



# Resumen de Ecuaciones

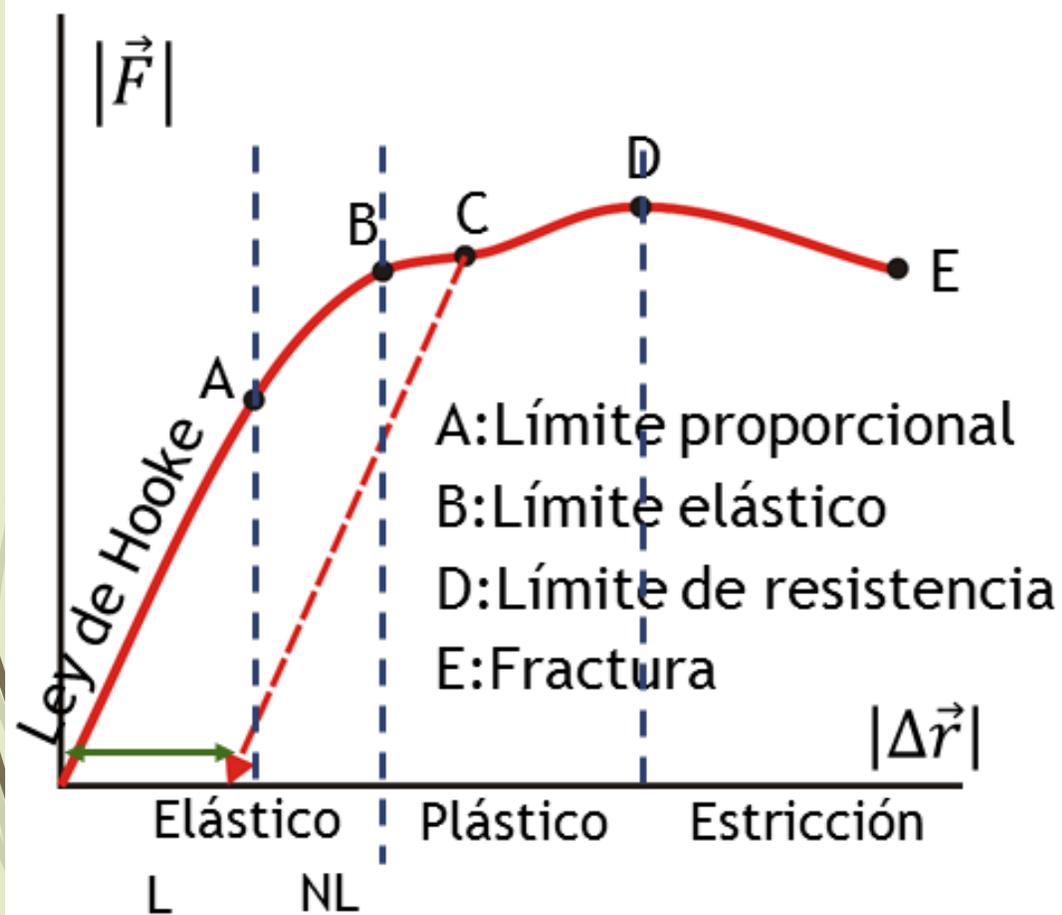
**Capítulo 5: Propiedades de los Materiales**

# Elasticidad

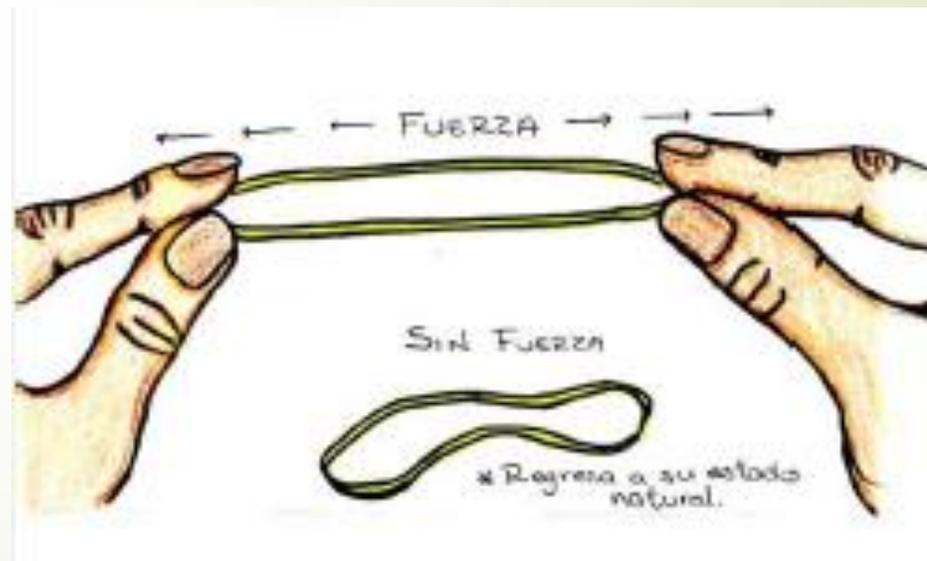
## Ley de Hooke

$$F = k \Delta L$$

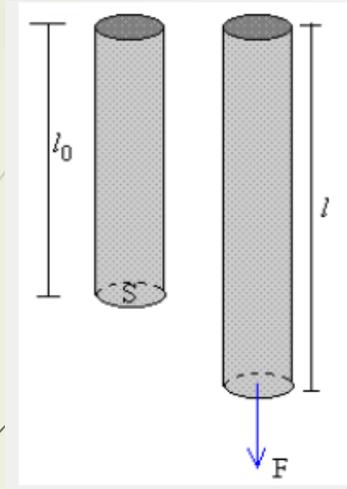
donde  $k$  es la constante elástica del material.



**ELASTICIDAD:** Propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores.



## Deformación



Deformación Unitaria ( $\varepsilon$ ), se puede definir como la relación existente entre la **deformación total** ( $\Delta l$ ) y la longitud inicial del elemento ( $l_0$ ), la cual permitirá determinar la deformación del elemento sometido a esfuerzos de tensión o compresión axial.

$$\text{Deformación} = \Delta l = l - l_0$$

$$\text{Deformación unitaria} = \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Sin dimensiones

$l_0$ =longitud cuerpo inicial

$l$ = longitud del cuerpo final

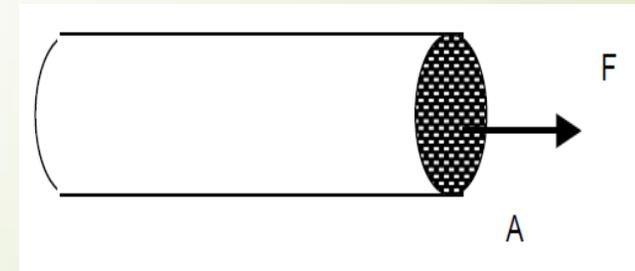
$$l = l_0 + \Delta l$$

## Esfuerzo, $\sigma$

Para estudiar la reacción de los materiales a las fuerzas externas que se les aplican, se utiliza el concepto de esfuerzo

$$\text{Esfuerzo} = \sigma = \frac{F}{A}; \quad [\sigma] = \frac{N}{m^2}$$

Unidades en **SI**



# Módulo de Young

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A}{\Delta l/l_0}$$

$$F = \frac{EA}{l_0} \Delta l$$

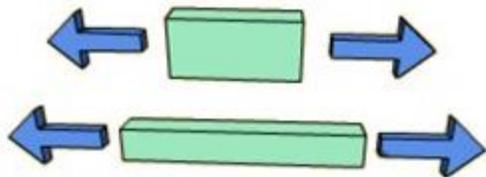
$$\Delta l = \frac{1}{E} \frac{F}{A} l_0$$

Ley de Hooke  $F = k\Delta l$

$$k = \frac{EA}{l_0}$$

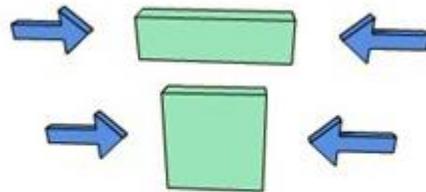
## Tipos de Esfuerzo

### TRACCIÓN



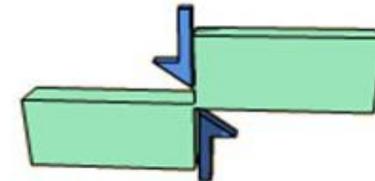
Recibe dos fuerzas o cargas opuestas que provocan el estiramiento de la estructura.

### COMPRESIÓN



Recibe dos fuerzas o cargas opuestas que provocan que la estructura se comprima por aplastamiento.

### CORTE O CIZALLADURA



Recibe dos fuerzas o cargas opuestas que tienden a romper o cortar la estructura.

$$\Delta l = \frac{1}{E} \frac{F}{A} l_0$$

$$\Delta l = \frac{1}{G} \frac{F}{A} l_0$$

Módulo de Corte

## Cambio de volumen

$$\Delta V = -\frac{1}{B} V_0 \Delta P$$

Si un objeto está sometido a fuerzas hacia adentro por todos lados, su volumen disminuirá.

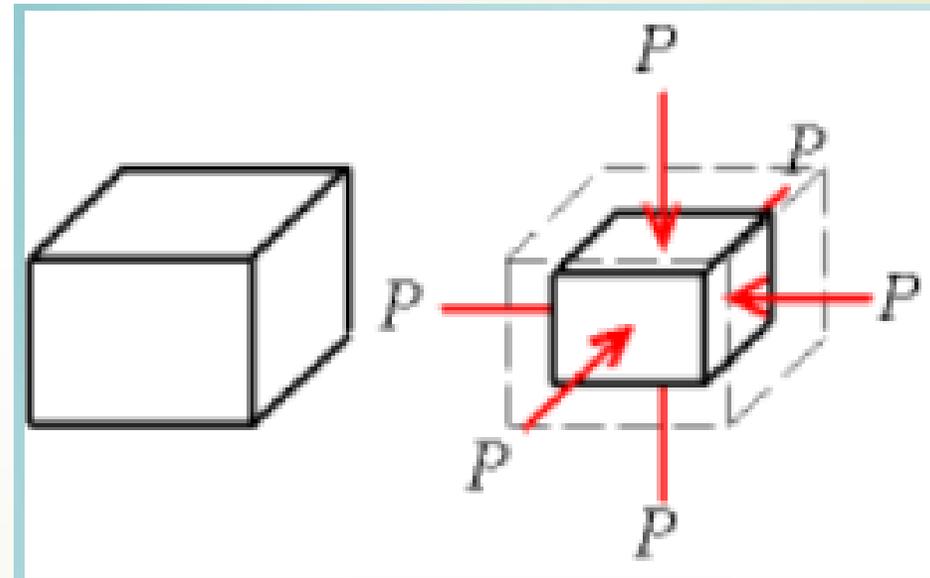
El signo menos significa que el volumen *disminuye* si la presión aumenta.

Módulo volumétrico

$$B = -\frac{\Delta P}{\Delta V / V_0}$$

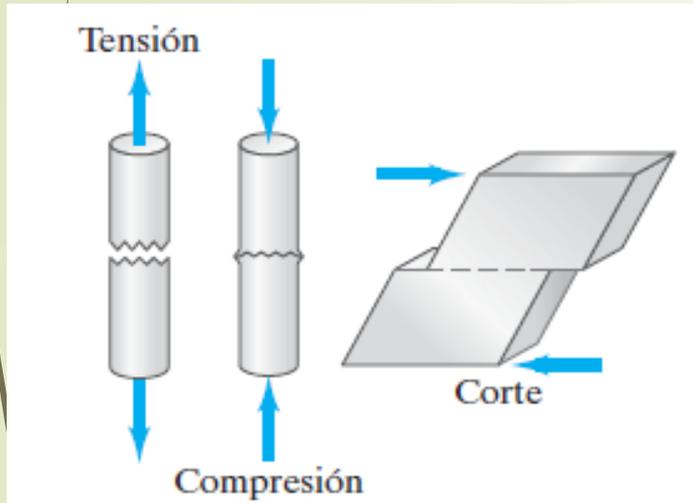
Unidades en el SI

$$[B] = \frac{N}{m^2}$$



Material	Módulo de Young, $E$ (N/m <sup>2</sup> )	Módulo de corte, $G$ (N/m <sup>2</sup> )	Módulo volumétrico, $B$ (N/m <sup>2</sup> )
<i>Sólidos</i>			
Hierro colado	$100 \times 10^9$	$40 \times 10^9$	$90 \times 10^9$
Acero	$200 \times 10^9$	$80 \times 10^9$	$140 \times 10^9$
Bronce	$100 \times 10^9$	$35 \times 10^9$	$80 \times 10^9$
Aluminio	$70 \times 10^9$	$25 \times 10^9$	$70 \times 10^9$
Concreto	$20 \times 10^9$		
Ladrillo	$14 \times 10^9$		
Mármol	$50 \times 10^9$		$70 \times 10^9$
Granito	$45 \times 10^9$		$45 \times 10^9$
Madera (pino)	(paralelo al grano)	$10 \times 10^9$	
	(perpendicular al grano)	$1 \times 10^9$	
Nylon	$5 \times 10^9$		
Hueso (extremidad)	$15 \times 10^9$	$80 \times 10^9$	
<i>Líquidos</i>			
Agua			$2.0 \times 10^9$
Alcohol (etílico)			$1.0 \times 10^9$
Mercurio			$2.5 \times 10^9$
<i>Gases<sup>†</sup></i>			
Aire, H <sub>2</sub> , He, CO <sub>2</sub>			$1.01 \times 10^5$

**Fractura:** Si el **esfuerzo** es muy grande, el objeto se fracturará.



Fractura como resultado de los tres tipos de esfuerzos.

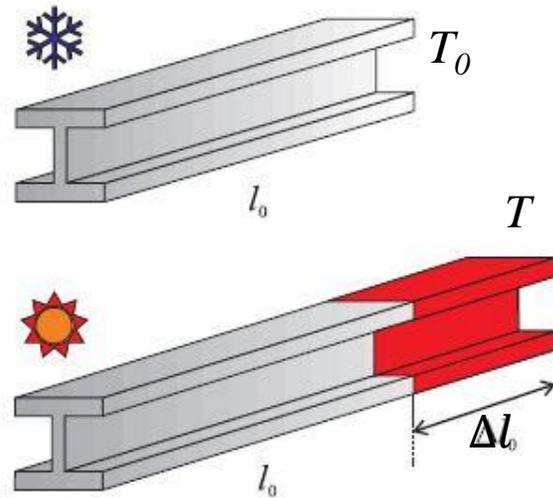
Al diseñar una estructura, para evitar la rotura se considera el factor de seguridad que va de **1/3** a **1/10** de la resistencia a la rotura.

Material	Resistencia a tensión (N/m <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (N/m <sup>2</sup> )	Resistencia al corte (N/m <sup>2</sup> )
Hierro colado	$170 \times 10^6$	$550 \times 10^6$	$170 \times 10^6$
Acero	$500 \times 10^6$	$500 \times 10^6$	$250 \times 10^6$
Bronce	$250 \times 10^6$	$250 \times 10^6$	$200 \times 10^6$
Aluminio	$200 \times 10^6$	$200 \times 10^6$	$200 \times 10^6$
Concreto	$2 \times 10^6$	$20 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
Ladrillo		$35 \times 10^6$	
Mármol		$80 \times 10^6$	
Granito		$170 \times 10^6$	
Madera (pino)	(paralelo al grano) (perpendicular al grano)	$40 \times 10^6$ $35 \times 10^6$	$5 \times 10^6$ $10 \times 10^6$
Nylon	$500 \times 10^6$		
Hueso (extremidad)	$130 \times 10^6$	$170 \times 10^6$	

# Dilatación Térmica

Si  $\Delta T$  es positivo entonces la longitud aumenta (se dilata).

$\Delta T$  es negativo entonces la longitud disminuye (se contrae).

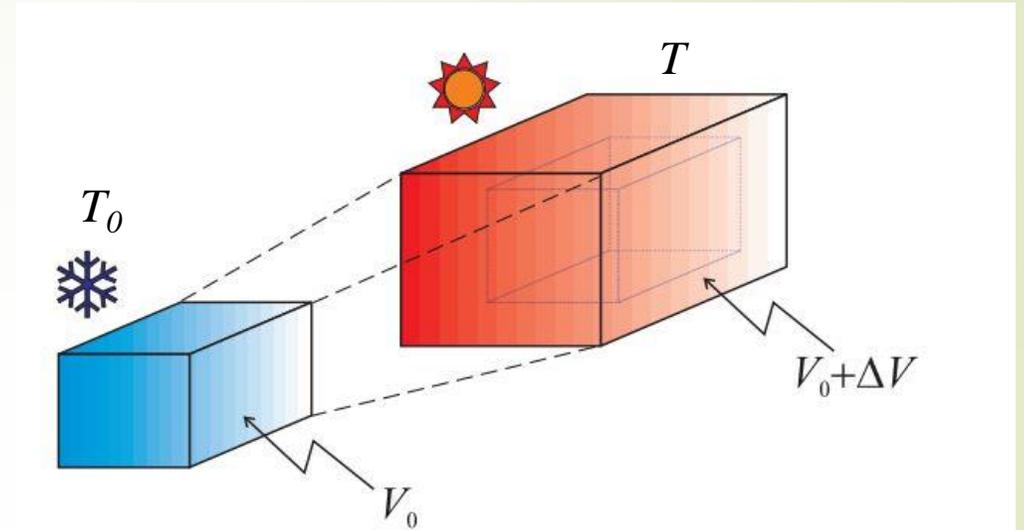


$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T \quad \longrightarrow \quad \Delta T = T - T_0$$

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta T)$$

$\alpha$  es el coeficiente de expansión lineal

$$[\alpha] = \frac{1}{^\circ\text{C}} = ^\circ\text{C}^{-1}$$



$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

$$V = V_0(1 + \beta \Delta T)$$

$\beta$  es el coeficiente de expansión volumétrica

$$[\beta] = \frac{1}{^\circ\text{C}} = ^\circ\text{C}^{-1}$$

# Coeficiente de expansión Térmica cerca de los 20°C

Material	Coeficiente de expansión lineal, $\alpha$ (C°) <sup>-1</sup>	Coeficiente de expansión volumétrica, $\beta$ (C°) <sup>-1</sup>
<i>Sólidos</i>		
Aluminio	$25 \times 10^{-6}$	$75 \times 10^{-6}$
Latón	$19 \times 10^{-6}$	$56 \times 10^{-6}$
Cobre	$17 \times 10^{-6}$	$50 \times 10^{-6}$
Oro	$14 \times 10^{-6}$	$42 \times 10^{-6}$
Hierro o acero	$12 \times 10^{-6}$	$35 \times 10^{-6}$
Plomo	$29 \times 10^{-6}$	$87 \times 10^{-6}$
Vidrio (Pyrex®)	$3 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$
Vidrio (ordinario)	$9 \times 10^{-6}$	$27 \times 10^{-6}$
Cuarzo	$0.4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$
Concreto y ladrillo	$\approx 12 \times 10^{-6}$	$\approx 36 \times 10^{-6}$
Mármol	$1.4\text{--}3.5 \times 10^{-6}$	$4\text{--}10 \times 10^{-6}$
<i>Líquidos</i>		
Gasolina		$950 \times 10^{-6}$
Mercurio		$180 \times 10^{-6}$
Alcohol etílico		$1100 \times 10^{-6}$
Glicerina		$500 \times 10^{-6}$
Agua		$210 \times 10^{-6}$
<i>Gases</i>		
Aire (y la mayoría de otros gases a presión atmosférica)		$3400 \times 10^{-6}$

## Esfuerzos Térmicos

$$\frac{F}{A} = \alpha E \Delta T$$

La fuerza que se requiere para mantener el material de su dilatación

$$F = \alpha E \Delta T A$$



# Conversión de Temperatura

<p>De Kelvin a Celsius★</p> $C = K - 273.15$	<p>De Kelvin a Fahrenheit</p> $F = \frac{9(K - 273.15)}{5} + 32$
<p>De Fahrenheit a Celsius</p> $C = \frac{5(F - 32)}{9}$	<p>De Fahrenheit a Kelvin</p> $K = \frac{5(F - 32)}{9} + 273.15$
<p>De Celsius a Kelvin</p> $K = C + 273.15$	<p>De Celsius a Fahrenheit</p> $F = \frac{9C}{5} + 32$

★ Grados Celsius= grados centígrados