

# ELASTICIDAD

# **PROPIEDADES MECÁNICAS**

**El comportamiento mecánico o las propiedades mecánicas de un material reflejan la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material llamado deformación.**

**Algunas de las propiedades mecánicas más importantes son: Resistencia, dureza, tenacidad, ductilidad y rigidez.**

**La respuesta de los materiales a las fuerzas aplicadas depende de:**

- 1. TIPO DE ENLACE ATÓMICOS O MOLECULARES.**
- 2. DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LOS ÁTOMOS O MOLÉCULAS.**
- 3. TIPO Y NÚMERO DE IMPERFECCIONES, QUE ESTÁN SIEMPRE PRESENTES EN LOS SÓLIDOS.**

**Los materiales sometidos a cargas se pueden clasificar en tres grupos principales de acuerdo con el mecanismo que ocurre durante su deformación bajo las fuerzas aplicadas**

- I. MATERIALES ELÁSTICOS (Por ejemplo, los cristales iónicos y covalentes).**
- II. MATERIALES ELASTOPLÁSTICOS (Por ejemplo, los metales estructurales).**
- III. MATERIALES VISCOELÁSTICOS (Por ejemplo, los plásticos, los vidrios).**

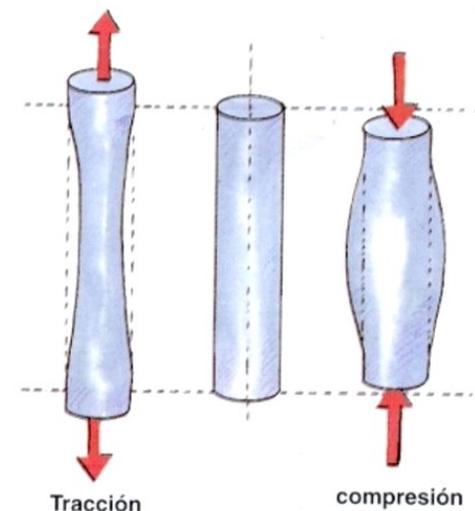
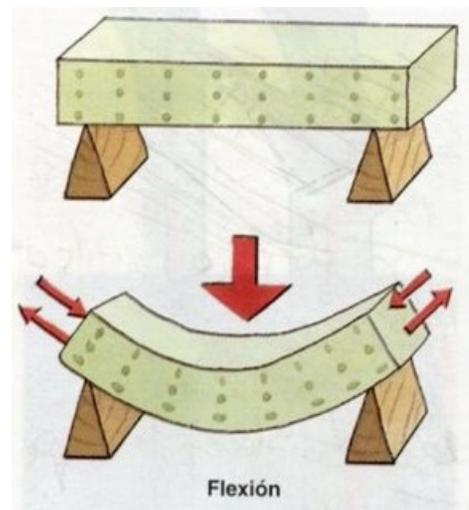
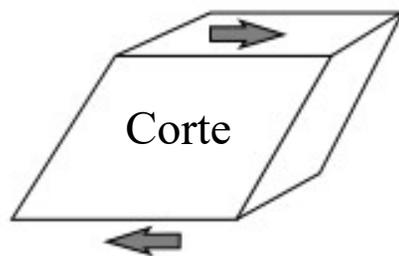
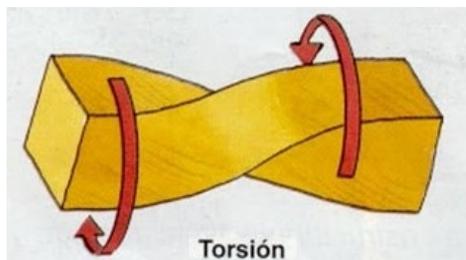
**Los tipos básicos de deformación de los materiales como respuesta a las fuerzas aplicadas son tres:**

- 1- ELÁSTICO.**
- 2- PLÁSTICO.**
- 3- VISCOSO.**

# Concepto: Esfuerzo

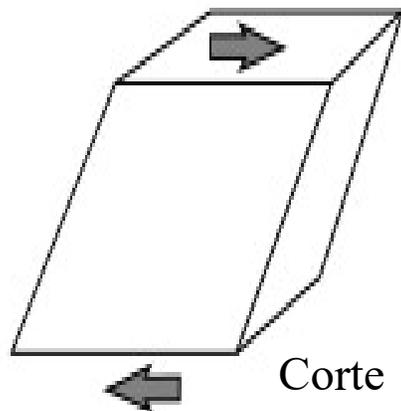
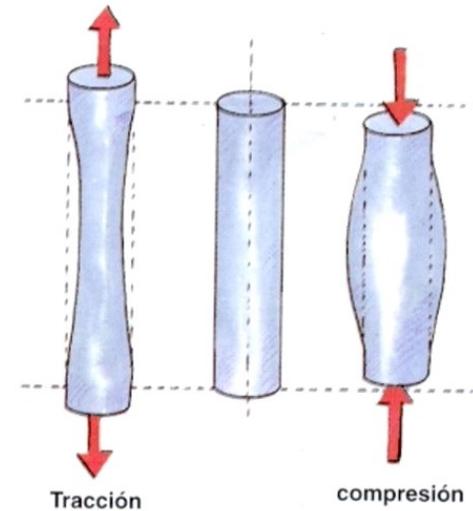
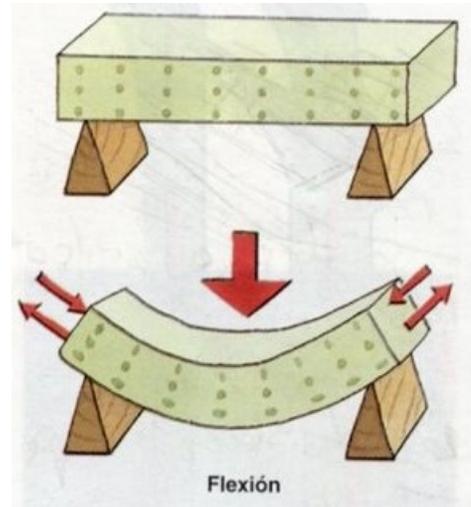
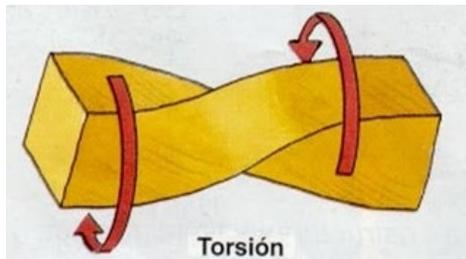
Los cuerpos sólidos responden de distinta forma cuando se los somete a fuerzas externas. El tipo de respuesta del material dependerá de la forma en que se aplica dicha fuerza (tracción, compresión, corte o cizalladura, flexión y torsión).

Independientemente de la forma en que se aplica la fuerza, el comportamiento mecánico del material se describe mediante tres tipos de esfuerzos: **tracción y/o compresión, torsión y corte.**



# Concepto: Deformación

Es el cambio del tamaño o forma de un cuerpo debido a los esfuerzos producidos por una o más fuerzas aplicadas (o también por la ocurrencia de la dilatación térmica).



# Esfuerzo de tensión

- **Esfuerzo**
- Relación de la fuerza perpendicular aplicada a un objeto dividida para su área transversal.

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

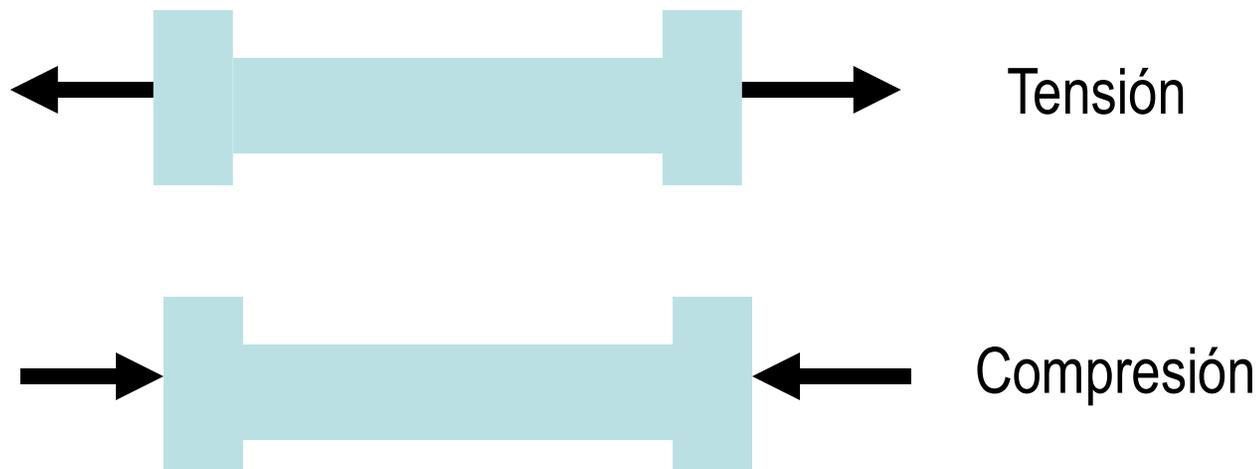
Unidad de medida: unidades de fuerza/unidades de área;  
Pascal (Pa)

$$Pa = \frac{N}{m^2} = Nm^{-2}$$



# Clasificación de esfuerzos

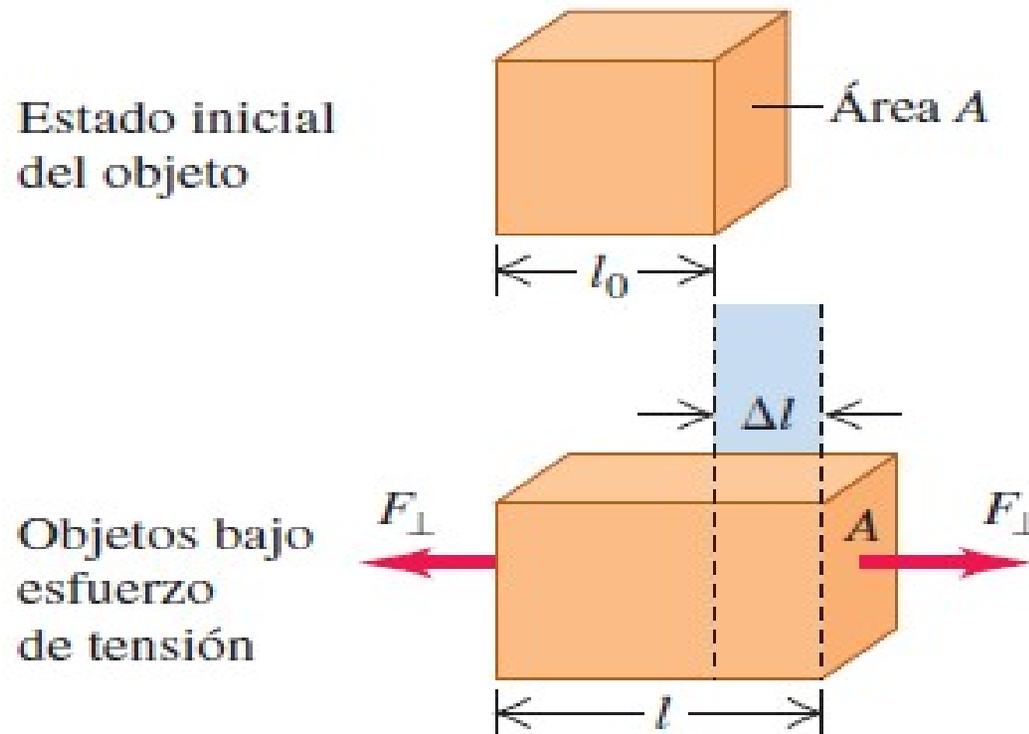
- Normal (Axial) : la carga es perpendicular a la sección transversal del material.
  - **Tensión**: los extremos del material son estirados hacia afuera para alargar al objeto, la carga es conocida como fuerza de tensión.
  - **Compresión** : Los extremos del material son empujados para hacer al material más pequeño, la carga es llamada fuerza de compresión.



$$\frac{\text{Esfuerzo}}{\text{Deformación}} = \text{Módulo de elasticidad} \quad (\text{ley de Hooke})$$

## Esfuerzo y deformación de tensión (tracción) y compresión

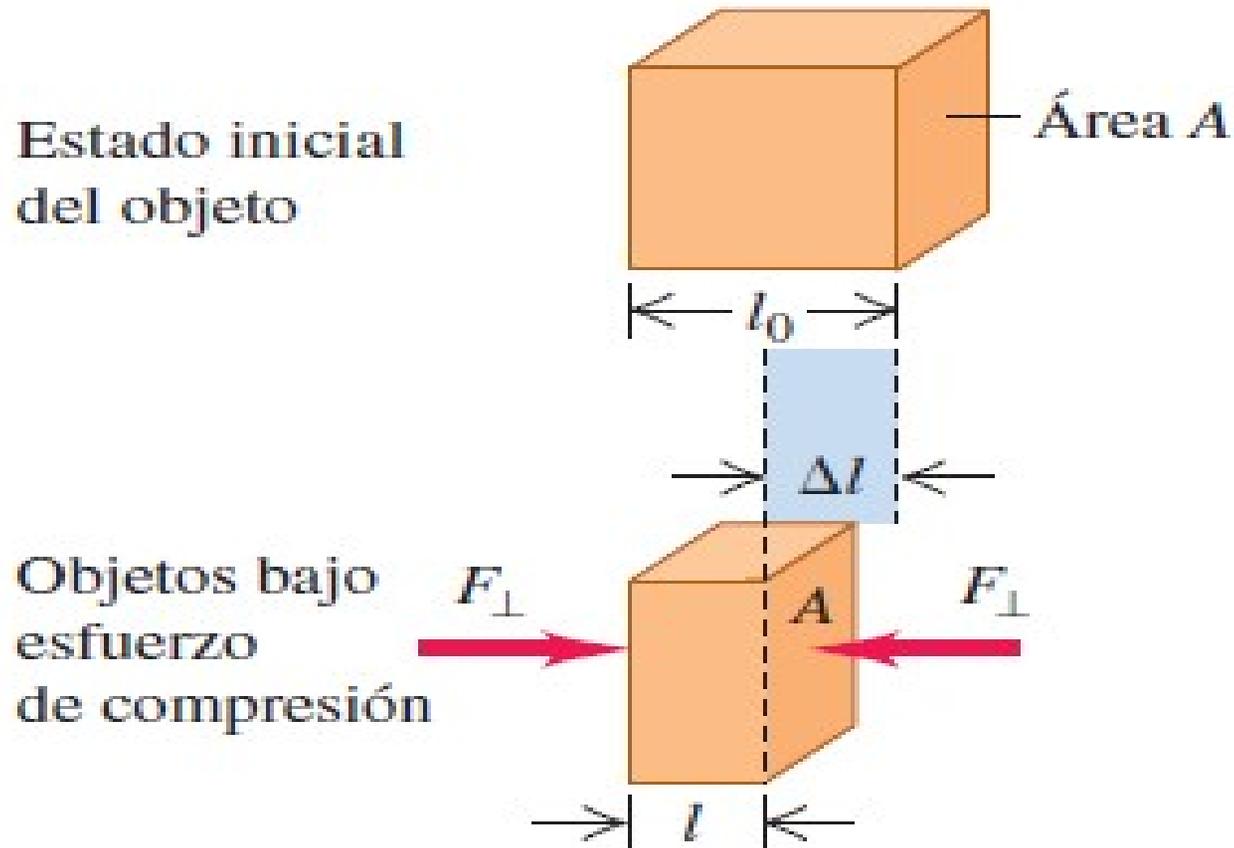
Un objeto en tensión. La fuerza total que actúa sobre el objeto es cero, pero el objeto se deforma. El esfuerzo de tensión (la razón de la fuerza al área de sección transversal) produce una deformación por tensión (el alargamiento dividido entre la longitud inicial). Por claridad, se ha exagerado el alargamiento  $\Delta l$ .



$$\text{Esfuerzo de tensión} = \frac{F_{\perp}}{A}$$

$$\text{Deformación por tensión} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Objeto en compresión. El esfuerzo de compresión y la deformación por compresión se definen igual que en el caso de la tensión, excepto que ahora  $\Delta l$  denota la distancia que el objeto se contrae.



$$\text{Esfuerzo de compresión} = \frac{F_{\perp}}{A}$$

$$\text{Deformación por compresión} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\text{Esfuerzo de tensión} = \frac{F_{\perp}}{A}$$

$$1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Deformación por tensión} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

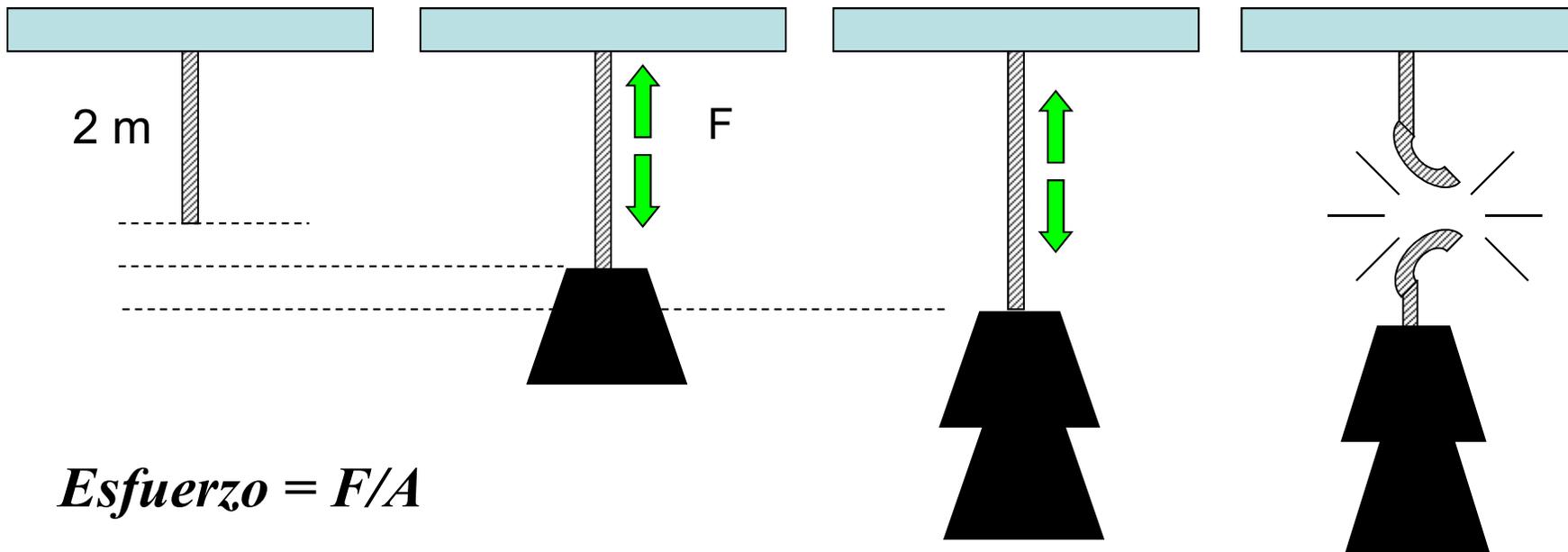
$$Y = \frac{\text{Esfuerzo de tensión}}{\text{Deformación por tensión}} = \frac{F_{\perp}/A}{\Delta l/l_0} = \frac{F_{\perp}}{A} \frac{l_0}{\Delta l} \quad (\text{módulo de Young})$$

**Tabla 11.1** Módulos de elasticidad aproximados

Material	Módulo de Young, $Y$ (Pa)	Módulo de volumen, $B$ (Pa)	Módulo de corte, $S$ (Pa)
Aluminio	$7.0 \times 10^{10}$	$7.5 \times 10^{10}$	$2.5 \times 10^{10}$
Latón	$9.0 \times 10^{10}$	$6.0 \times 10^{10}$	$3.5 \times 10^{10}$
Cobre	$11 \times 10^{10}$	$14 \times 10^{10}$	$4.4 \times 10^{10}$
Cristal corona (óptico)	$6.0 \times 10^{10}$	$5.0 \times 10^{10}$	$2.5 \times 10^{10}$
Hierro	$21 \times 10^{10}$	$16 \times 10^{10}$	$7.7 \times 10^{10}$
Plomo	$1.6 \times 10^{10}$	$4.1 \times 10^{10}$	$0.6 \times 10^{10}$
Níquel	$21 \times 10^{10}$	$17 \times 10^{10}$	$7.8 \times 10^{10}$
Acero	$20 \times 10^{10}$	$16 \times 10^{10}$	$7.5 \times 10^{10}$

# Resistencia a la rotura

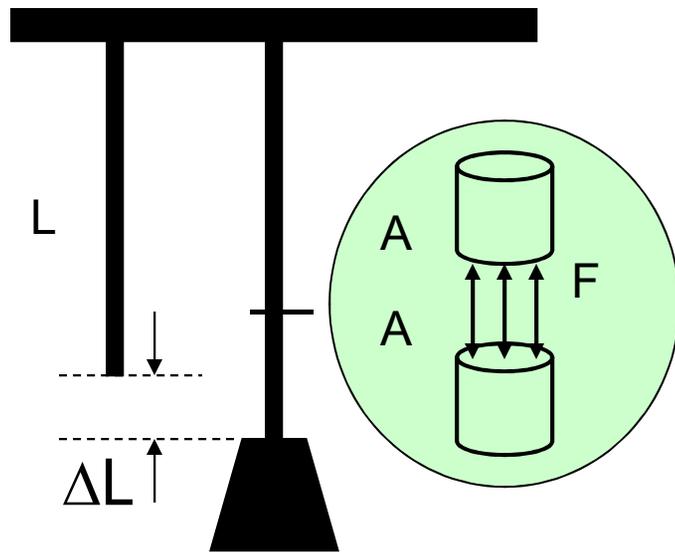
La resistencia a la rotura es el esfuerzo máximo que un cuerpo puede experimentar sin romperse.



Si el esfuerzo supera la resistencia a la rotura, ¡la cuerda se rompe!

El límite elástico para el acero es  $2.48 \times 10^8 \text{ Pa}$ . ¿Cuál es el peso máximo que puede soportar sin superar el límite elástico?

$$A = 3.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

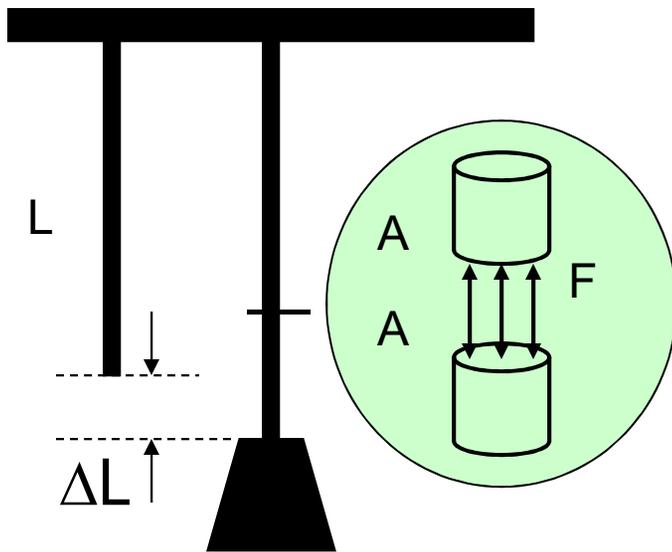


$$F = (2.48 \times 10^8 \text{ Pa}) A$$

$$F = (2.48 \times 10^8 \text{ Pa})(3.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2)$$

$$F = 779 \text{ N}$$

La resistencia a la rotura para el acero es  $4.089 \times 10^{11}$  Pa. ¿Cuál es el peso máximo que puede soportar sin romper el alambre?



Recuerde:  $A = 3.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

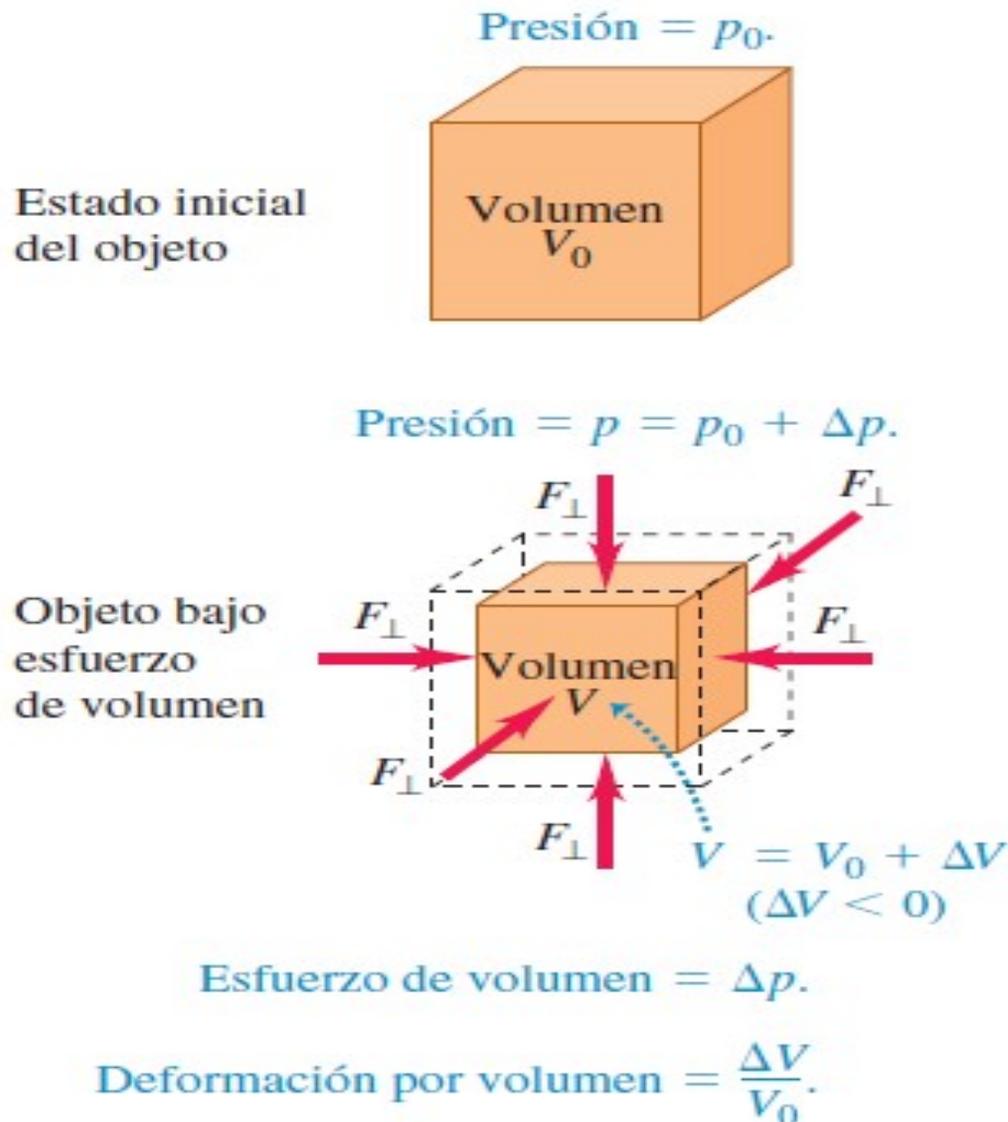
$$F = (4.89 \times 10^8 \text{ Pa}) A$$

$$F = (2.48 \times 10^8 \text{ Pa})(3.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2)$$

$$F = 1536 \text{ N}$$

## Esfuerzo y deformación de volumen

Objeto sometido a un esfuerzo de volumen. Sin el esfuerzo, el cubo ocupa un volumen  $V_0$ ; cuando se aplica el esfuerzo, el cubo tiene un volumen menor,  $V$ . Por claridad, se exageró el cambio de volumen  $\Delta V$ .



$$p = \frac{F_{\perp}}{A} \quad (\text{presión en un fluido})$$

$$\text{Deformación por volumen} = \frac{\Delta V}{V_0}$$

$$B = \frac{\text{Esfuerzo de volumen}}{\text{Deformación por volumen}} = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V_0} \quad (\text{módulo de volumen})$$

$$k = \frac{1}{B} = -\frac{\Delta V/V_0}{\Delta p} = -\frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (\text{compresibilidad})$$

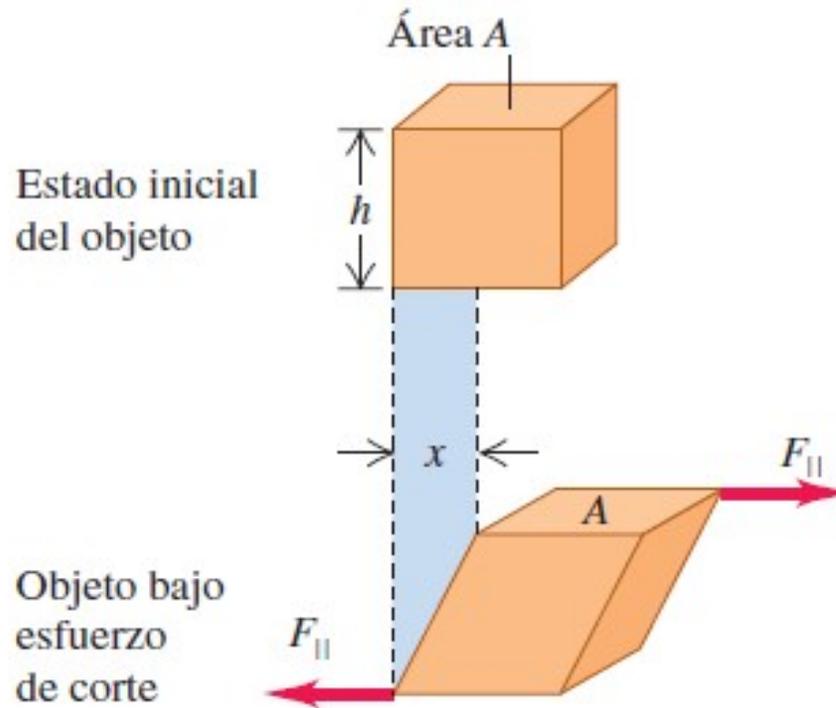
## Módulo de compresibilidad para líquidos

### Compresibilidad, $k$

Líquido	$\text{Pa}^{-1}$	$\text{atm}^{-1}$
Disulfuro de carbono	$93 \times 10^{-11}$	$94 \times 10^{-6}$
Alcohol etílico	$110 \times 10^{-11}$	$111 \times 10^{-6}$
Glicerina	$21 \times 10^{-11}$	$21 \times 10^{-6}$
Mercurio	$3.7 \times 10^{-11}$	$3.8 \times 10^{-6}$
Agua	$45.8 \times 10^{-11}$	$46.4 \times 10^{-6}$

## Esfuerzo y deformación por corte

Objeto sometido a un esfuerzo de corte: Se aplican fuerzas tangentes a superficies opuestas del objeto (en contraste con la situación anterior, donde las fuerzas actúan perpendiculares a las superficies). Por claridad, se exagera la deformación  $x$ .



$$\text{Esfuerzo de corte} = \frac{F_{||}}{A}.$$

$$\text{Deformación por corte} = \frac{x}{h}.$$

$$\text{Esfuerzo de corte} = \frac{F_{\parallel}}{A}$$

$$\text{Deformación por corte} = \frac{x}{h}$$

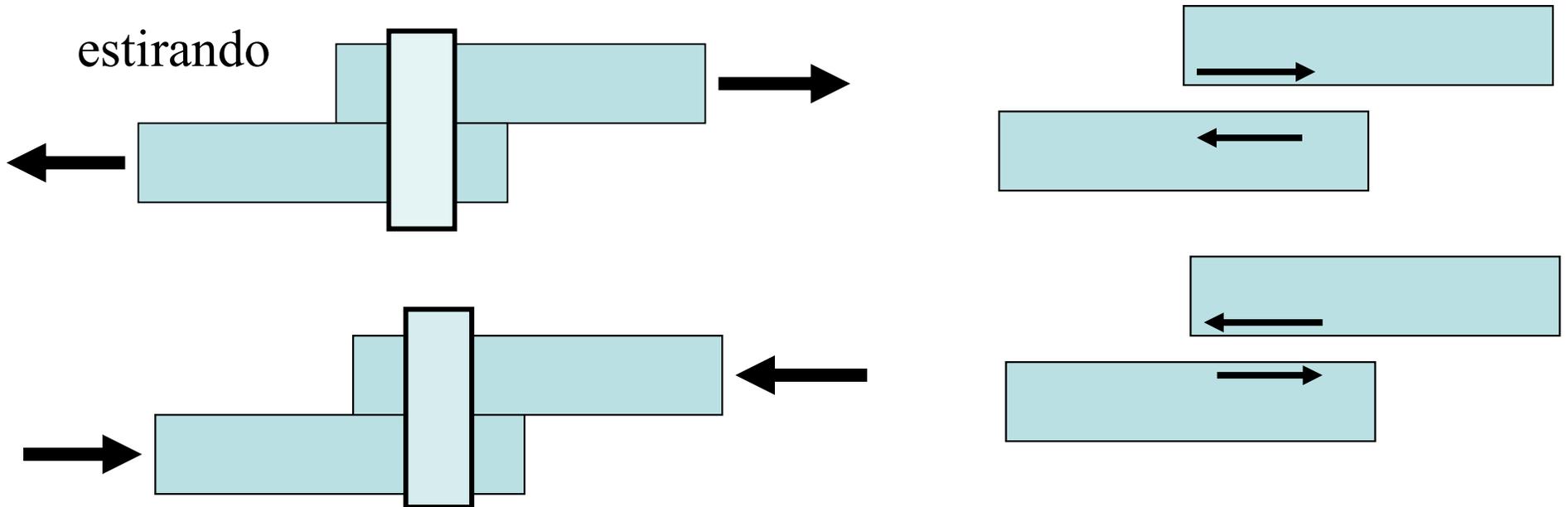
$$S = \frac{\text{Esfuerzo de corte}}{\text{Deformación por corte}} = \frac{F_{\parallel}/A}{x/h} = \frac{F_{\parallel} h}{A x} \quad (\text{módulo de corte})$$

## Módulos de elasticidad

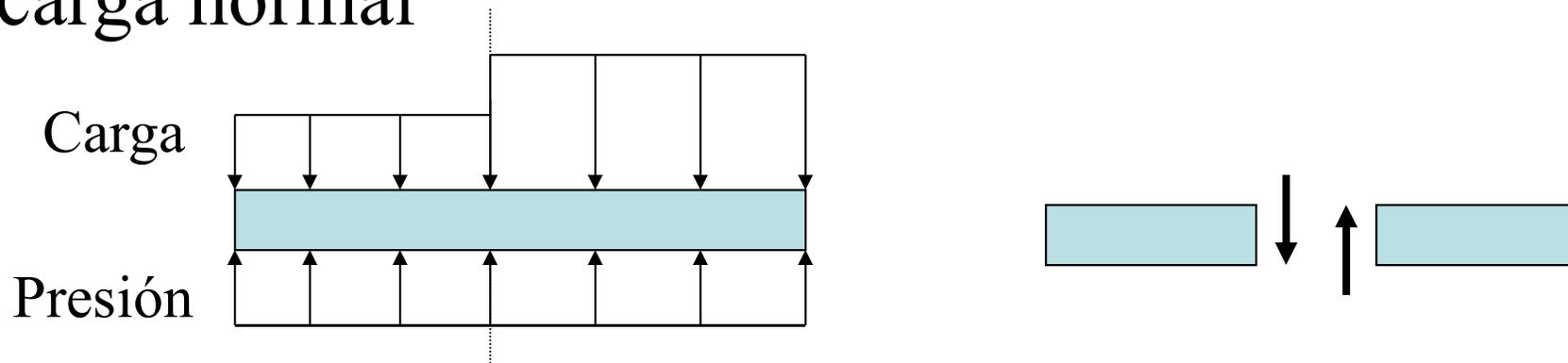
Material	Módulo de Young, $Y$ (Pa)	Módulo de volumen, $B$ (Pa)	Módulo de corte, $S$ (Pa)
Aluminio	$7.0 \times 10^{10}$	$7.5 \times 10^{10}$	$2.5 \times 10^{10}$
Latón	$9.0 \times 10^{10}$	$6.0 \times 10^{10}$	$3.5 \times 10^{10}$
Cobre	$11 \times 10^{10}$	$14 \times 10^{10}$	$4.4 \times 10^{10}$
Cristal corona (óptico)	$6.0 \times 10^{10}$	$5.0 \times 10^{10}$	$2.5 \times 10^{10}$
Hierro	$21 \times 10^{10}$	$16 \times 10^{10}$	$7.7 \times 10^{10}$
Plomo	$1.6 \times 10^{10}$	$4.1 \times 10^{10}$	$0.6 \times 10^{10}$
Níquel	$21 \times 10^{10}$	$17 \times 10^{10}$	$7.8 \times 10^{10}$
Acero	$20 \times 10^{10}$	$16 \times 10^{10}$	$7.5 \times 10^{10}$

# Esfuerzo cortante

- carga tangencial



- carga normal



# CURVAS TENSION – DEFORMACION

Las curvas TENSION - DEFORMACION, usualmente, se obtienen mediante ensayos de laboratorio realizados mediante normas estandarizadas y utilizando probetas también estandarizadas. se fijan la velocidad de carga y la temperatura.

Los ensayos se pueden realizar con cargas de COMPRESION, TRACCION, FLEXION y CORTADURA, que a su vez pueden ser estáticas o dinámicas.

Los ensayos de compresión, tracción y flexión con cargas estáticas son los que más se suelen realizar.

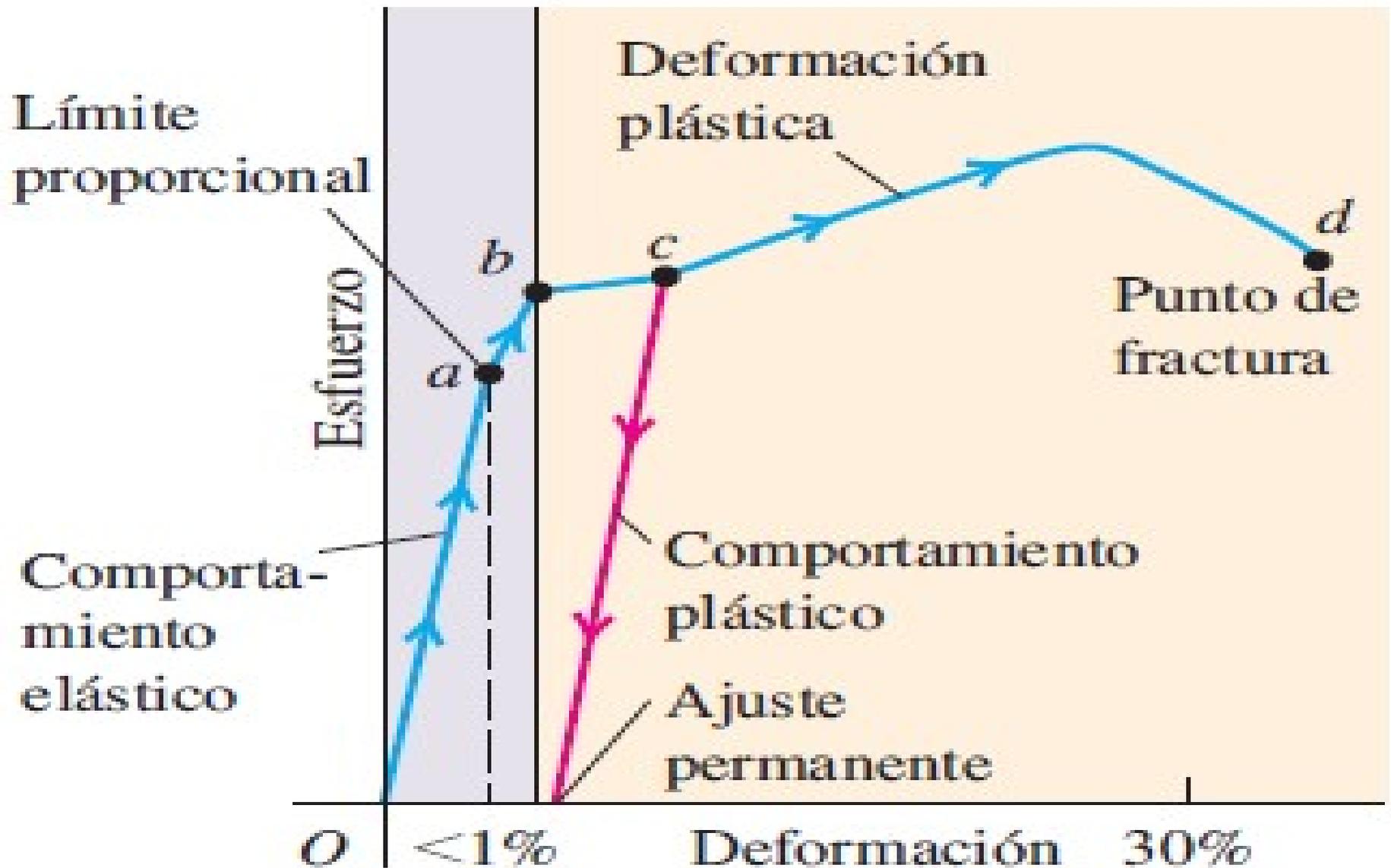
▪

Los ensayos de TRACCIÓN se realizan con los materiales dúctiles con un cierto grado de plasticidad, tales como los materiales metálicos ferrosos y no ferrosos, plásticos, gomas, fibras, etc.

Los ensayos de COMPRESIÓN y FLEXIÓN se realizan con los materiales frágiles, tales como los materiales refractarios, el hormigón, cerámicos, etc. estos materiales poseen una baja resistencia a la tracción en comparación con la de compresión.

# CURVA TENSION - DEFORMACIÓN

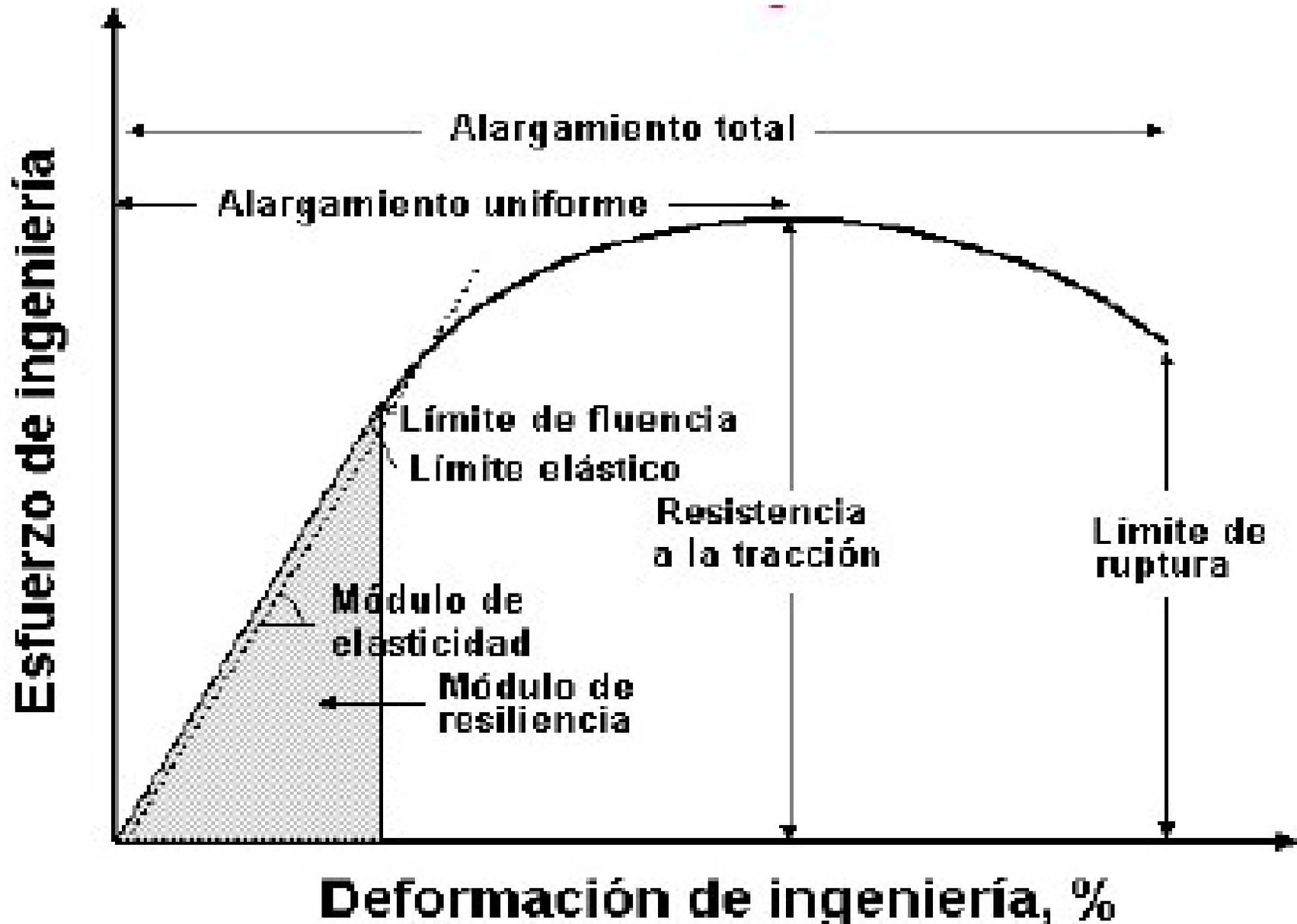
Límite elástico o punto de relajamiento



# Esfuerzo de rotura

<b>Material</b>	<b>Esfuerzo de rotura (Pa o N/m<sup>2</sup>)</b>
Aluminio	$2.2 \times 10^8$
Latón	$4.7 \times 10^8$
Vidrio	$10 \times 10^8$
Hierro	$3.0 \times 10^8$
Bronce fosforado	$5.6 \times 10^8$
Acero	$5 - 20 \times 10^8$

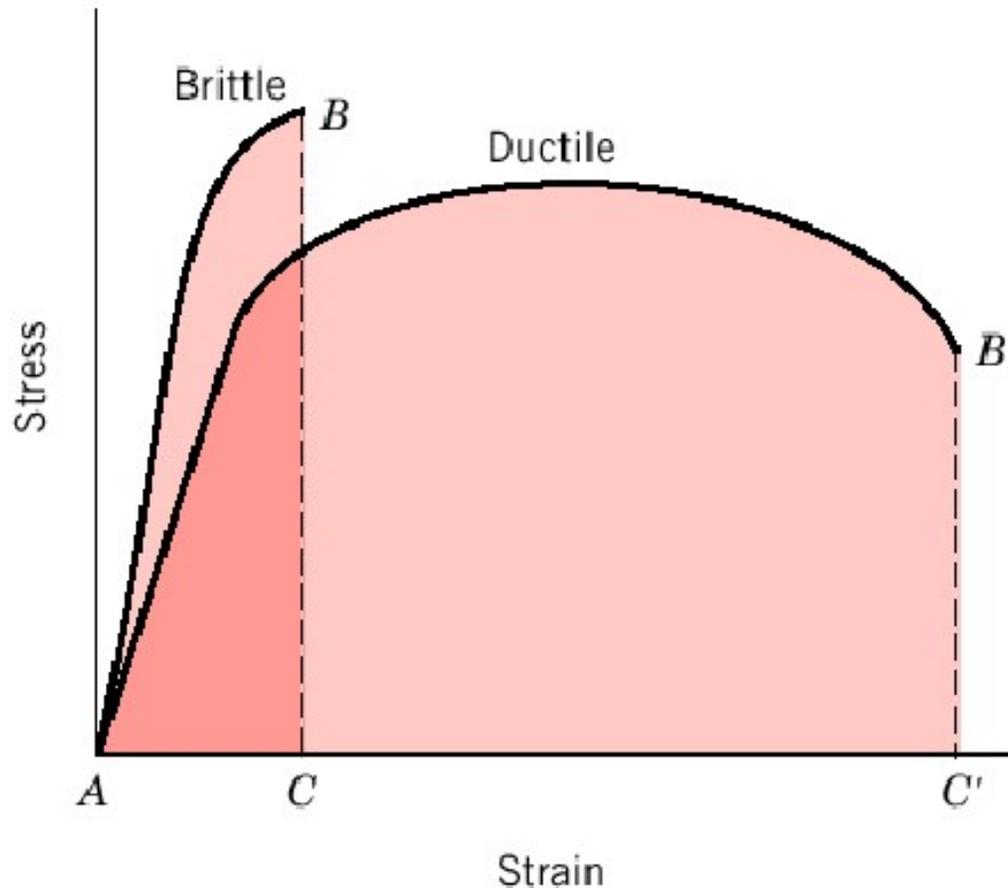
# Determinación de propiedades mecánicas a partir de la curva de tracción



## FORMA GENERAL DE LA CURVA TENSIÓN DEFORMACIÓN DE UN MATERIAL DÚCTIL Y DE UN MATERIAL FRÁGIL

Se puede observar que los materiales dúctiles rompen después de experimentar una deformación apreciable, mientras que los materiales frágiles rompen después de pequeñas deformaciones.

Las curvas TENSIÓN - DEFORMACIÓN nos permiten determinar las principales características mecánicas de los materiales, así, se pueden estimar una serie de importantes propiedades tales como :



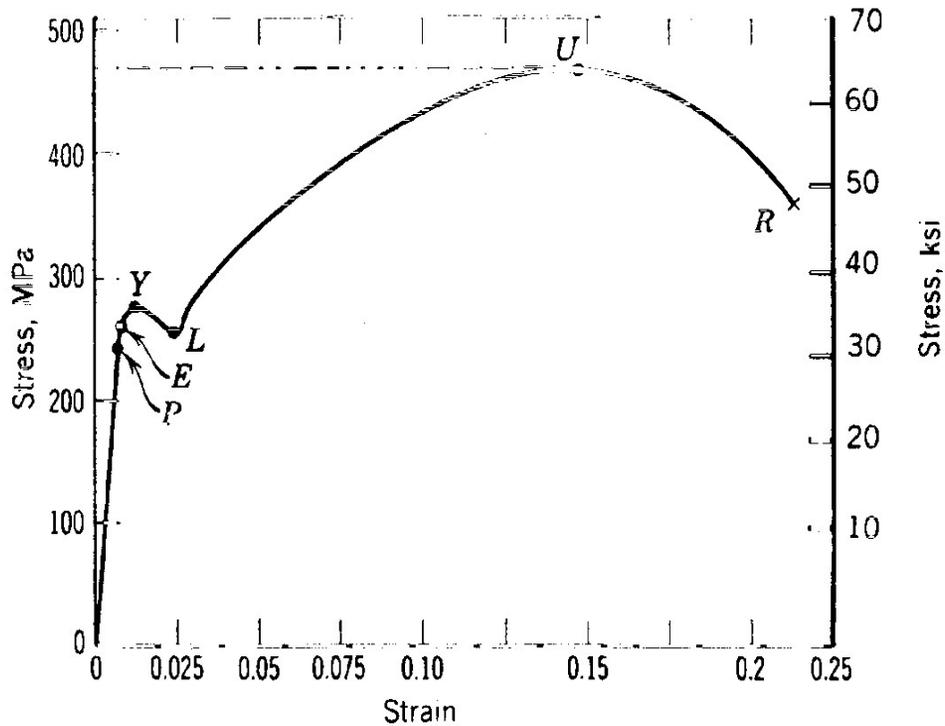
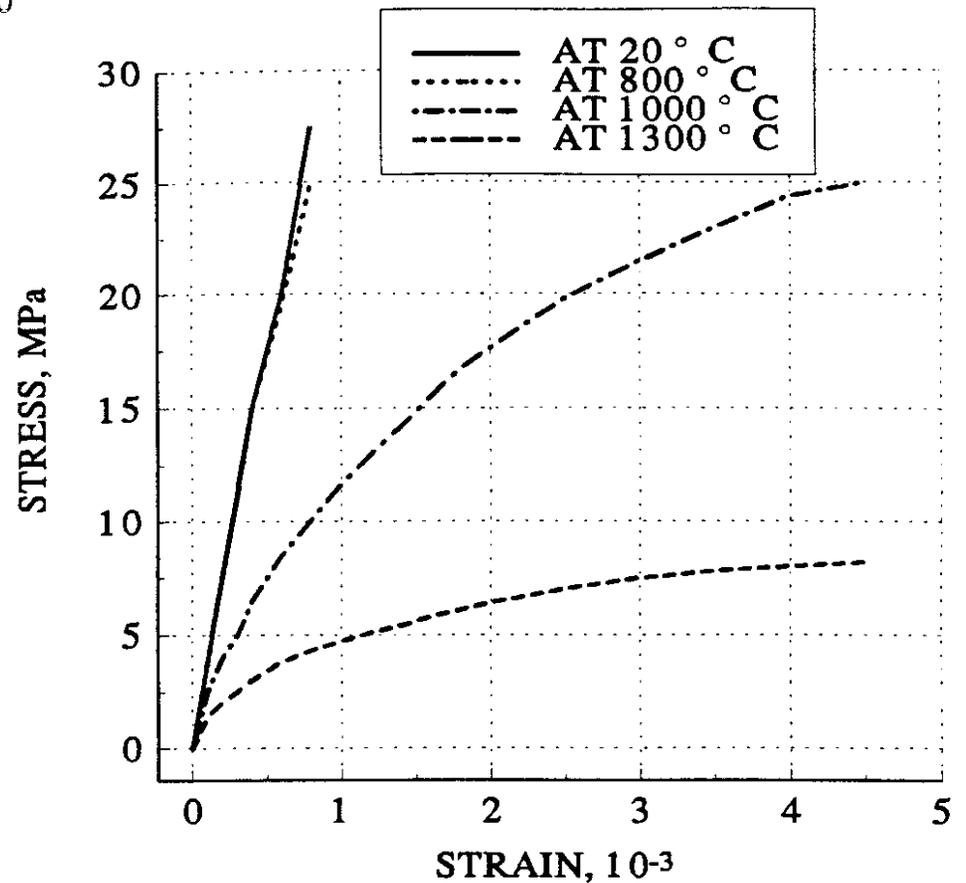
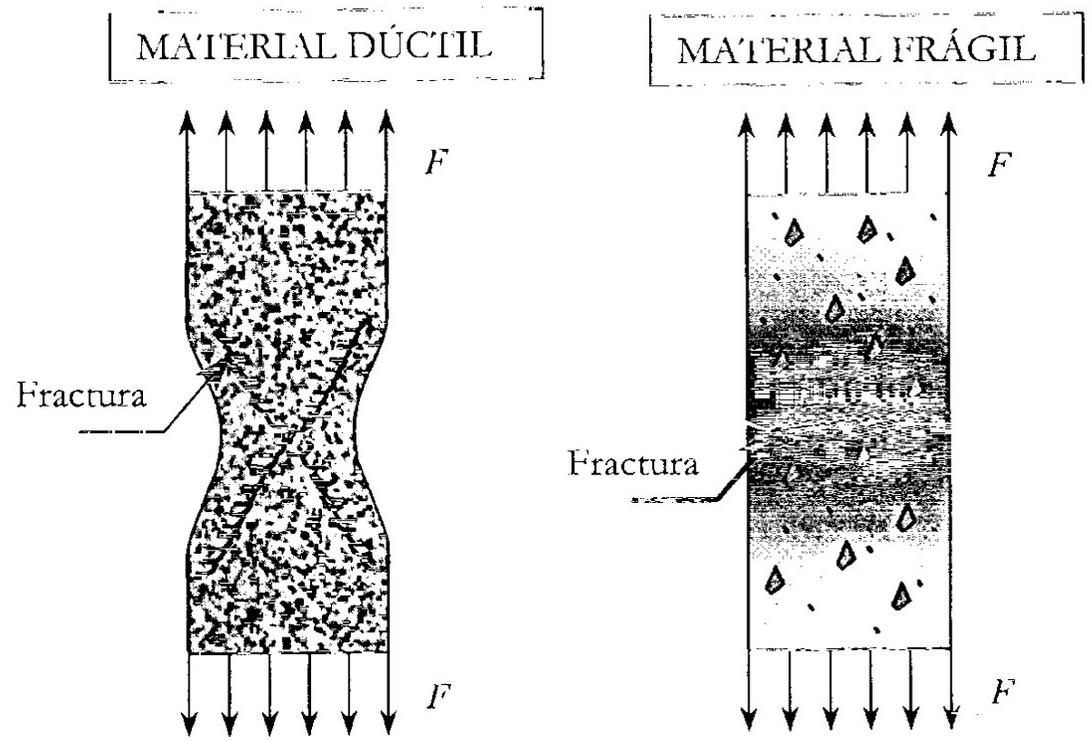
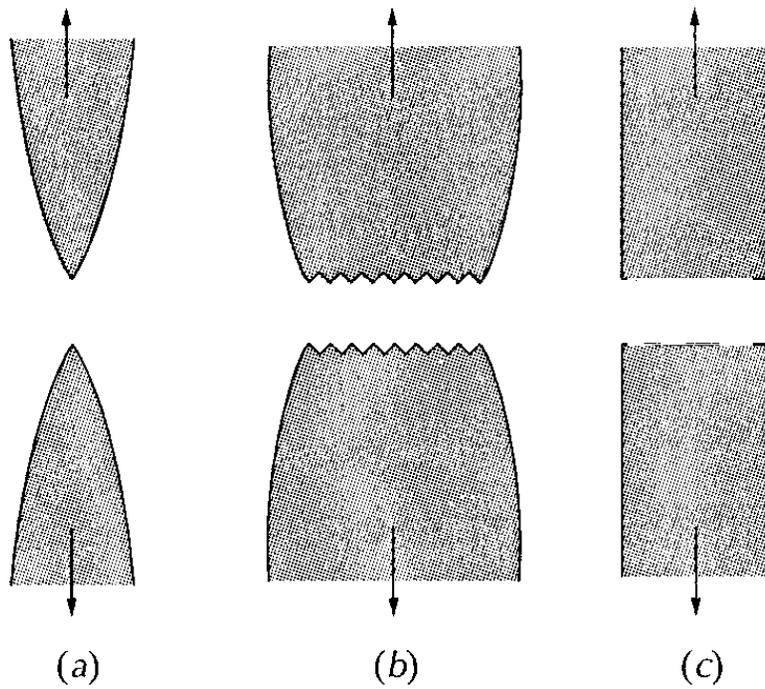


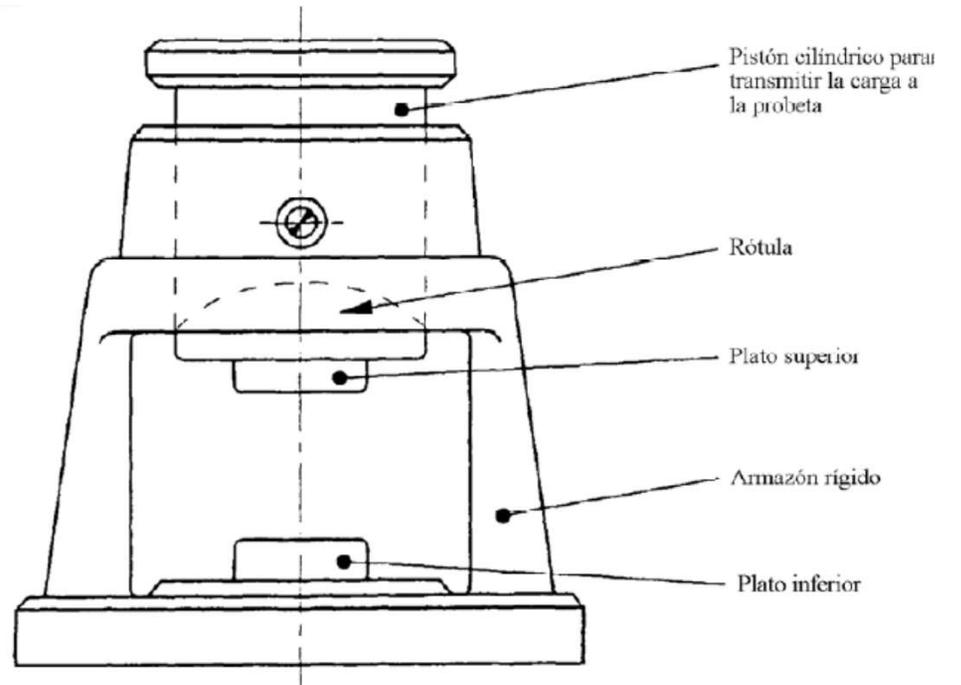
Diagrama tensión - deformación de un acero sometido a tracción.

Diagrama tensión - deformación de un material refractario con un 70 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en función de la temperatura y ensayado a compresión.



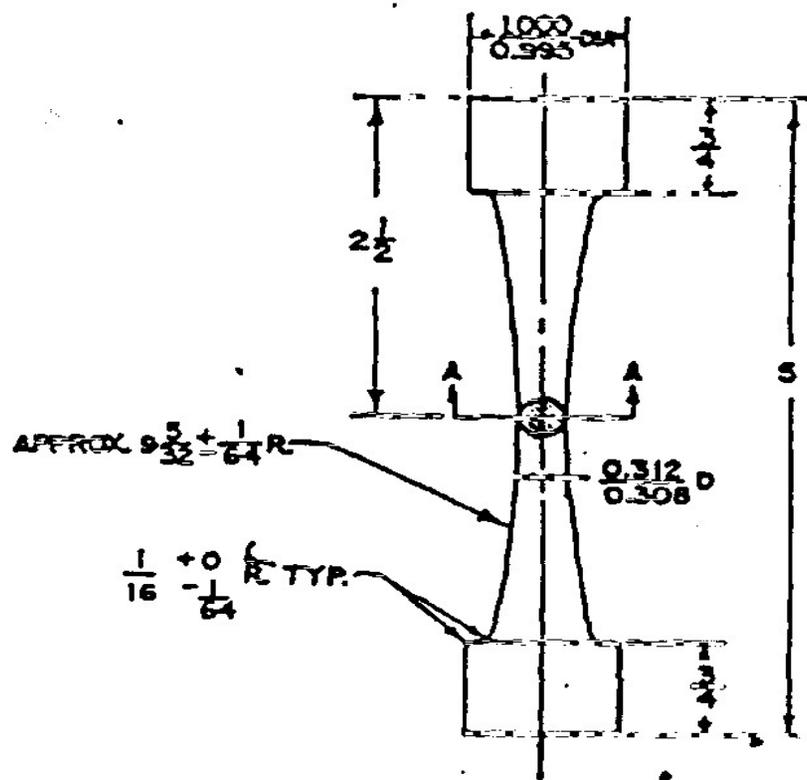


- (a) Fractura muy dúctil en la cual la probeta se estricciona hasta llegar a un punto.
- (b) Fractura moderadamente dúctil después de cierta estricción.
- (c) Fractura frágil sin ninguna deformación plástica.



El ENSAYO DE TRACCION se realiza muy pocas veces, variando mucho la forma de las probetas según la máquina que se emplee, no estando normalizado en casi ningún país. la resistencia a la tracción de los materiales refractarios varía entre  $1/8$  y  $1/57$  de la resistencia a la compresión, tomándose como término medio  $1/28$  de la resistencia a la compresión

No se suele hacer debido al alto coste de la preparación de la probeta a ensayar y por otro que se requiere un alineamiento extremadamente bueno de la dirección de la carga y del eje de la probeta durante el ensayo, ya que cualquier desalineamiento introduce tensiones de flexión lo que hace que la medida de la resistencia a la tracción sea incierta.



NOTE: All Dimensions In Inches

SECTION A-A

