



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

ESTABILIDAD II

Dr. Ing. Daniel Ambrosini
Profesor Titular UNCuyo,
Investigador Principal CONICET



UNIDAD 1: CONCEPTOS GENERALES. TENSIONES Y DEFORMACIONES. INTRODUCCIÓN

RESISTENCIA DE MATERIALES

Rama de la Mecánica Aplicada que trata del comportamiento de **cuerpos sólidos deformables** sometidos a distintos tipos de cargas y acciones. *Mecánica de Materiales.*

OBJETIVO

Determinación de las tensiones, deformaciones y desplazamientos en estructuras y componentes y establecer las condiciones de estabilidad hasta la falla.

Comportamiento mecánico completo

DEFINICIONES

RESISTENCIA

Capacidad de una estructura, de sus partes y elementos de **soportar** una acción externa **sin deteriorarse**.

RIGIDEZ

Propiedad de una estructura, de sus partes y elementos de **oponerse** a una acción externa **en lo que se refiere a las deformaciones**.

ESTABILIDAD

Capacidad de una estructura, de sus partes y elementos de **conservar una forma inicial**, determinada por el equilibrio elástico.

HIPÓTESIS GENERALES

Composición y propiedades de materiales

Homogeneidad

Todas las moléculas del material son iguales

Isotropía

El material tiene las mismas propiedades en todas las direcciones

Continuidad

El material llena totalmente el volumen del cuerpo

HIPÓTESIS GENERALES

Carácter de las deformaciones

Pequeñas deformaciones y desplazamientos

Material elástico

Relación lineal tensiones-deformaciones

INTRODUCCIÓN

- *MOTIVACIÓN*
- *ANÁLISIS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES*
- *LIMITACIONES*

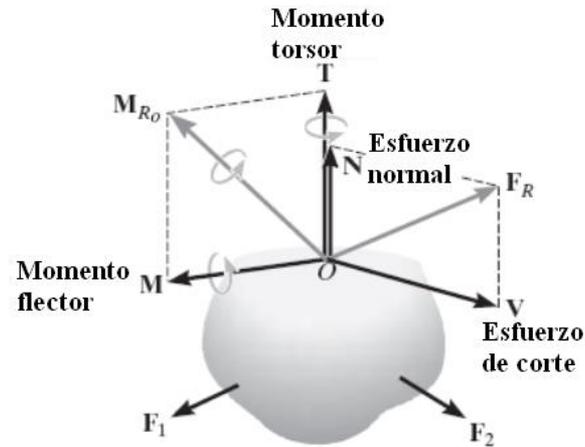
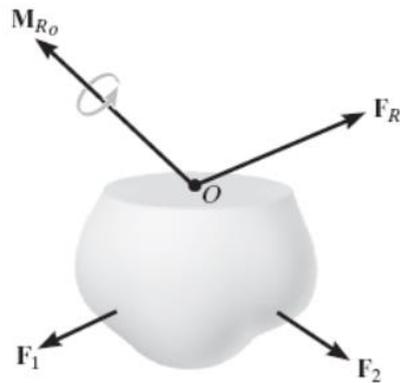
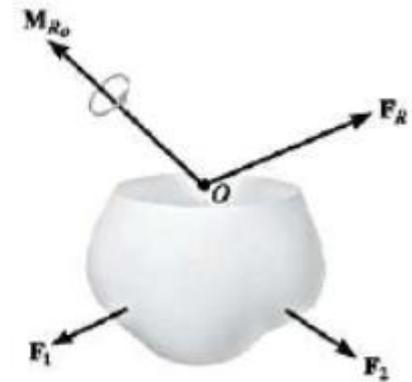
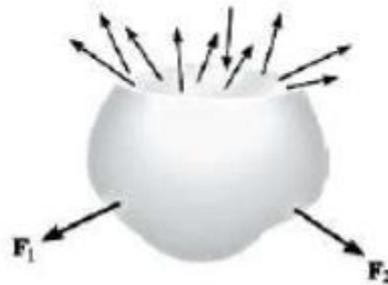
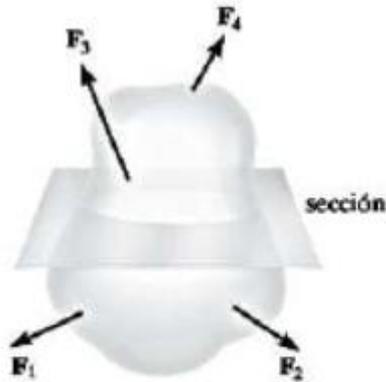
DISEÑO

Obtener las dimensiones seguras de una estructura, siendo conocidas las propiedades de los materiales que la componen.

VERIFICACIÓN

Comprobar que las máximas tensiones y deformaciones a las que está sometida una estructura, siendo conocidas sus dimensiones, son inferiores a los valores admisibles.

ESFUERZOS INTERNOS



ESFUERZOS INTERNOS

ESFUERZO NORMAL - N

Suma de las proyecciones de las fuerzas **internas normales** a la sección. **ó** Suma algebraica de las proyecciones **normales** a la sección de las fuerzas **externas** ubicadas abajo de la sección ó las fuerzas externas ubicadas arriba, cambiadas de signo.

ESFUERZO DE CORTE - Q

Suma de las proyecciones de las fuerzas **internas tangenciales** a la sección. **ó** Suma algebraica de las proyecciones **tangenciales** a la sección de las fuerzas **externas** ubicadas abajo de la sección ó las fuerzas externas ubicadas arriba, cambiadas de signo.

ESFUERZOS INTERNOS

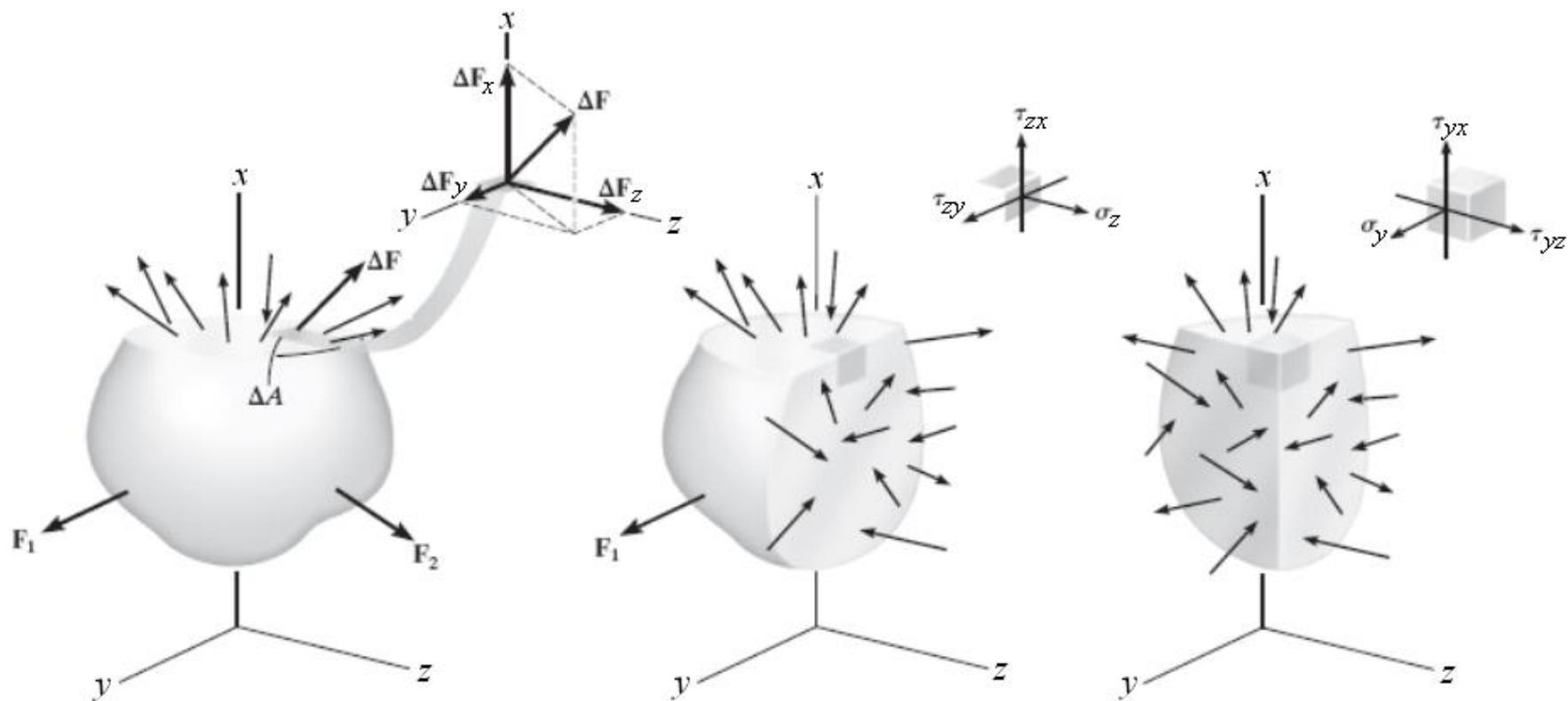
MOMENTO FLECTOR - M

Suma algebraica de los momentos de las fuerzas externas ubicadas abajo de la sección, respecto de los ejes tangenciales a la sección ó los momentos de las fuerzas externas ubicadas arriba, cambiados de signo.

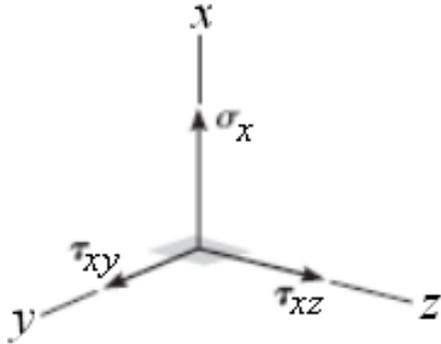
MOMENTO TORSOR - T

Suma algebraica de los momentos de las fuerzas externas ubicadas abajo de la sección, respecto al eje normal a la sección ó los momentos de las fuerzas externas ubicadas arriba, cambiados de signo.

TENSIONES



TENSIONES



TERNA DERECHA

EJE **X**: PULGAR

EJE **Y**: ÍNDICE

EJE **Z**: MAYOR

$$\sigma_x = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_x}{\Delta A} \quad \tau_{xy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_y}{\Delta A} \quad \tau_{xz} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_z}{\Delta A}$$

TENSIÓN

INTENSIDAD DE LA FUERZA.

NO ES UN VECTOR SINO UN TENSOR

UNIDADES

SISTEMA INTERNACIONAL

FUERZA: **N** Newton = Kg. m/seg²

LONGITUD: **m**

MASA: **Kg**

TIEMPO: **seg**

TENSIÓN

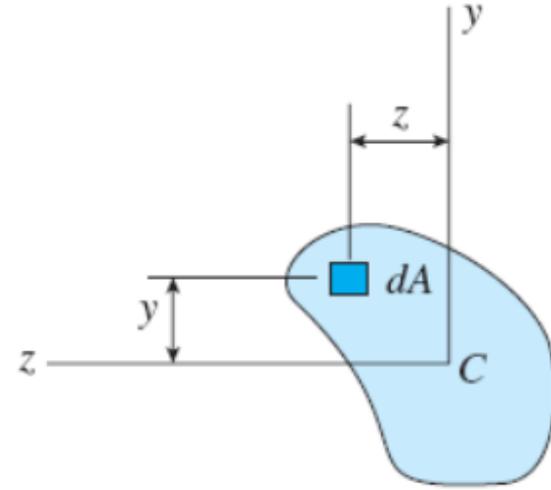
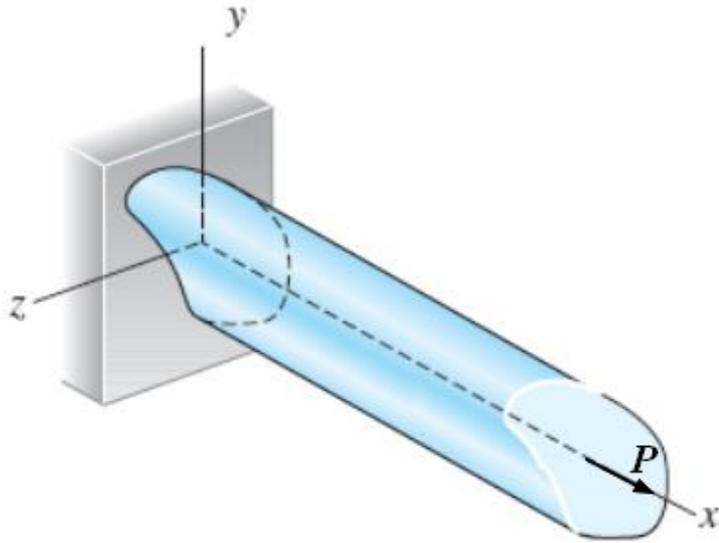
FUERZA/ÁREA = N/m² = **Pa** Pascal.

kPa = 10³ Pa

MPa = 10⁶ Pa

GPa = 10⁹ Pa

RELACIÓN ENTRE ESFUERZOS Y TENSIONES



$$N = \int_A \sigma_x dA \quad M_z = - \int_A \sigma_x y dA \quad M_y = \int_A \sigma_x z dA$$

$$Q_y = \int_A \tau_{xy} dA \quad Q_z = \int_A \tau_{xz} dA \quad T = \int_A (\tau_{xz} y - \tau_{xy} z) dA$$

DEFORMACIONES

Cambio de dimensiones en los cuerpos reales a causa de las acciones externas (fuerzas, cambios de temperatura, etc.).

Tipos: Deformaciones elásticas y plásticas

DESPLAZAMIENTOS

Cambio de la ubicación en el espacio de los puntos materiales

Tipos: Desplazamientos de cuerpo rígido y de deformación

Inglés: 3 palabras

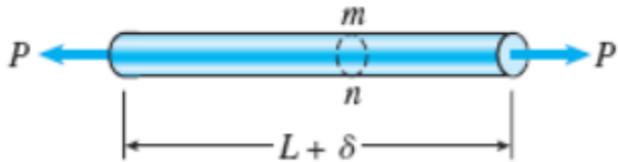
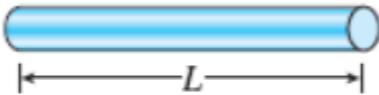
Strain: Deformación

Deformation: Desplazamiento de deformación

Displacement: Desplazamiento de cuerpo rígido

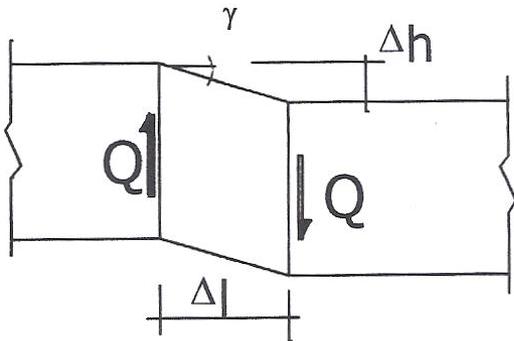
TIPOS DE DEFORMACIONES

a) Axial



$$\epsilon = \frac{\delta}{L}$$

b) Corte



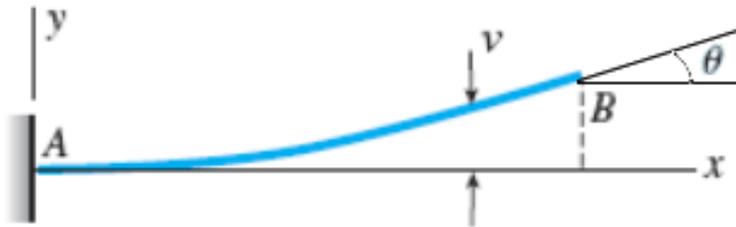
$$\gamma \cong \text{tg } \gamma = \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

TIPOS DE DEFORMACIONES

c) Flexión

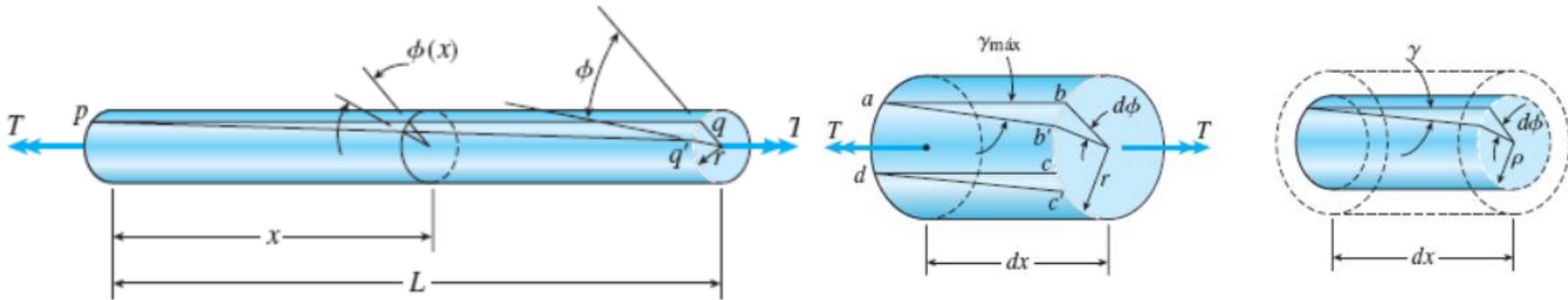


$$\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M}{EI}$$



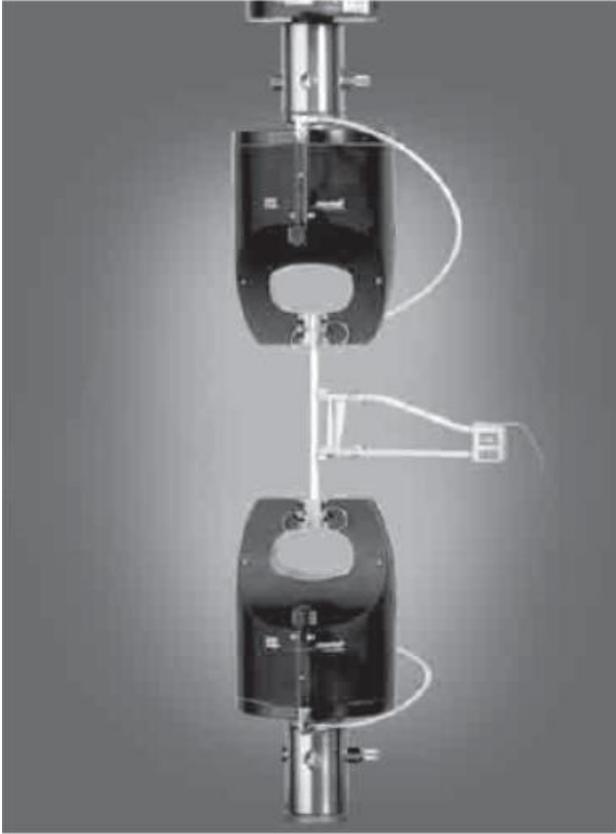
$$\theta \approx \tan \theta = \frac{dv}{dx}$$

d) Torsión



$$\gamma_{\text{máx}} = r\theta = \frac{r\phi}{L}$$

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

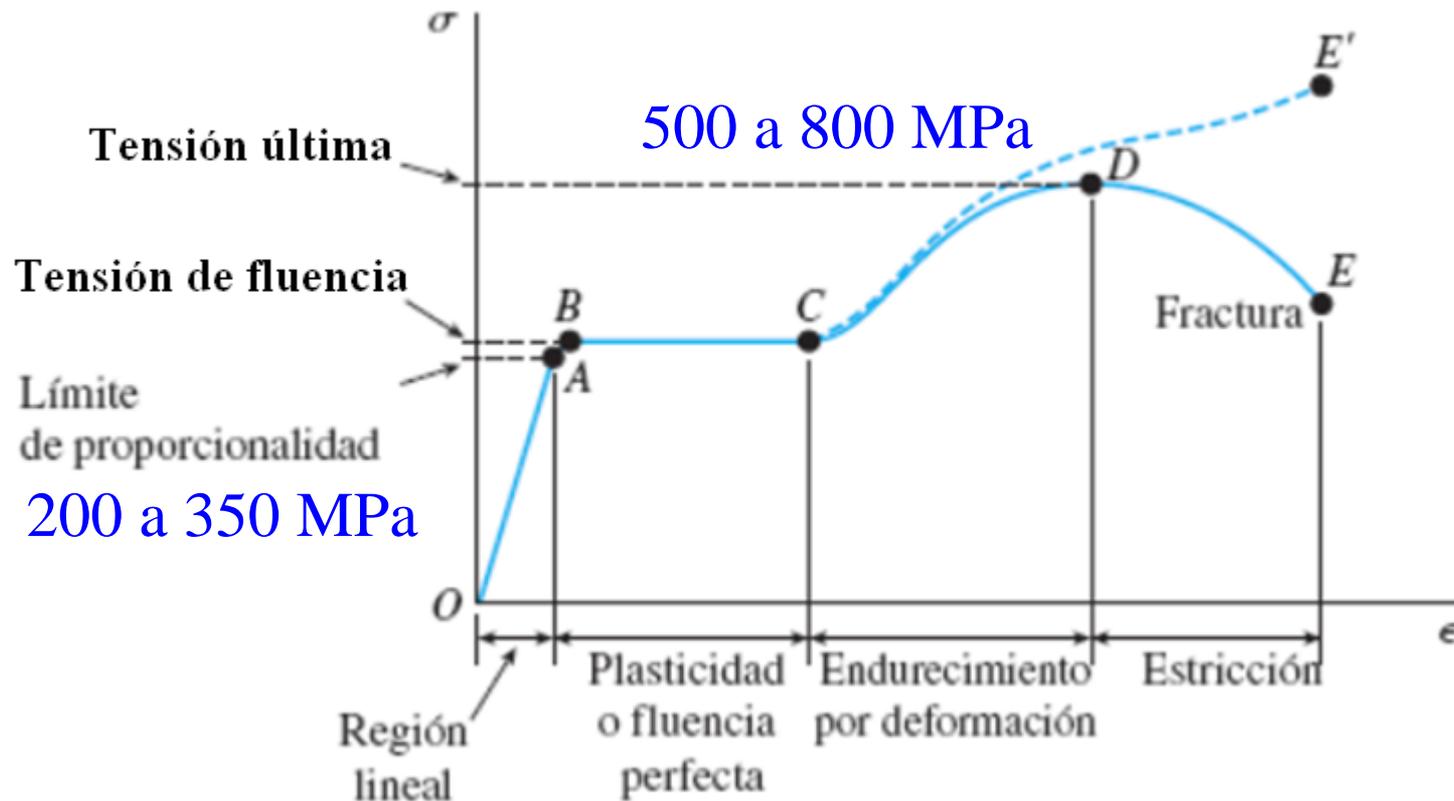


ENSAYO DE TRACCIÓN



ENSAYO DE COMPRESIÓN

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES



Tensión

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

Nominal
Verdadera

Deformación

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

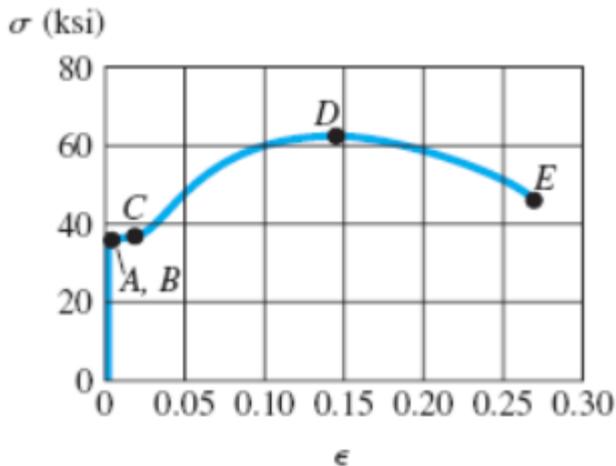
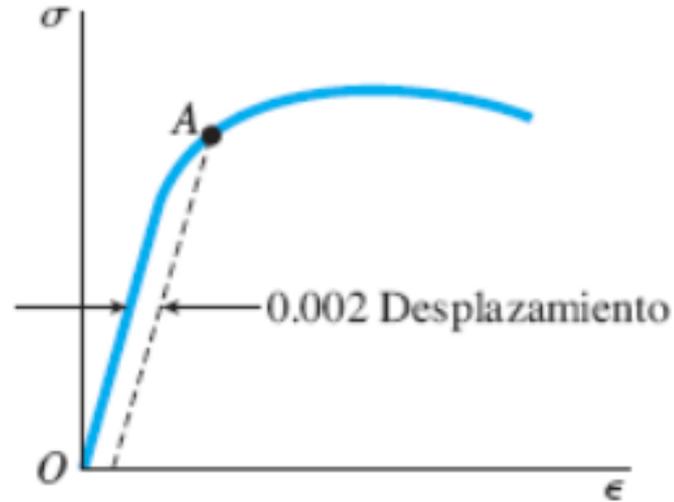
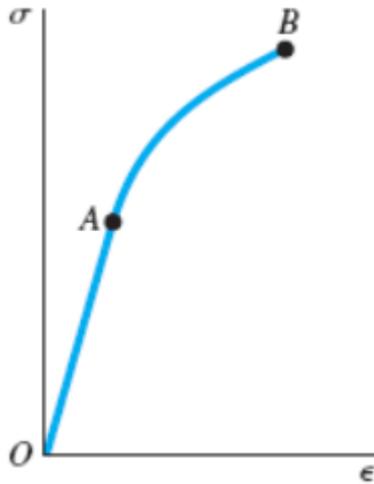
Nominal
Verdadera

TABLA H.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

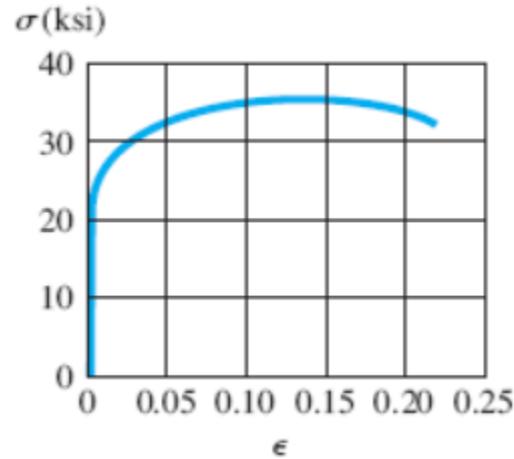
Material	Esfuerzo de fluencia σ_Y		Esfuerzo último σ_U		Porcentaje de alargamiento (longitud calibrada 2 in)
	ksi	MPa	ksi	MPa	
Acero					
De alta resistencia	50-150	340-1000	80-180	550-1200	5-25
Para maquinaria	50-100	340-700	80-125	550-860	5-25
Para resortes	60-240	400-1600	100-270	700-1900	3-15
Inoxidable	40-100	280-700	60-150	400-1000	5-40
Para herramientas	75	520	130	900	8
Acero, estructural	30-100	200-700	50-120	340-830	10-40
ASTM-A36	36	250	60	400	30
ASTM-A572	50	340	70	500	20
ASTM-A514	100	700	120	830	15
Aleaciones de aluminio	5-70	35-500	15-80	100-550	1-45
2014-T6	60	410	70	480	13
6061-T6	40	270	45	310	17
7075-T6	70	480	80	550	11
Aleaciones de magnesio	12-40	80-280	20-50	140-340	2-20
Aleaciones de titanio	110-150	760-1000	130-170	900-1200	10
Alambre de acero	40-150	280-1000	80-200	550-1400	5-40
Bronce	12-100	82-690	30-120	200-830	5-60
Caucho	0.2-1.0	1-7	1-3	7-20	100-800
Cobre y aleaciones de cobre	8-110	55-760	33-120	230-830	4-50
Concreto (compresión)			1.5-10	10-70	
Fundición gris (compresión)			50-200	340-1400	
Fundición gris (tensión)	17-42	120-290	10-70	69-480	0-1
Latón	10-80	70-550	30-90	200-620	4-60
Madera (flexión)					
Abeto Douglas	5-8	30-50	8-12	50-80	
Roble	6-9	40-60	8-14	50-100	
Pino del sur	6-9	40-60	8-14	50-100	
Madera (compresión paralela a la veta)					
Abeto Douglas	4-8	30-50	6-10	40-70	
Roble	4-6	30-40	5-8	30-50	
Pino del sur	4-8	30-50	6-10	40-70	
Monel (67% Ni, 30% Cu)	25-160	170-1100	65-170	450-1200	2-50

Materiales

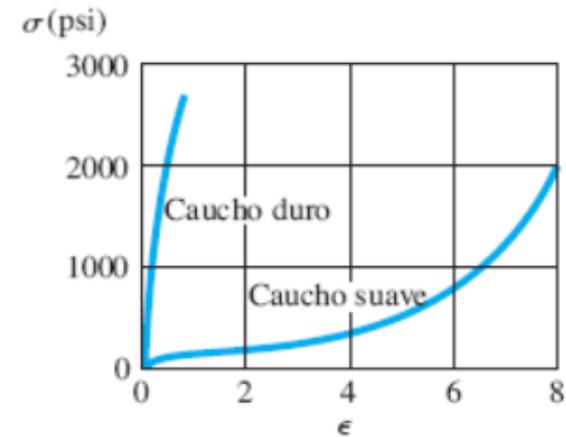
Dúctiles: Grandes deformaciones antes de la rotura
Frágiles: Pequeñas deformaciones antes de la rotura



Acero estructural

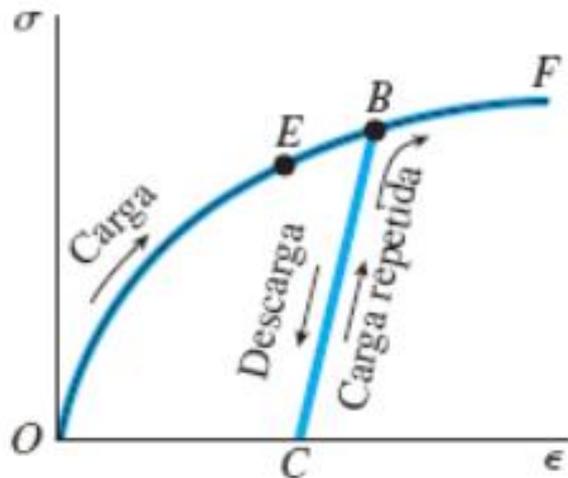
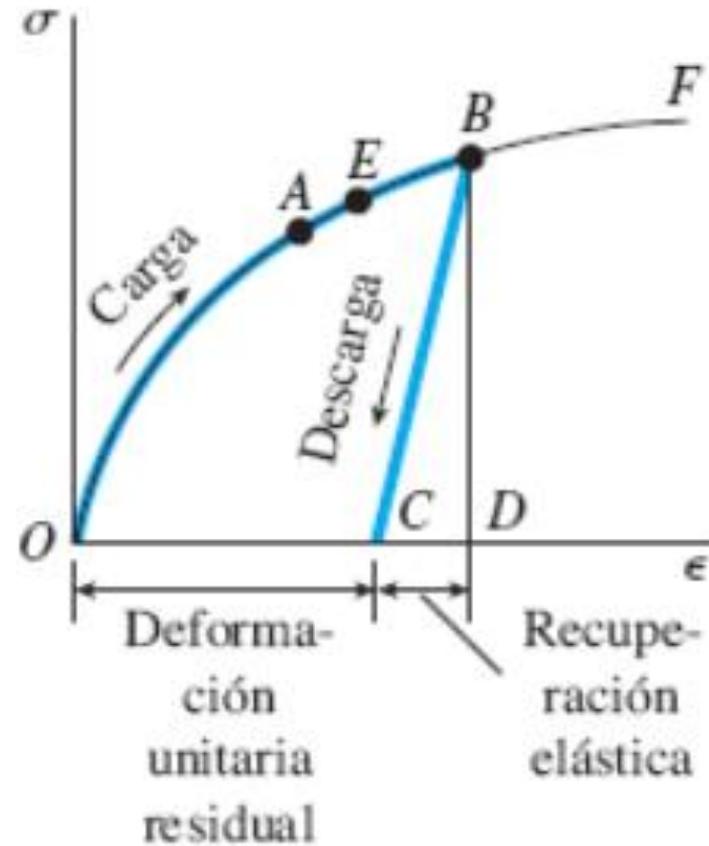
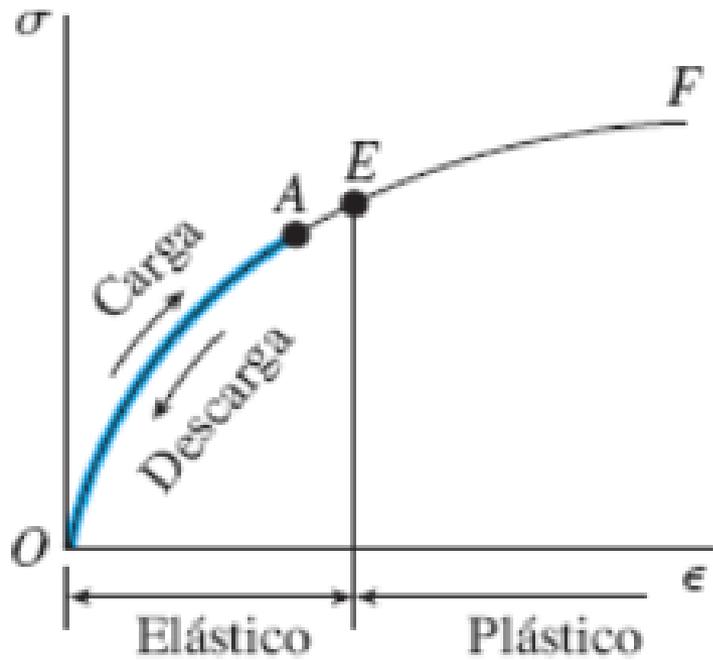


Aluminio



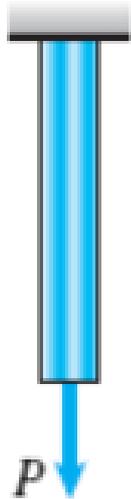
Caucho

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

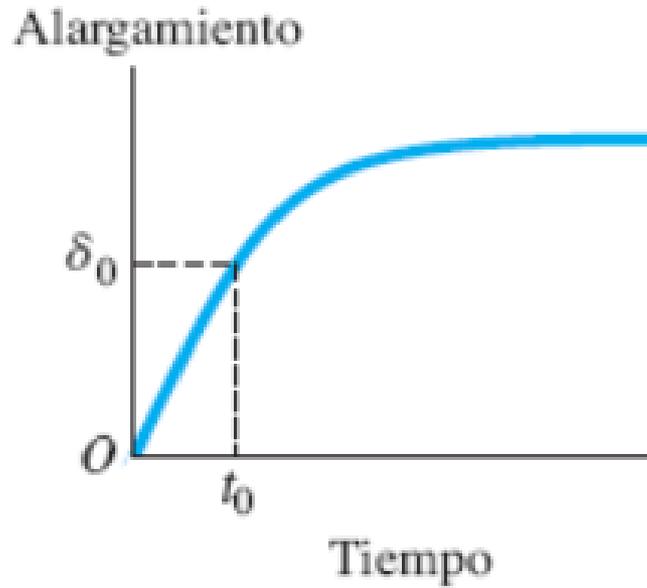


**ENDURECIMIENTO
POR DEFORMACIÓN**

FLUJO PLÁSTICO



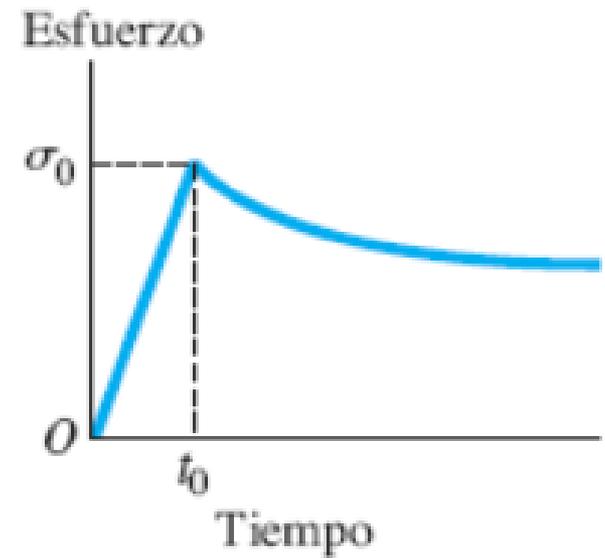
(a)



(b)



(a)



LEY DE HOOKE

ROBERT HOOKE (1676) – UT TENSIO SIC VIS

$$\sigma = E \epsilon$$

E = MÓDULO DE ELASTICIDAD – MÓDULO DE YOUNG

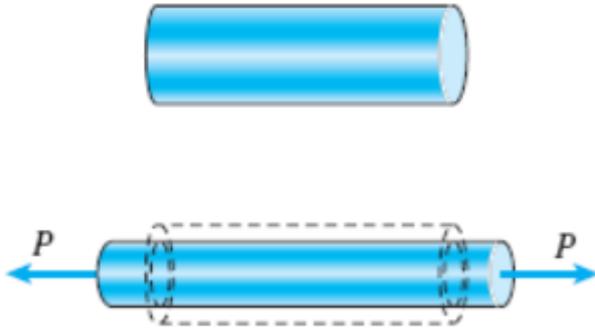
E = 210 GPa – ACERO

E = 70 GPa – ALUMINIO

E = 30 GPa – HORMIGÓN

E = 15 GPa – MADERA

COEFICIENTE DE POISSON



$$\nu = - \frac{\text{deformación unitaria lateral}}{\text{deformación unitaria axial}} = - \frac{\epsilon'}{\epsilon}$$

$$0 \leq \nu \leq 0.5.$$

$$\nu = 0.25 \text{ a } 0.35 - \text{METALES}$$

$$\nu = 0.2 - \text{HORMIGÓN}$$

$$\nu = 0.5 - \text{CAUCHO}$$

$$\nu = 0 - \text{CORCHO}$$

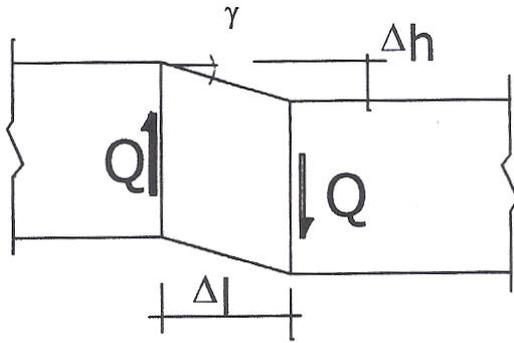


APÉNDICE H Propiedades de los materiales

TABLA H.2 MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y RELACIONES DE POISSON

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de elasticidad G		Relación de Poisson ν
	ksi	GPa	ksi	GPa	
Acero	28,000–30,000	190–210	10,800–11,800	75–80	0.27–0.30
Aleaciones de aluminio	10,000–1,400	70–79	3800–4300	26–30	0.33
2014-T6	10,600	73	4000	28	0.33
6061-T6	10,000	70	3800	26	0.33
7075-T6	10,400	72	3900	27	0.33
Aleaciones de magnesio	15,000–17,000	100–120	5600–6400	39–44	0.33
Aleaciones de titanio	6000–6500	41–45	2200–2400	15–17	0.35
Bronce	14,000–17,000	96–120	5200–6300	36–44	0.34
Concreto (compresión)	2500–4500	17–31			0.1–0.2
Cobre y aleaciones de cobre	16,000–18,000	110–120	5800–6800	40–47	0.33–0.36
Caucho	0.1–0.6	0.0007–0.004	0.03–0.2	0.0002–0.001	0.45–0.50
Fundición gris	12,000–25,000	83–170	4600–10,000	32–69	0.2–0.3
Latón	14,000–16,000	96–110	5200–6000	36–41	0.34
Madera (flexión)					
Abeto Douglas	1600–1900	11–13			
Roble	1600–1800	11–12			
Pino del sur	1600–2000	11–14			
Monel (67% Ni, 30% Cu)	25,000	170	9500	66	0.32
Níquel	30,000	210	11,400	80	0.31
Plástico					
Nailon	300–500	2.1–3.4			0.4
Polietileno	100–200	0.7–1.4			0.4
Roca (compresión)					
Granito, mármol, cuarzo	6000–14,000	40–100			0.2–0.3
Caliza, arenisca	3000–10,000	20–70			0.2–0.3
Tungsteno	50,000–55,000	340–380	21,000–23,000	140–160	0.2
Vidrio	7000–12,000	48–83	2700–5100	19–35	0.17–0.27

LEY DE HOOKE EN CORTANTE



$$\gamma \cong \text{tg } \gamma = \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

$$\tau = G\gamma$$

G = MÓDULO DE ELASTICIDAD TRANSVERSAL

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

TENSIONES Y CARGAS ADMISIBLES

$$\text{Coeficiente de seguridad} = n = CS = \frac{\text{Resistencia real}}{\text{Resistencia requerida}} \geq 1$$

$$\text{Tensión admisible} = \frac{\text{Tensión de fluencia}}{CS}$$

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{\sigma_Y}{n_1} \quad \tau_{\text{perm}} = \frac{\tau_Y}{n_2}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 140 \text{ MPa} \quad \tau_{\text{adm}} = 90 \text{ MPa} \quad \text{ACERO}$$

$$\text{Tensión admisible} = \frac{\text{Tensión de rotura}}{CS} \quad \text{materiales frágiles}$$

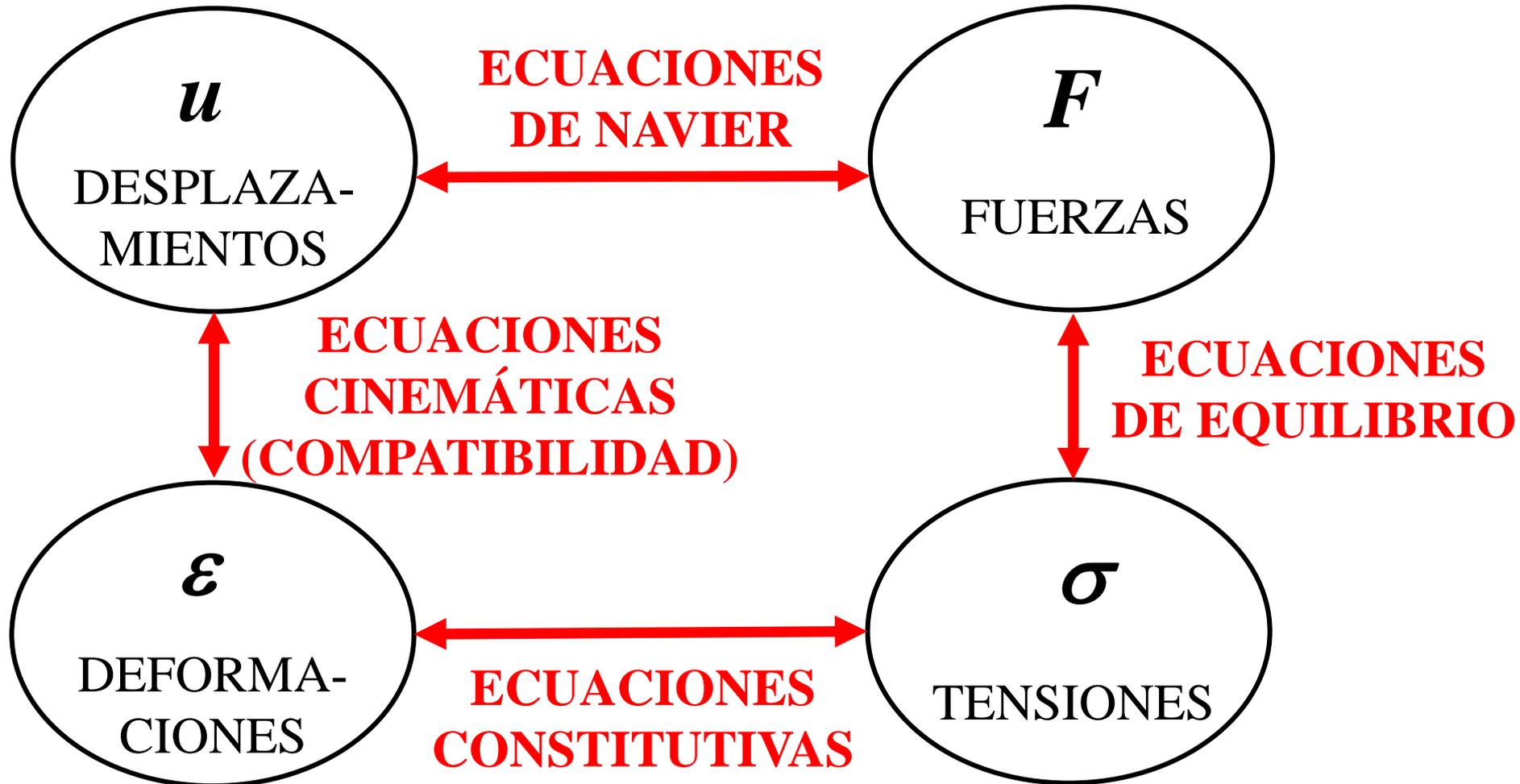
CS - BASE PROBABILÍSTICA - CÓDIGOS

CS = 1.7 – ACERO, METALES

CS = 2.8 – 3.0 – MATERIALES FRÁGILES

CS = 10.0 – MAYORES INCERTIDUMBRES – ESTRUCTURAS IMPORTANTES

CONDICIONES DE EQUILIBRIO, COMPATIBILIDAD Y CONSTITUTIVAS

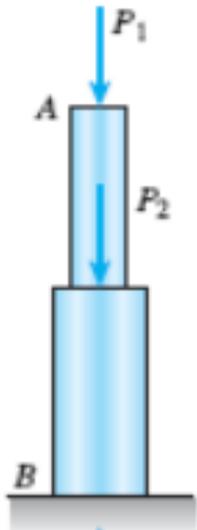


PEQUEÑAS DEFORMACIONES (LINEALIDAD GEOMÉTRICA) \Rightarrow CINEMÁTICAS LINEALES

MATERIAL ELÁSTICO LINEAL (LINEALIDAD FÍSICA) \Rightarrow CONSTITUTIVAS LINEALES

ANÁLISIS ESTRUCTURAL LINEAL

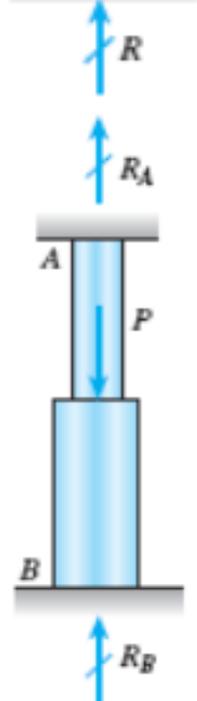
SISTEMAS ISOSTÁTICOS E HIPERESTÁTICOS



SISTEMAS ESTÁTICAMENTE DETERMINADOS (ISOSTÁTICOS)

SISTEMAS EN LOS QUE LAS REACCIONES Y ESFUERZOS INTERNOS PUEDEN SER DETERMINADOS POR **DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE** Y **ECUACIONES DE EQUILIBRIO**

$$R - P_1 - P_2 = 0$$



SISTEMAS ESTÁTICAMENTE INDETERMINADOS (HIPERESTÁTICOS)

SISTEMAS EN LOS QUE LAS REACCIONES Y ESFUERZOS INTERNOS NECESITAN PARA SU DETERMINACIÓN DE ECUACIONES ADICIONALES (COMPATIBILIDAD)

$$R_A + R_B - P = 0$$

$$\delta_{AB} = 0$$