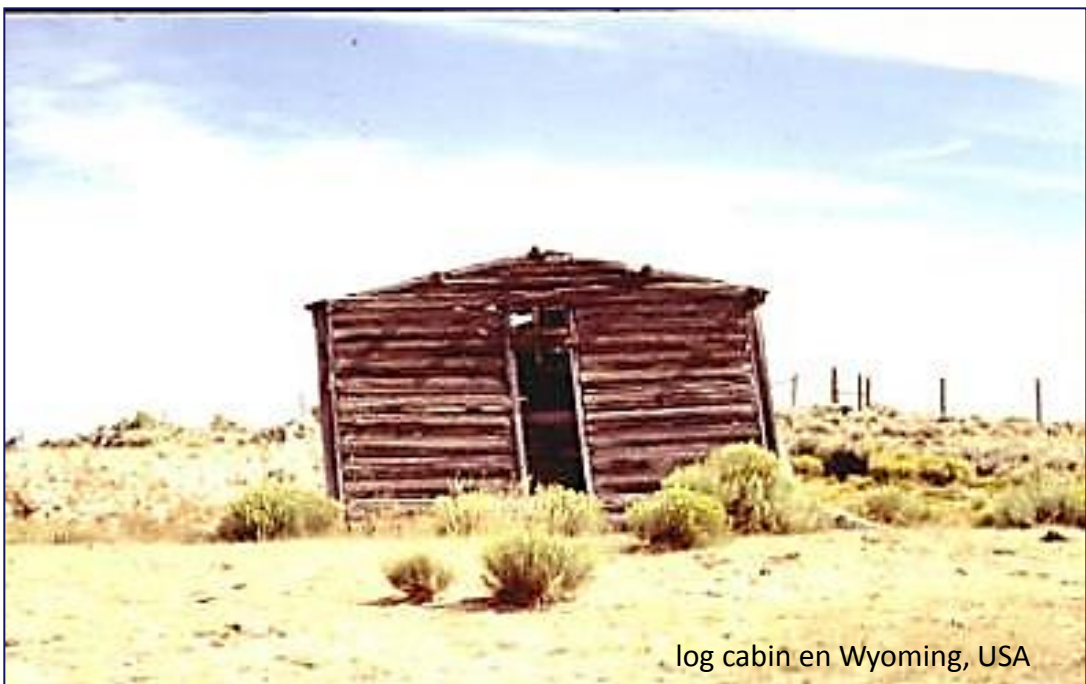
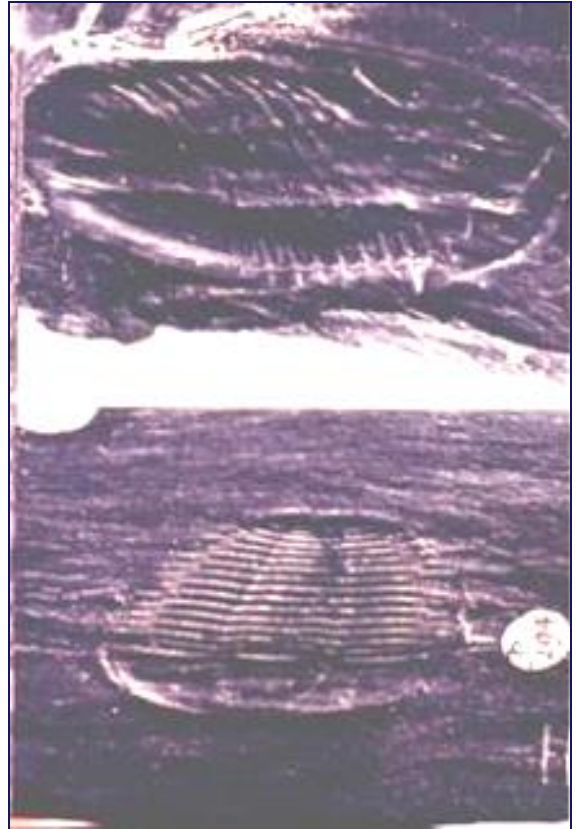


Figura 2-26- Cizallamiento simple de una cabaña. El ángulo de cizalla es de 20°.

Davis (1984)



log cabin en Wyoming, USA



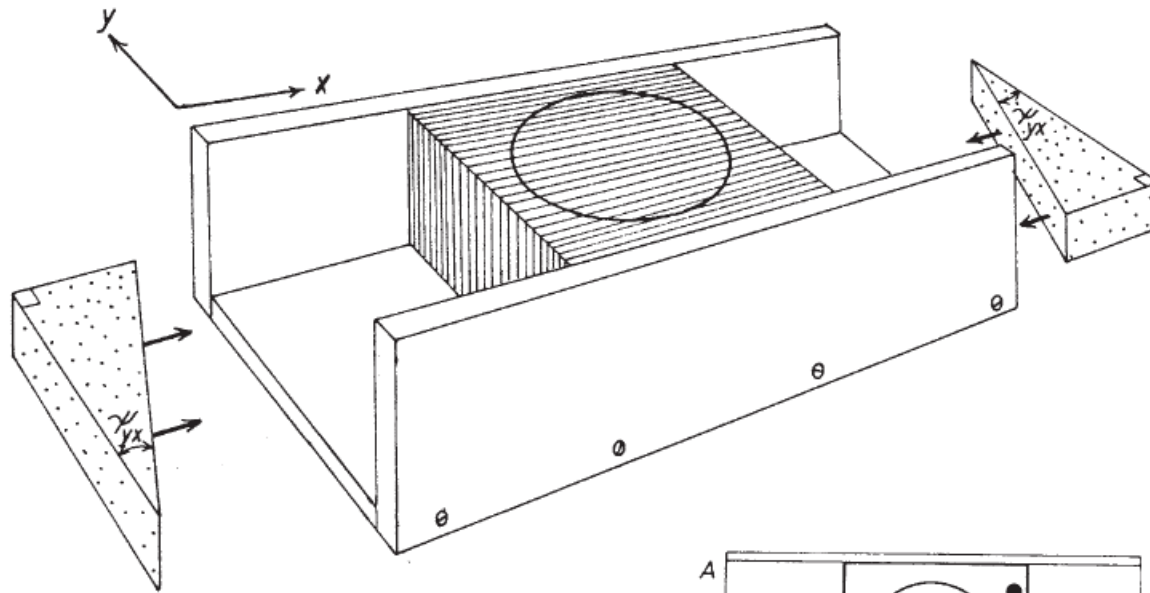
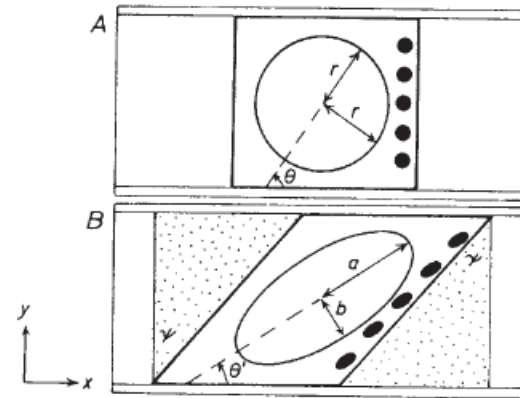


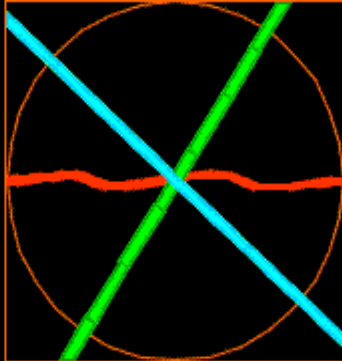
Figura 2-27- Simulación de un cizallamiento simple mediante un paquete de tarjetas. Las cuñas de madera se usan para inducir una deformación con un ángulo de cizalla determinado. A la derecha estados deformado e indeformado, en los que se puede apreciar la transformación de una circunferencia en la elipse de deformación. Debajo, distintas formas de cuña para inducir deformación homogénea (izda.) o heterogénea (centro y dcha.).



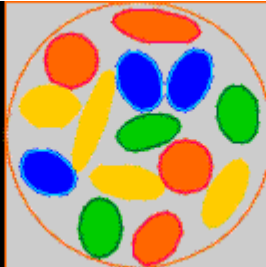
## DEFORMACIÓN DE UN PAQUETE DE TARJETAS/MAZO DE CARTAS/CARD-DECK POR CIZALLA SIMPLE



$$\gamma = 0$$



$$\gamma = 0$$



GIF ANIMADO  
DISPONIBLE SOLO EN  
PRESENTACIONES DE  
AULA

# TIPOS DE DEFORMACIONES

(Clasificación descriptiva) -continuación-

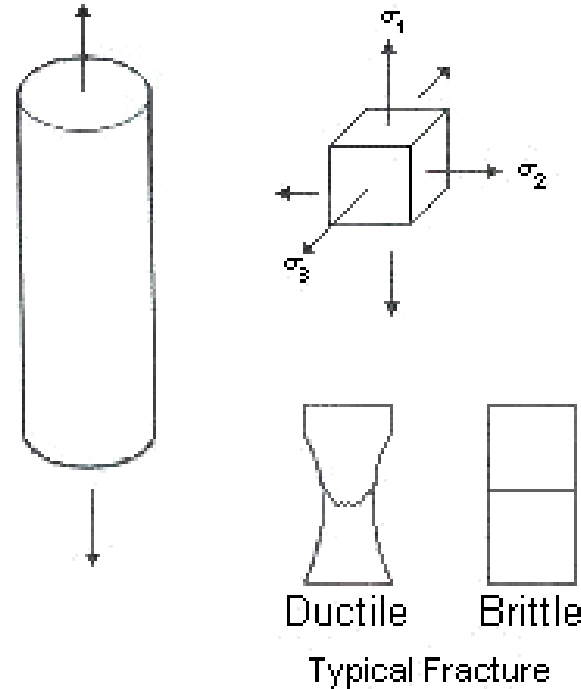
## Deformación Continua

Es la variación suave en la geometría del cuerpo deformado. Ocurre sin pérdida de cohesión como en el plegamiento o flujo en estado sólido en metamorfitas (deformación dúctil).

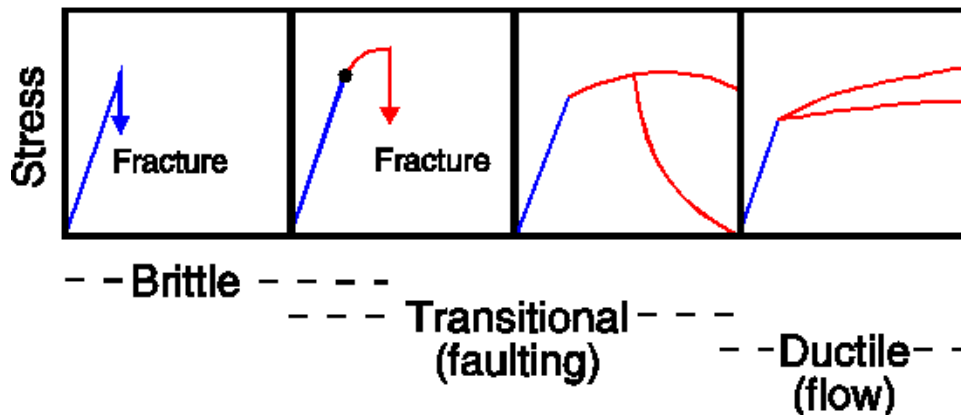
## Deformación Discontinua

Variación abrupta en la geometría del cuerpo deformado, disgregados a través de planos de discontinuidad (deformación frágil).

Los diferentes comportamientos se expresan en diagramas esfuerzo/deformación.



Increasing P and T (depth) →

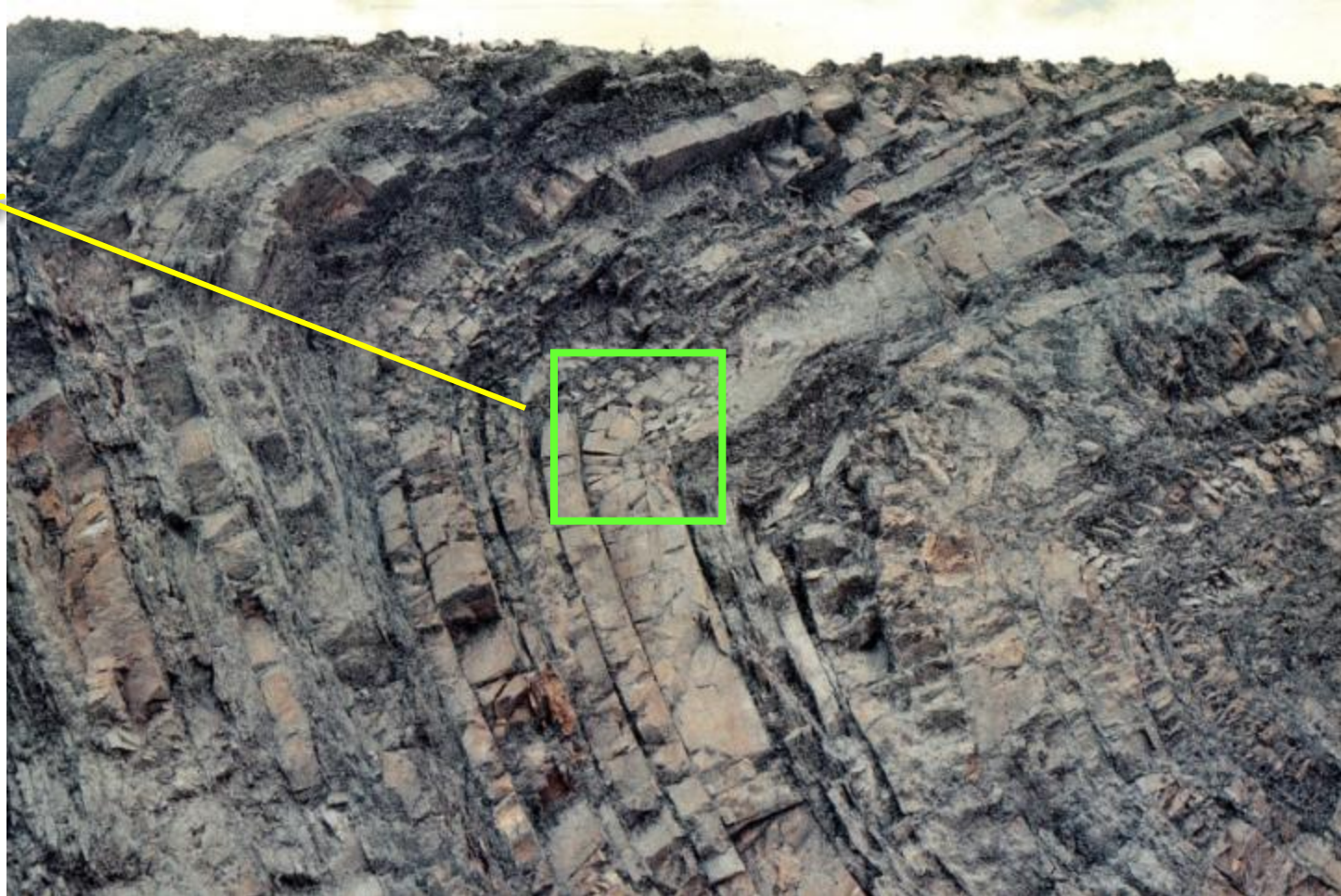


**Importante: LA ESCALA DE OBSERVACION**

Un cuerpo puede ser deformado por una combinación de deformaciones. Esto no es fácil de distinguir ya que depende de la escala de observación, por ejemplo En los Andes existen numerosas fallas con distintos desplazamientos y bloques con distintas composiciones y relaciones. Sin embargo desde la luna, los Andes parecen un sistema montañoso homogéneo sin discontinuidades internas.-



Aproximación: Predomina Deformación discontinua



Escala Mesoscópica: Pliegue volcado. Deformación dominante continua

# COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES ANTE LOS ESFUERZOS (Reología de cuerpos ideales)

Un cuerpo puede experimentar los siguientes comportamientos:

## Comportamiento elástico

Deformación reversible y proporcional al esfuerzo, el tiempo no interviene en la deformación -sólido de Hooke- idealizado por un resorte de recuperación perfecta.-

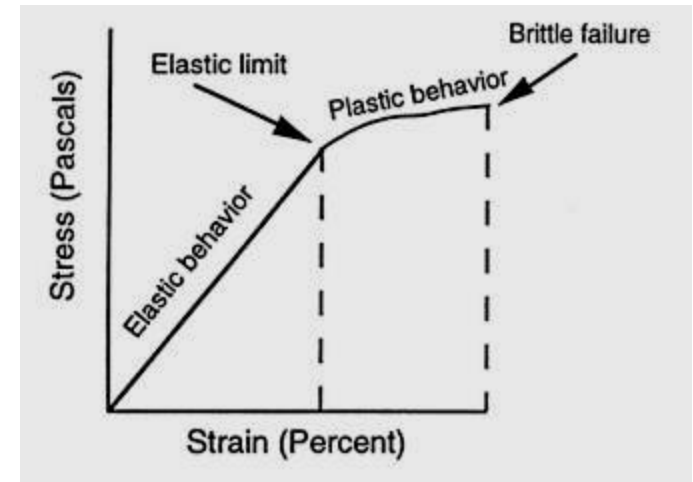
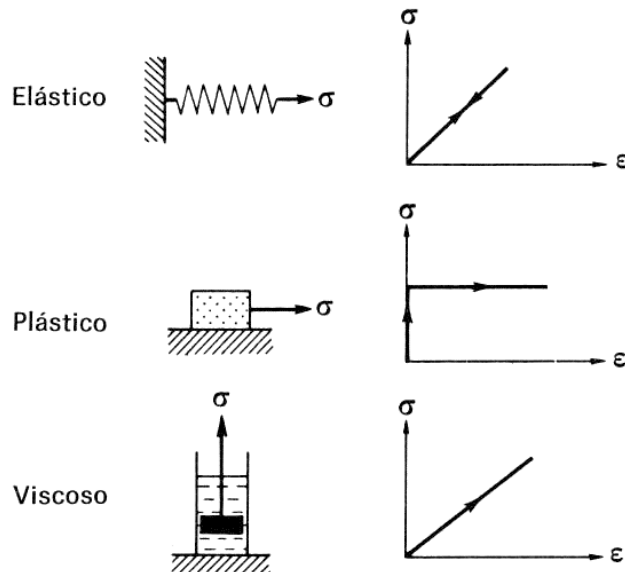
## Comportamiento plástico

Cuando el esfuerzo supera cierto límite, la deformación es irreversible, no recuperándose al estado inicial aún después de retirar el esfuerzo. Ej: alambre acerado deformado cuando se aplica un esfuerzo.

## Comportamiento viscoso

Deformación permanente proporcional al esfuerzo o sea velocidad constante desde la aplicación. Ej. pistón perforado, móvil sin rozamiento conteniendo un líquido perfecto y sin inercia - liquido Newtoniano

## Diagramas Esfuerzo vs. Deformación de cuerpos reológicos ideales



## Etapas de la deformación

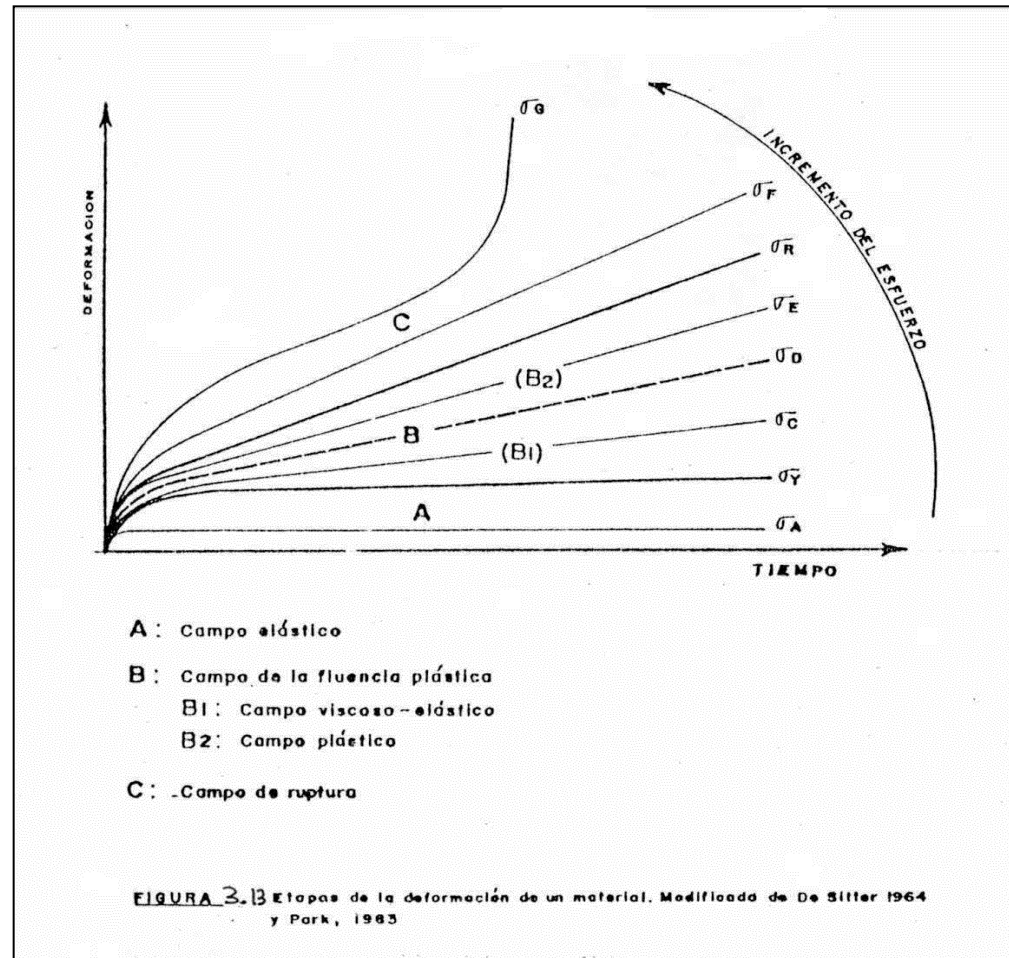
*Deformación vs. tiempo: Campos elásticos, plásticos y de ruptura.*

Si un cuerpo es sometido a la acción de esfuerzos dirigidos, se comporta al principio en forma elástica.

Si el esfuerzo sobrepasa un determinado valor umbral (límite elástico), se produce una deformación permanente que puede ser por ruptura (A) o por flujo (B).

Los gráficos expresan relaciones de deformación-tiempo (strain-time). Si la deformación es elástica, teóricamente debería volver a su estado inicial en forma instantánea.

En cuerpos no ideales, esta recuperación elástica implica un determinado tiempo en volver a la forma inicial, lo cual se denomina *histéresis*



## FACTORES QUE INFLUENCIAN EL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES

Las condiciones físico-químicas del ambiente en el cual está situado un material le permite al mismo experimentar distintos comportamientos deformacionales conforme se produzca la variación de una serie de factores:

### Factores externos

- \* Presión
- \* Temperatura
- \* Tiempo

### Factores internos

- \* Soluciones
- \* Anisotropía
- \* Composición química y mineralógica

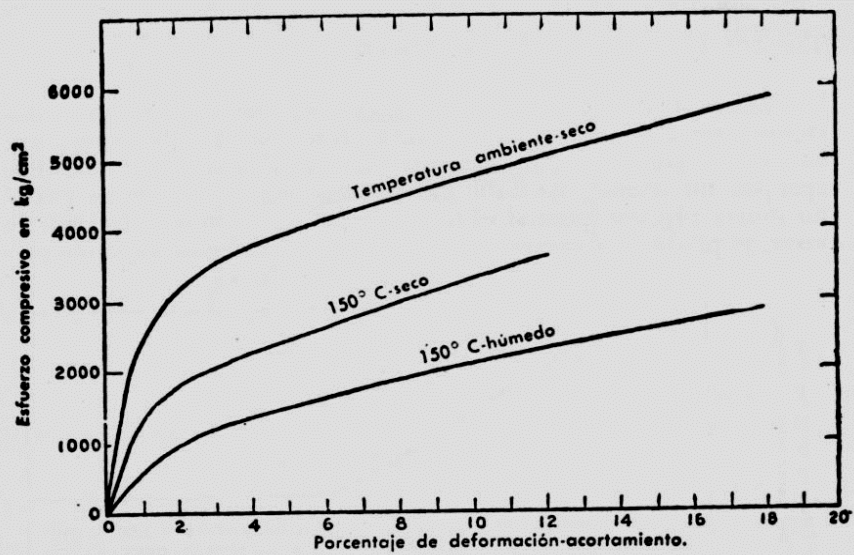
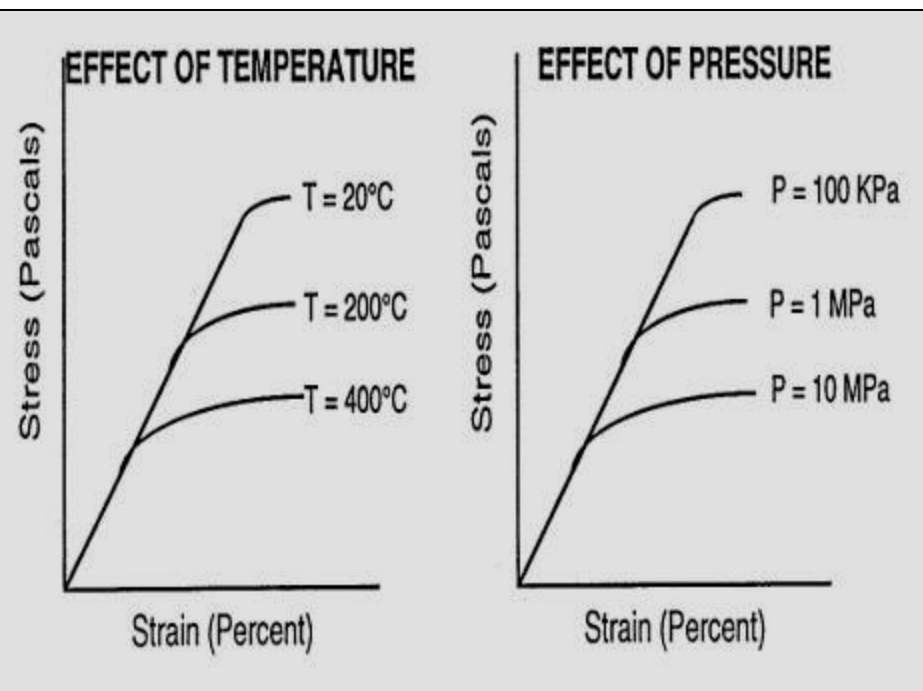


FIG. 11. Efecto de la temperatura y de las soluciones sobre la deformación de mármol. Mármol de Yule sometido a una presión de 10.000 atmósferas. Las muestras cilíndricas están cortadas perpendicularmente a la foliación. (Según D. T. Griggs *et al.*)



Influencia de la presión, temperatura y litologías

FIGURA 4.18  
Curvas esfuerzo-deformación a diferentes temperaturas, para una caliza ( $\sigma_3 = 400$  bares). Según Heard (1960).

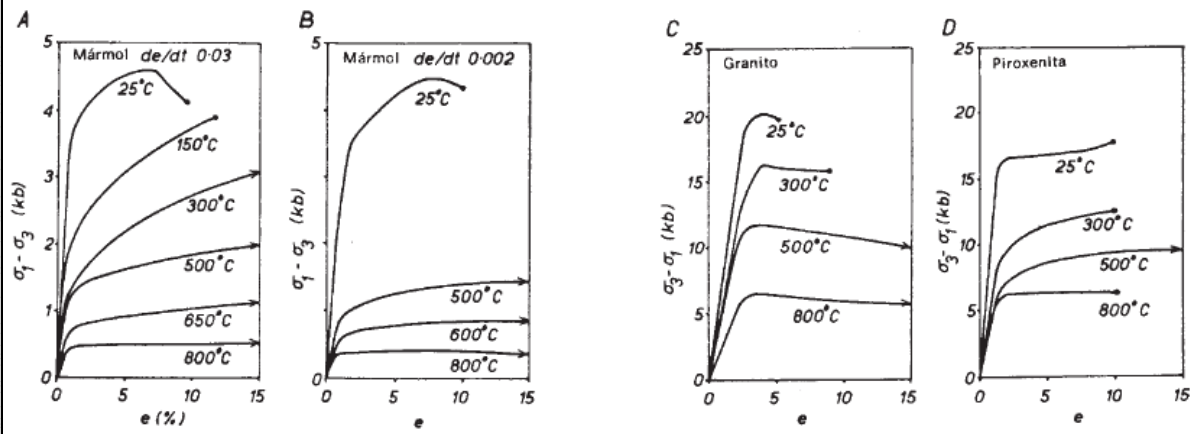
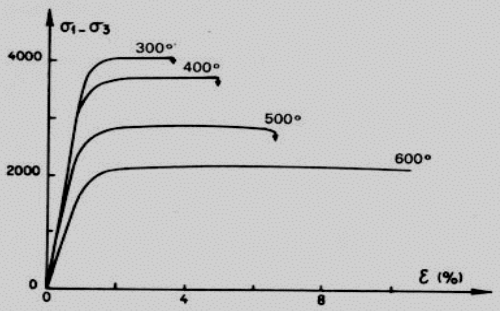


Figura 3-14- Curvas esfuerzo-deformación para distintas litologías a diferentes temperaturas.

## Influencia de las anisotropías

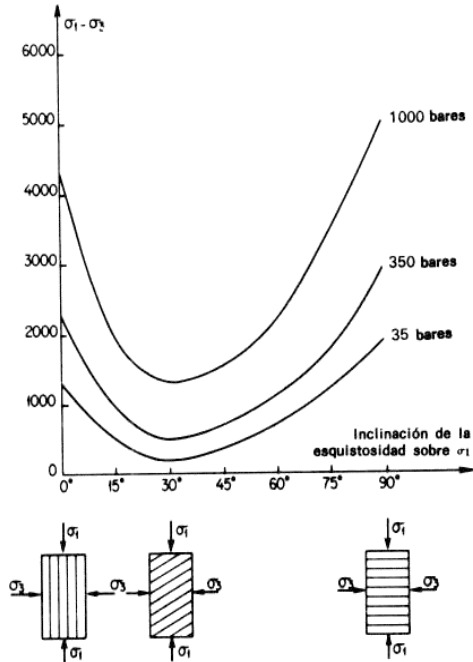


FIGURA 4.23

Curvas mostrando la variación del límite de resistencia última en función de la inclinación de la esquistosidad de una muestra de esquisto sometida a una compresión. Según Donath (1963). Véase también Sirieys (1964, 1966).

## Influencia de las soluciones >>>

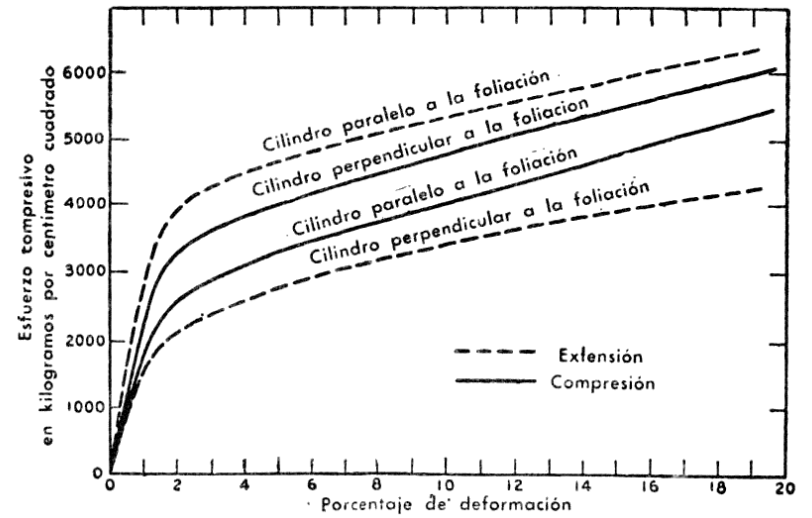


FIG. 15. Efecto de la anisotropía sobre la deformación de mármol. Mármol de Yule a una presión de confinamiento de 10.000 kg/cm<sup>2</sup> y a temperatura ambiente. (Según D. T. Griggs *et al.*)

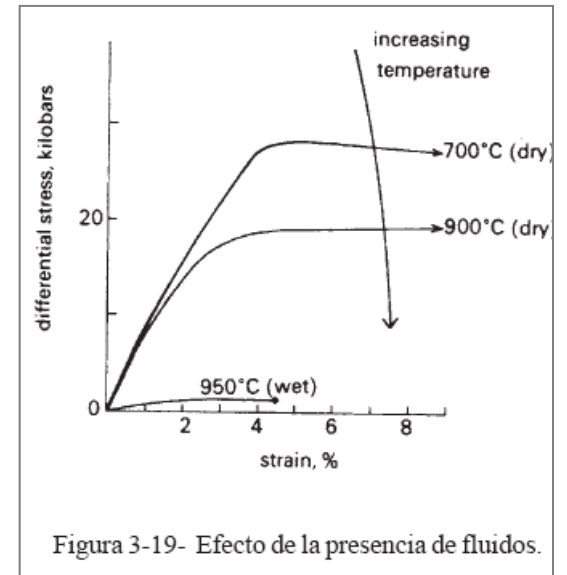


Figura 3-19- Efecto de la presencia de fluidos.



## CONCLUSION

1.- LOS FACTORES ENUNCIADOS TIENEN LA PROPIEDAD DE VARIAR EL ENTORNO FISICO-QUIMICO DE LAS ROCAS Y POR TANTO SU MODALIDAD DEFORMACIONAL

2.- POR ACCION INTENSA DE LOS FACTORES, LOS ESFUERZOS REQUERIDOS PARA PRODUCIR DEFORMACION EN UN MATERIAL PUEDEN SER MUCHO MENORES. O SEA QUE EN ESTAS CONDICIONES UN ESFUERZO REQUERIDO PUEDE PROVOCAR IMPORTANTES DEFORMACIONES QUE EN SUPERFICIES NO HUBIERAN SIDO SUFICIENTES NI SIQUIERA PARA DEFORMAR TEMPORARIAMENTE LAS ROCAS.-



## MECANISMOS DE LA DEFORMACIÓN CONTINUA

### CONCEPTO DE FLUJO, FLUENCIA PLÁSTICA O DEFORMACIÓN PLÁSTICA.

CÓMO PUEDEN CAMBIAR LAS ROCAS SU FORMA Y/O VOLUMEN SIN LA APARICIÓN DE FRACTURAS VISIBLES?

LOS PROCESOS QUE OCURREN DENTRO DE LAS ROCAS Y QUE PRODUCEN TALES EFECTOS SON VARIADOS Y NO SIEMPRE BIEN CONOCIDOS, PERO INCLUYEN A MOVIMIENTOS INTERGRANULARES, INTRAGRANULARES Y RECRISTALIZACIÓN

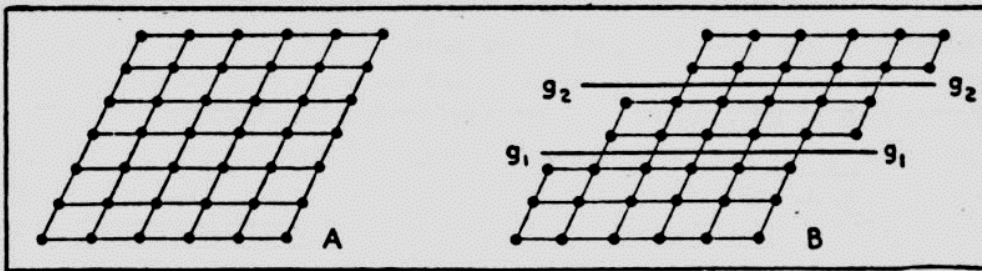


FIG. 16. Deslizamiento por translación. A: Disposición de los átomos antes del deslizamiento. B: Disposición de los átomos después del deslizamiento a lo largo de los planos  $g_1$ ,  $g_2$  y  $g_3$ .

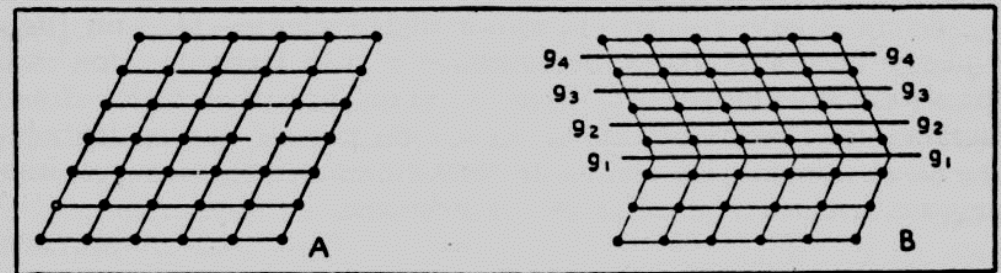


FIG. 17. Deslizamiento por maclado. A: Disposición de los átomos antes del deslizamiento. B: Disposición de los átomos después del movimiento sobre los planos de deslizamiento  $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$  y  $g_4$ .

IMPORTANTE:

ESCALA DE OBSERVACIÓN

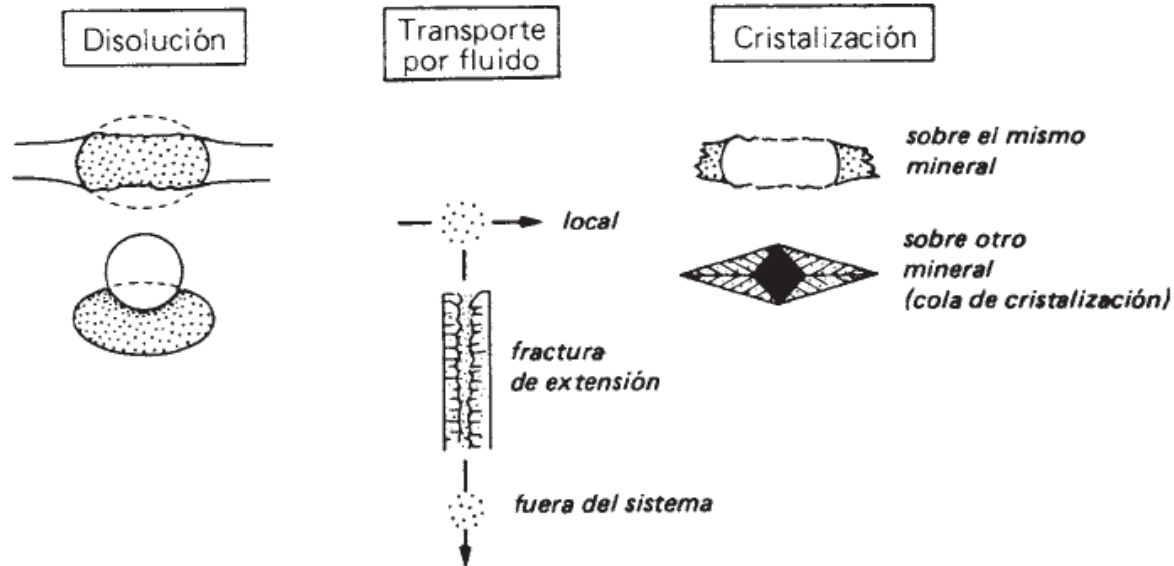
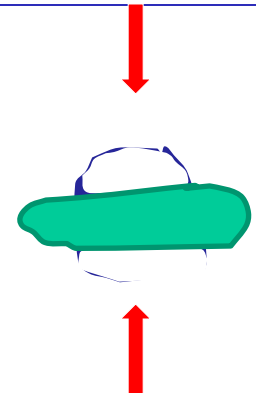


Figura 4-25- Los tres estadios del mecanismo de disolución-cristalización y los diferentes lugares de destino del material disuelto.

NEOCRISTALIZACIÓN/NEOMINERALIZACIÓN/PRINCIPIO DE RIECKE:



# MECANISMOS DE DEFORMACIÓN DISCONTÍNUA (TEORÍA DE LA FRACTURACIÓN)

LA FRACTURACIÓN ES TAL VEZ EL FENÓMENO TECTÓNICO DE MAYOR IMPORTANCIA GLOBAL Y DE OCURRENCIA UNIVERSAL. PRUEBA DE ELLO SON LOS BORDES DE PLACAS Y LA APARICIÓN DE FRACTURAS EN OTROS PLANETAS. PARA EL ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN FRÁGIL ES NECESARIO HACER HINCAPIÉ EN LOS PRINCIPIOS TEÓRICOS QUE GOBIERNAN LA FRACTURACIÓN.

RUPTURA: PROCESO IRREVERSIBLE POR EL QUE LOS MATERIALES DE LA CORTEZA TRATAN DE AJUSTARSE A UN NUEVO ESTADO DE EQUILIBRIO MEDIANTE LA APARICIÓN DE SUPERFICIES DE DISCONTINUIDAD.

## CRITERIOS RELATIVOS A LA FRACTURACIÓN POR CIZALLA

LA RUPTURA EN ROCAS SIGUE LEYES GENERALES EN LAS CUALES ES IMPORTANTE CONOCER LA POSICIÓN ESPACIAL DE LOS ESFUERZOS. LOS ESFUERZOS GENERADOS SOBRE UN CILINDRO DE ROCA, SE PUEDEN DESCOMPONER EN UN ESFUERZO NORMAL ( $\sigma_N$ ) Y UN ESFUERZO DE CIZALLA ( $T$ ) PARALELO AL PLANO DE RUPTURA. LOS VALORES DE AMBOS VARÍAN EN FUNCIÓN DE LA ORIENTACIÓN DEL PLANO (O BIEN DEL ESFUERZO APLICADO -  $\sigma_1$ ) Y POR LO TANTO ESTÁN EN FUNCIÓN DEL ANGULO  $\Theta$ .

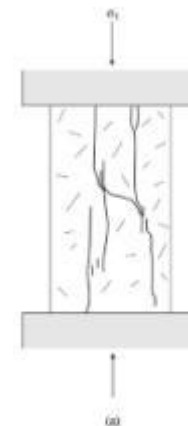
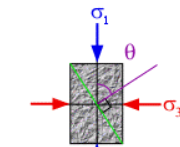
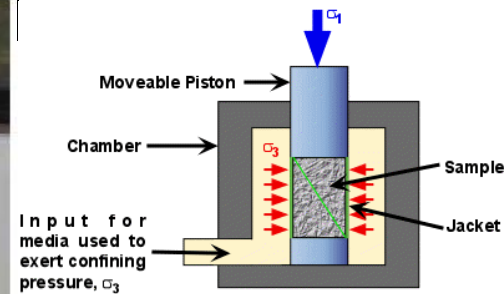


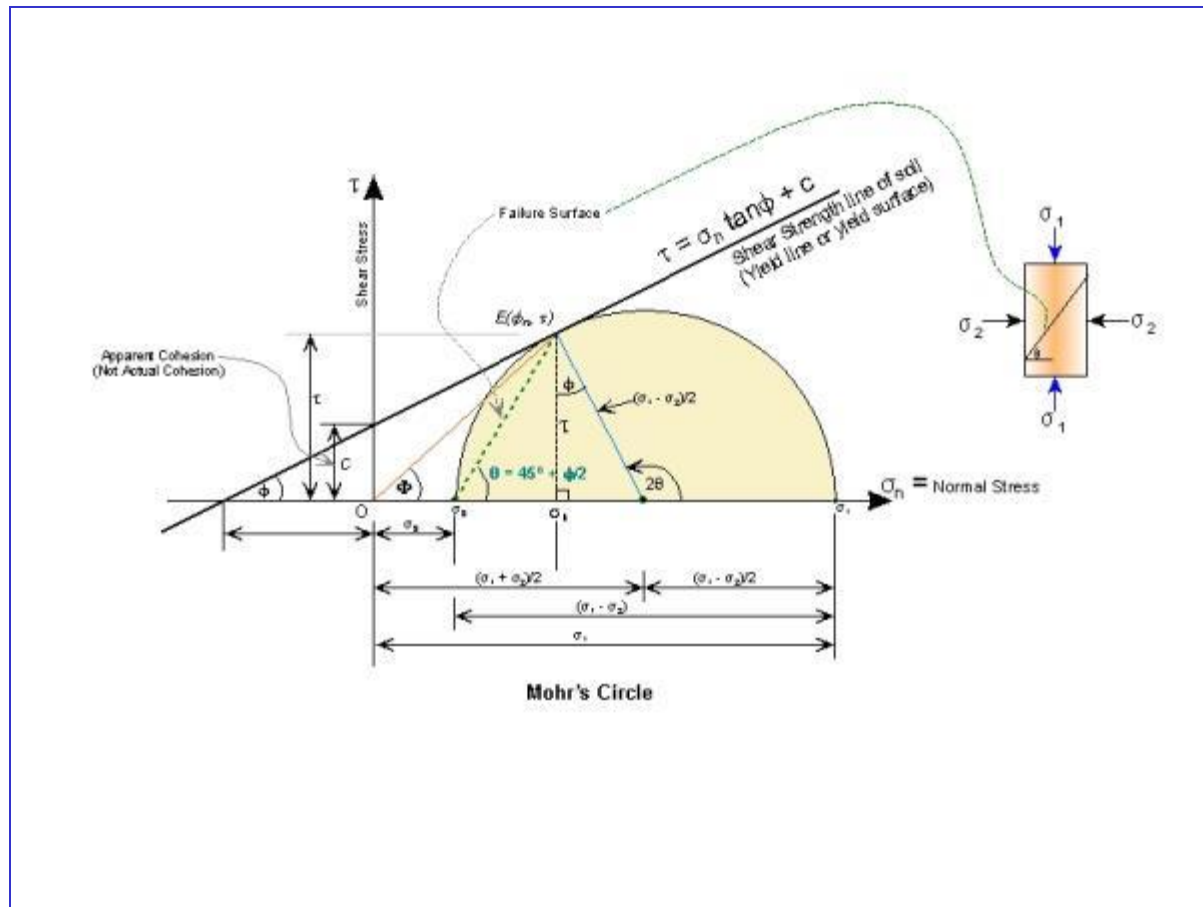
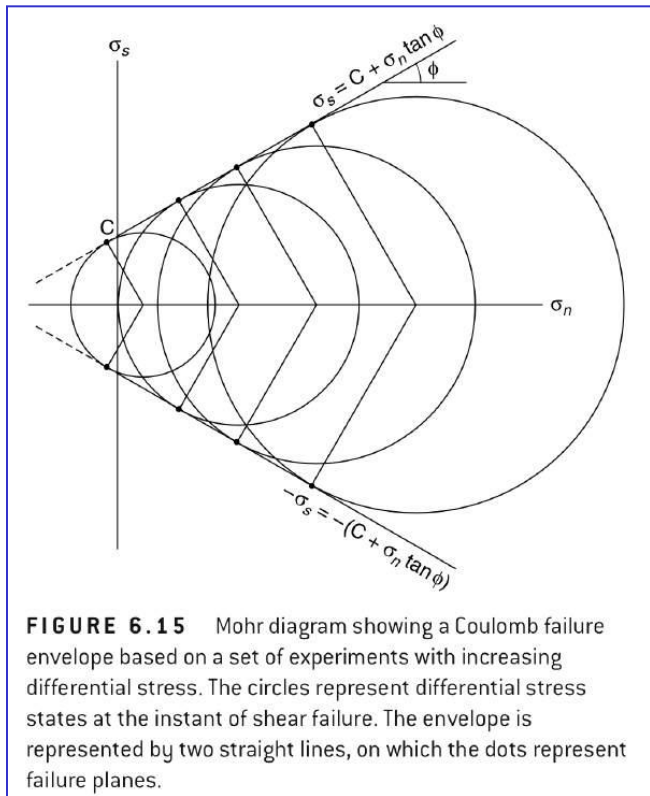


## La fracturación en experimentos

Los experimentos de fracturación en laboratorio muestra la consistencia entre la actitud de zonas de fracturas y la dirección del esfuerzo aplicado para lograr la deformación del material mientras ellos sean frágiles. Cuando los materiales son comprimidos se desarrollan planos de cizalla inclinados a  $45^\circ$  (o menos) a la dirección del esfuerzo principal y posteriormente se desarrollan fracturas tensionales paralelas a la dirección del esfuerzo. También suelen aparecer fracturas perpendiculares al esfuerzo cuando se le quita la aplicación del mismo.

En general, los materiales exhiben comportamiento frágil a bajas temperaturas y presión confinante.

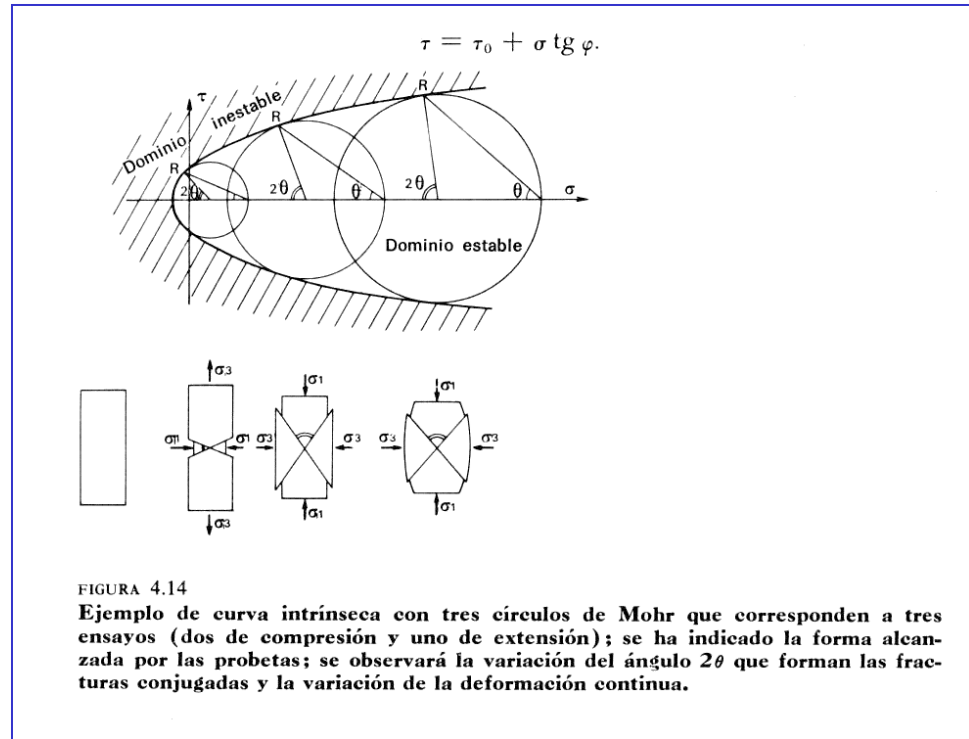




## CIRCULO DE MOHR

## CIRCULO DE MOHR

La curva envolvente proporciona algunos datos interesantes como ser:



. El punto donde la envolvente toca al círculo permite conocer  $q$ , entonces para cierto esfuerzo aplicado podemos conocer la angularidad del plano de ruptura.

. Se pueden definir los dominios de estabilidad e inestabilidad de un determinado material para ciertas condiciones ambientales .

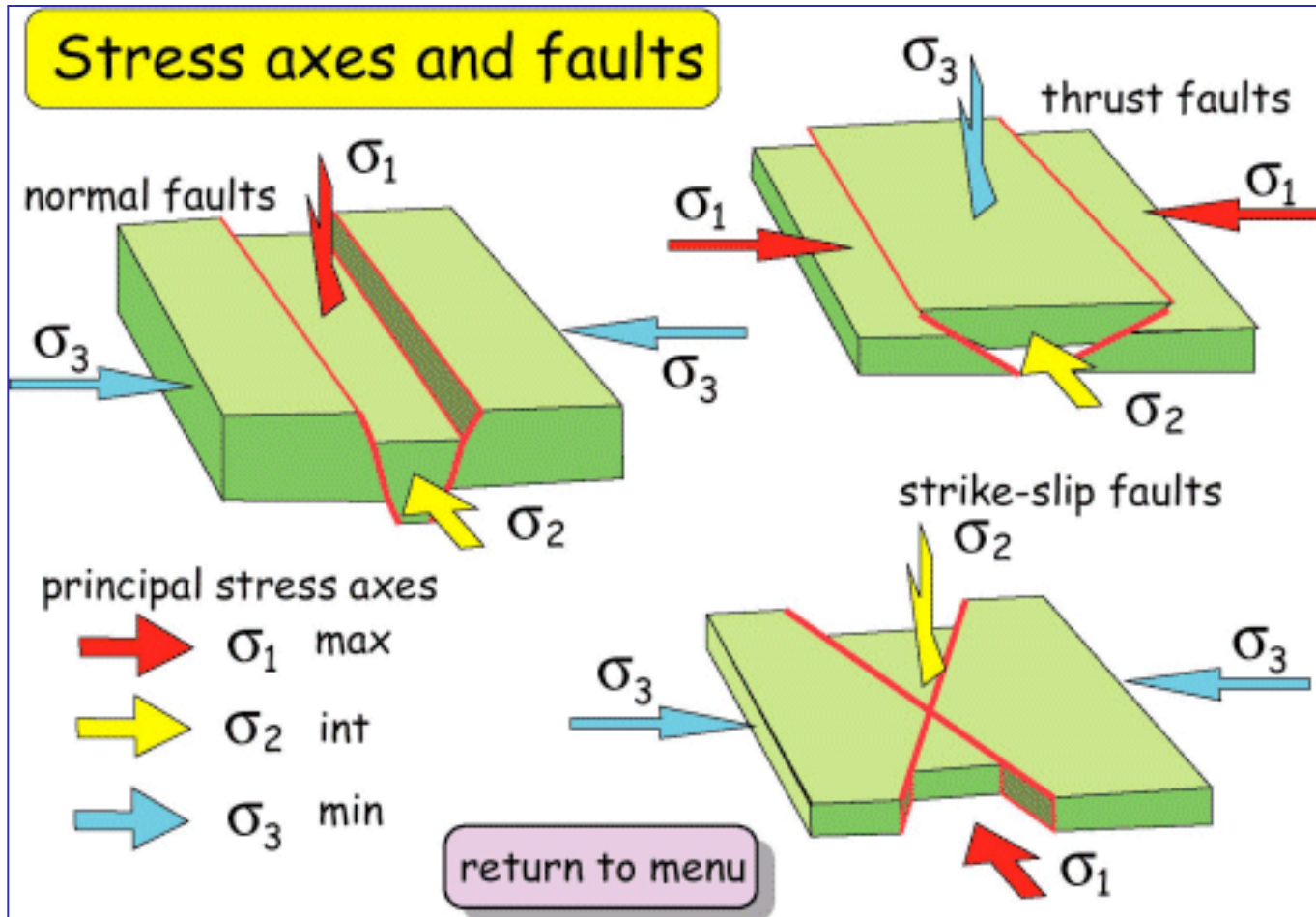
. Permite estimar el ángulo de los planos de fracturas.

. Cuando la presión hidrostática es grande entonces tiende a  $45^\circ$  y  $\theta$  es menor cuando  $\sigma_3$  es aprox = 0

. Se demuestra que la resistencia de los materiales al alargamiento es menor que a la compresión.-

# LEY DE ANDERSON

LA ORIENTACIÓN DE SIGMA 1 RELATIVE RESPECTO A LA SUPERFICIE TERRESTRE EN ESFUERZOS TRIAXIALES DETERMINA TRES POSIBILIDADES QUE DAN LUGAR A LOS TRES PRINCIPALES TIPOS DE FALLAS





## CRITERIOS RELATIVOS A LA DEFORMACIÓN POR CIZALLA

### CRITERIO DE MOHR-COULOMB

COULOMB (1773) PROPUSO QUE LA FRACTURA DE CIZALLA SE PRODUCIRÍA CUANDO EL ESFUERZO DE CIZALLA SOBRE UN PLANO DE FALLA POTENCIAL INCLINADO RESPECTO AL ESFUERZO PRINCIPAL, ALCANZARA UN VALOR CRÍTICO DADO POR:

$$T(\sigma_N) = C + \mu \sigma_N, \quad \text{DONDE:}$$

C: COEFICIENTE DE RESISTENCIA A LA CIZALLA

M: COEFICIENTE DE ROZAMIENTO INTERIOR.

EN 1900 MOHR DIÓ OTRA SUGERENCIA PARA EL DESARROLLO DE LA FRACTURACIÓN. DIJO QUE  $\sigma_N$  Y  $T$  SE RELACIONAN POR UNA FUNCIÓN NO LINEAL, DIFERENTE PARA CADA MATERIAL, CON LO QUE DEFINIÓ LA ENVOLVENTE DE MOHR. POR ELLO UNA VEZ DETERMINADA LA ENVOLVENTE SE PUEDE DETERMINAR LA RESISTENCIA ÚLTIMA, EL ÁNGULO DE FALLA QUE SE PRODUCIRÁ EN ENSAYOS EFECTUADOS A OTRAS PRESIONES DE CONFINAMIENTO

*ESTE CRITERIO PERMITE OBTENER BUENAS APROXIMACIONES TEÓRICAS RESPECTO AL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES EN EL CAMPO COMPRESIVO.*

## Criterio de Griffith (o del "starting point")

Griffith supuso que aún en las rocas supuestamente isótropas (ej. vidrio volcánico), existían anisotropías y todo plano de fracturas tenía un punto inicial de propagación de las fracturas. Aún las imperfecciones submicroscópicas o "grietas de Griffith", puede agrandarse y propagarse bajo la influencia del esfuerzo aplicado, ya que según Griffith, los esfuerzos aplicados a una grieta o imperfección submicroscópica se concentran en los extremos de este, favoreciendo su crecimiento. Estas grietas pueden ser aberturas originarias o aberturas inducidas a lo largo de bordes de granos o en su interior, si guardan una orientación apropiada respecto al esfuerzo principal.

Para valores compresivos de  $S_N$ , la ecuación es:

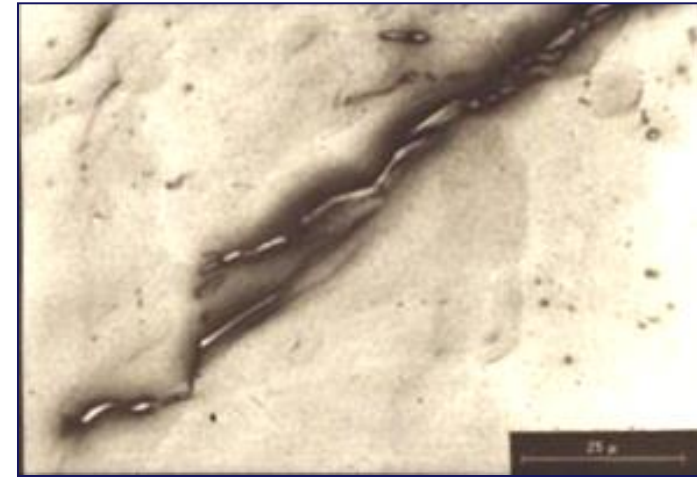
$$\sigma_s = 2 T + S \cdot \sigma_n$$

**T** : Resistencia a la tensión uniaxial.(es el esfuerzo de tensión bajo el cual un cilindro de roca se rompe cuando es extendido paralelamente a su longitud, a una presión de confinamiento nula.

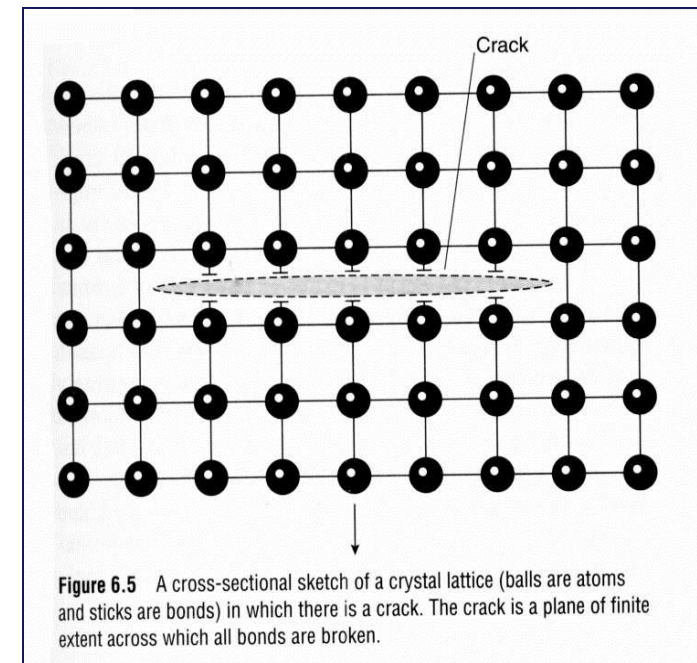
**S**: Coeficiente de fricción.

Este criterio destaca la importancia de las microgrietas como concentradores de esfuerzos. Da buen ajuste en el campo tensional y bajo comportamiento elástico.

Actualmente es bastante utilizado el criterio compuesto Griffith- Coulomb, aplicándose la ecuación de Griffith en el campo tensional y la de Mohr-Coulomb en el campo compresivo.

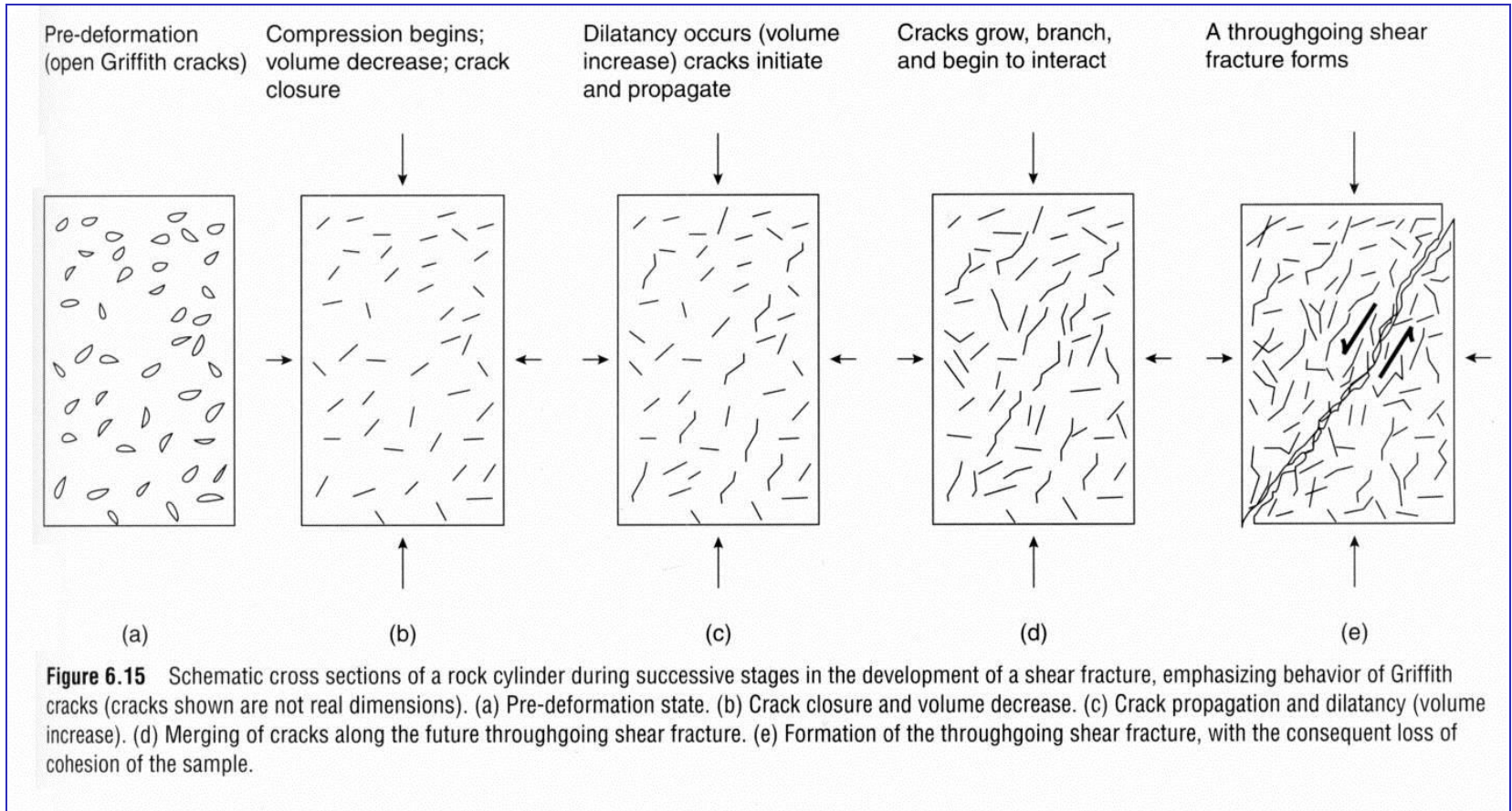


Microgrieta vista en microscopio electrónico donde se observa el nucleamiento y propagación de una microfractura a partir de la asociación de microgrietas de orientación semejante.



**Figure 6.5** A cross-sectional sketch of a crystal lattice (balls are atoms and sticks are bonds) in which there is a crack. The crack is a plane of finite extent across which all bonds are broken.

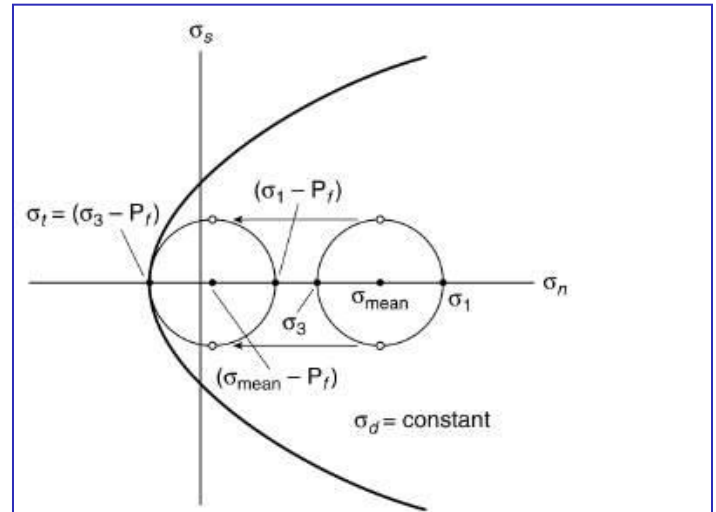
## EVOLUCIÓN DE MICROGRIETAS Y VARIACIONES MICROVOLUMÉTRICAS HASTA LA APARICIÓN DE LA RUPTURA



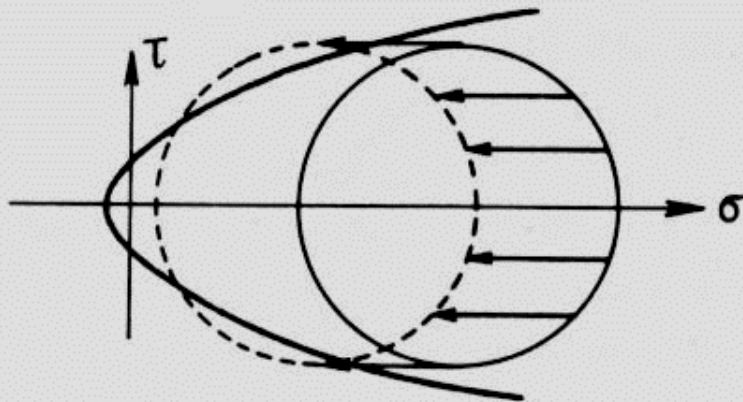
**Ley de esfuerzo efectivo (o Ley de Byerlee):**

$$\sigma_e = \sigma_s - P$$

$\sigma_e$ : Esfuerzo efectivo  
 $\sigma_s$ : Esfuerzo aplicado.  
 P: Presión de fluidos.



**FIGURE 6.27** A Mohr diagram showing how an increase in pore pressure moves the Mohr circle toward the origin. The increase in pore pressure decreases the mean stress ( $\sigma_{mean}$ ), but does not change the magnitude of differential stress ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ). In other words, the diameter of the Mohr circle remains constant, but its center moves to the left.

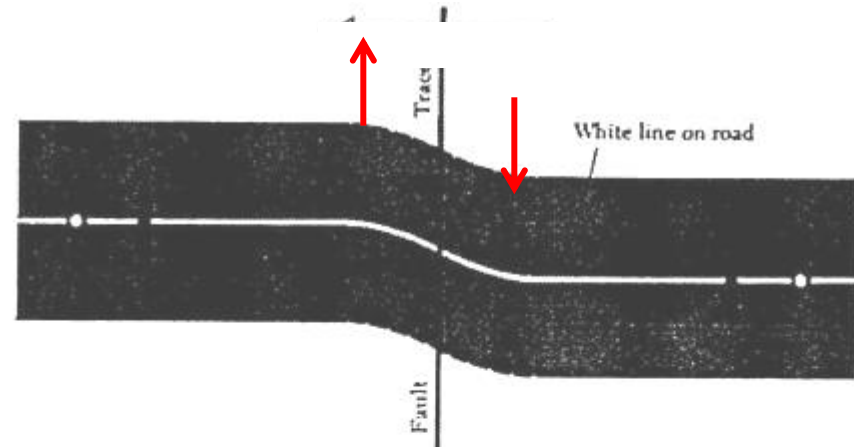


**FIGURA 4.22**

**Esquema mostrando cómo el aumento de presión de los fluidos de impregnación puede provocar la rotura por desplazamiento del círculo de Mohr (según Hubbert y Rubey).**

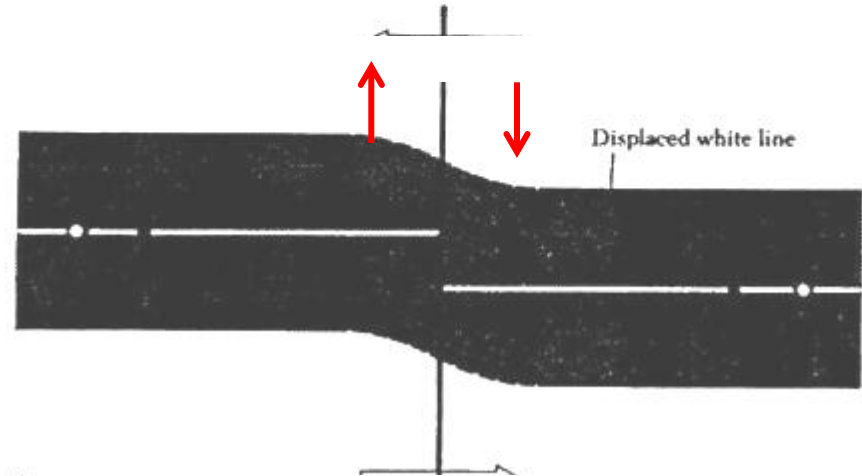
## TEORÍA DEL REBOTE ELASTICO

- a) Acumulación de deformación continua en ambos lados del trazo de una falla en el intervalo intersísmico.



(a)

- b) Desplazamiento brusco por deformación discontinua en el evento co-sísmico



(b)

Animaciones:

[http://www.iris.edu/hq/programs/education\\_and\\_outreach/animations/4](http://www.iris.edu/hq/programs/education_and_outreach/animations/4)

[https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/elastic\\_rebound\\_on\\_highfriction\\_strikeslip\\_fault](https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/elastic_rebound_on_highfriction_strikeslip_fault)

### Bibliografía complementaria sugerida

- BLES, B. Y FEUGA, T., 1984. La fracturation des roches. Masson. Paris.
- HATCHER, R., 1990. Structural geology, Merrill.
- HOBBS, B., MEANS, W. Y WILLIAMS, P., 1976. Geología estructural. Omega.
- MATTAUER, M., 1976. Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre. Omega.
- NICOLAS, P., 1986. Principles of rock deformation. Reidel.
- RAMSAY, J., 1977 Plegamiento y fracturación de rocas. Blume.
- RAMSAY, J. Y HUBBER, M., 1983. The techniques of modern structural geology. Vol I. Academic Press.
- SPENCER, E., 1977. Introduction to the structure of the earth. McGraw-Hill.
- SUPPE, J., 1985. Principles of structural geology. Prentice-Hall.
- Twiss, R. y Moores, E., 2007. Structural Geology

*Actualizado: 17.09.2020*