



Mecánica de Sólidos

04. Relaciones entre los esfuerzos y las deformaciones

Universidad Nacional de Colombia sede Manizales
Departamento de Ingeniería Civil

Michael Heredia Pérez
mherediap@unal.edu.co

Docente Ocasional
Ingeniero Civil
Esp. en Estructuras
Maestrando en Estructuras – Investigación

Derrotero

- 4.1. Materiales frágiles y materiales dúctiles
- 4.2. Comportamiento elástico y plástico de los materiales dúctiles
- 4.3. La ley de Hooke y los módulos de Young y Poisson
- 4.4. Relación entre las direcciones principales asociadas a los esfuerzos y a las deformaciones para materiales isótropos u ortótropos
- 4.5. Cambios de volumen y dilatación cúbica
- 4.6. Entendiendo el cambio de volumen de un sólido mediante el teorema de la divergencia
- 4.7. Módulo de expansión volumétrica o módulo de compresibilidad
- 4.8. Particularización de tres a dos dimensiones
- 4.9. Interpretación de los gráficos de colores de esfuerzos y deformaciones
- 4.10. Modificación de la ley de Hooke para tener en cuenta los efectos térmicos en el caso de materiales isótropos

Respositorio del curso: github.com/michaelherediaperez/mecanica_de_solidos_un

Advertencia

Estas presentaciones son solo una herramienta didáctica para guiar la clase, el estudiante no debe tomarlas como material de estudio y debe dirigirse a la literatura recomendada.



Anotaciones

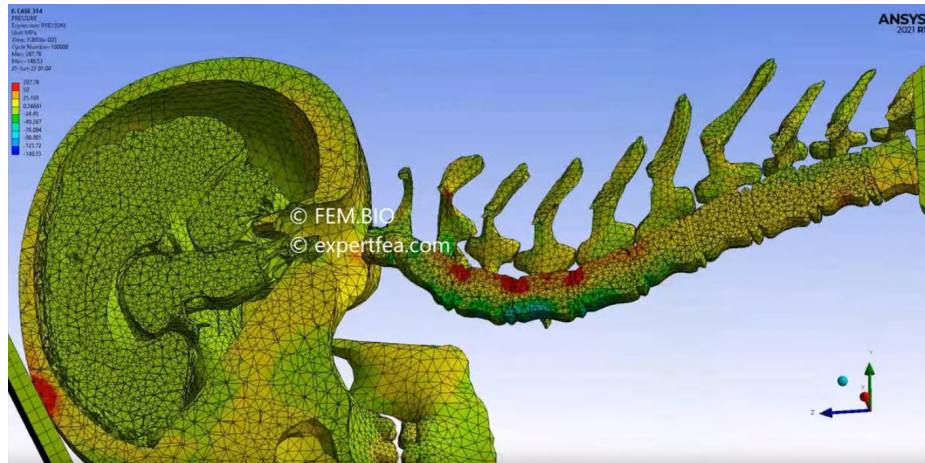
Las ecuaciones deducidas en los capítulos 2 y 3 solo tienen en cuenta factores geométricos y se ha aplicado equilibrio estático, por lo tanto son independientes del material.

La deformación de un sólido con esfuerzos aplicados depende de:

- velocidad de aplicación de estos
- historia de carga
- temperatura
- propiedades del material

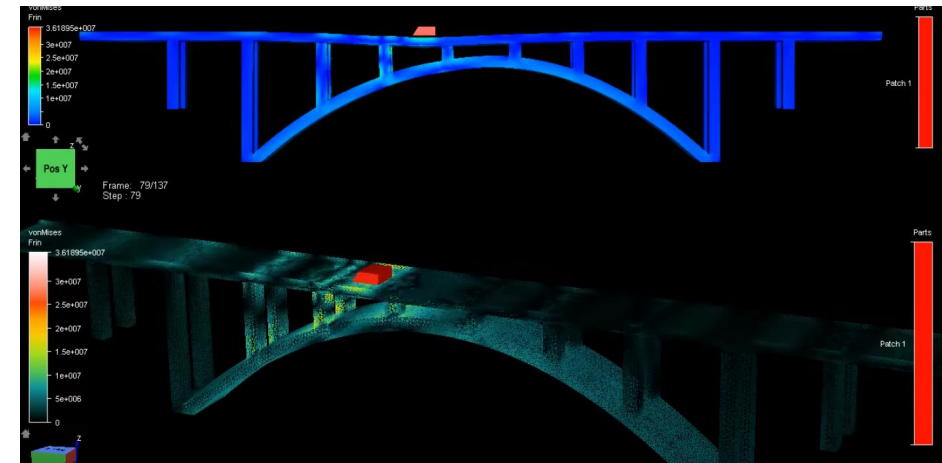
Modelos constitutivos

Modelos matemáticos que relacionan los esfuerzos y las deformaciones, teniendo en cuenta las variables anteriores (velocidad, historia de carga, temperatura y propiedades del material)



Simulation of Compression Shock of Skull with Brain Missing
Meninges - ANSYS Explicit Dynamics

<https://www.youtube.com/watch?v=IE-O3UCfwOs>



Linear Elasticity Problem using FEM (Bridge model)

<https://www.youtube.com/watch?v=IgfWjCvCSuk>

Modelos constitutivos

Analizaremos el modelo constitutivo de los llamados sólidos con comportamiento “*elástico lineal*”, **asumiendo que la velocidad de aplicación de la carga en el ensayo de carga-desplazamiento, no tiene ningún efecto en dicha relación elástica lineal.**

4.1. Materiales frágiles y materiales dúctiles

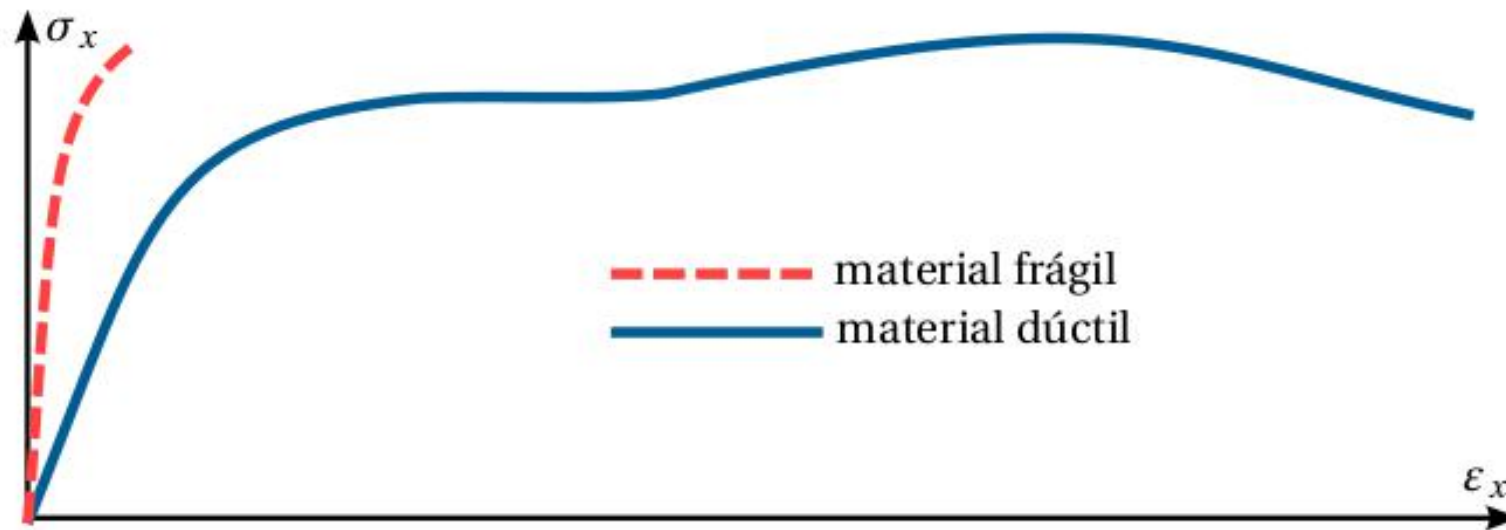


Figura 4.1: Curvas esfuerzo-deformación para materiales dúctiles y frágiles. Mientras que un material dúctil presenta grandes deformaciones antes de romperse, un material frágil presenta pequeñas deformaciones antes de la falla.

Curvas esfuerzo-deformación

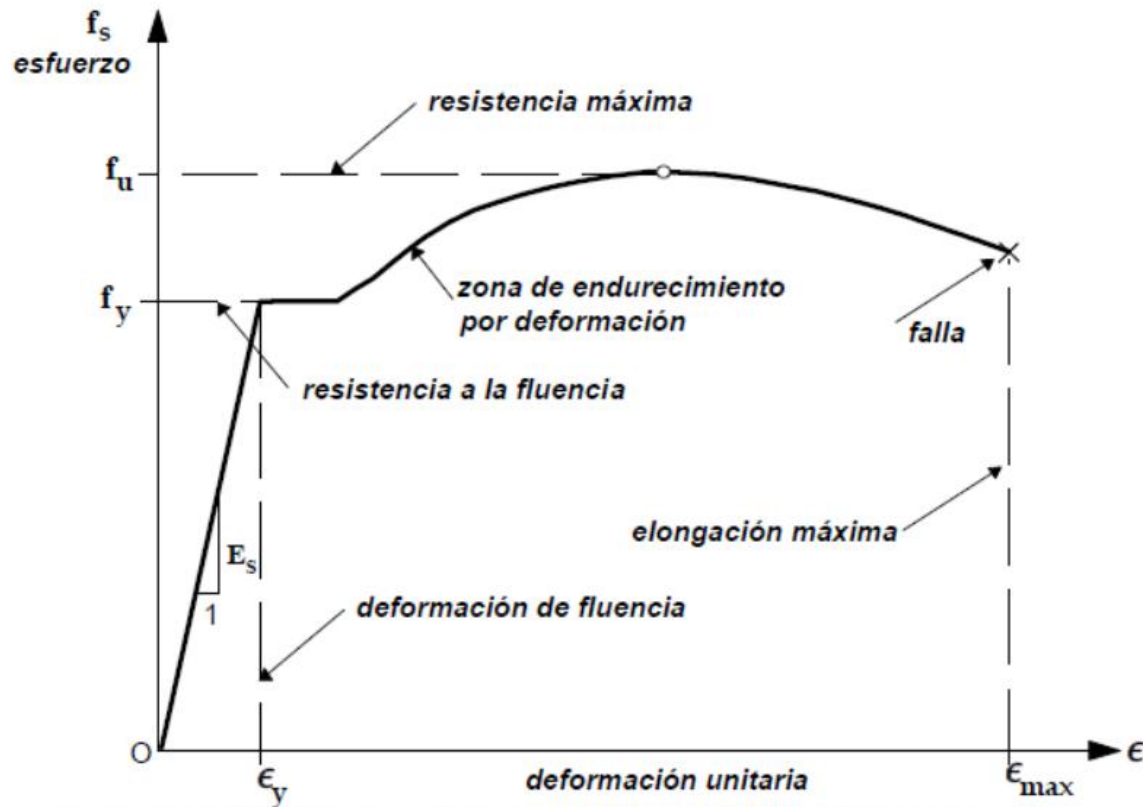


Figura 6-2(a) - Curva esfuerzo-deformación del acero de refuerzo

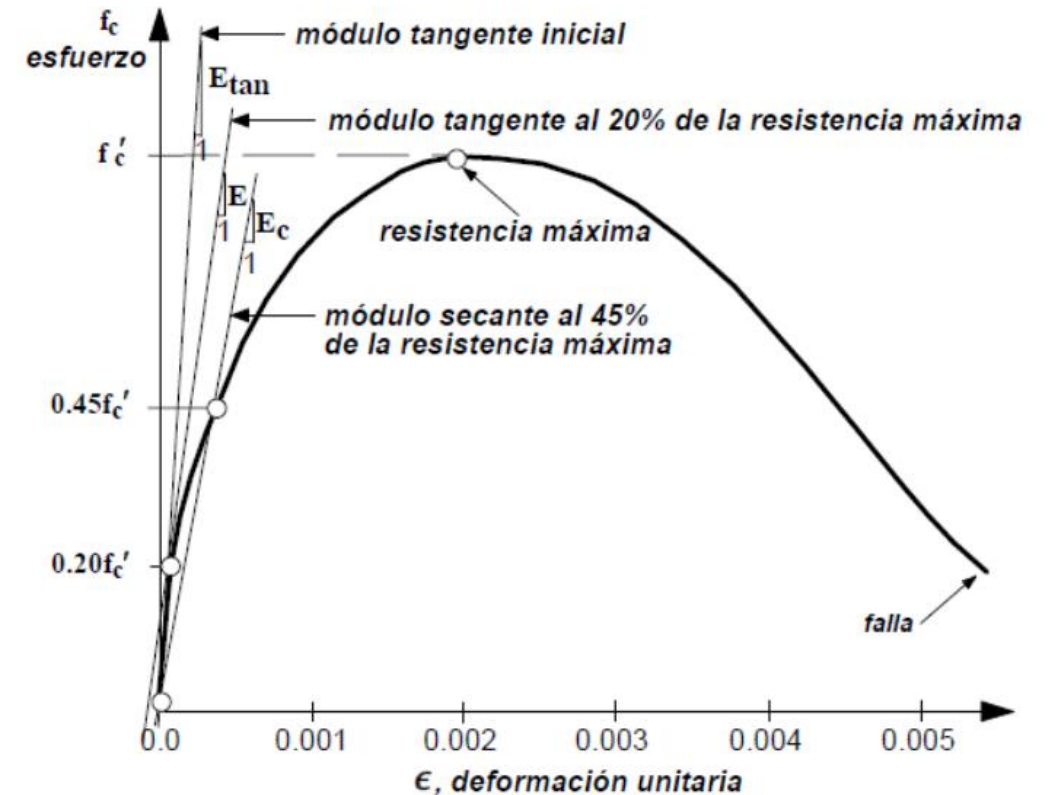


Figura 6-2(b) - Curva esfuerzo-deformación del concreto no confinado

*No comparar escalas

García Reyes, 1998. *Dinámica Estructural Aplicada al Diseño Sísmico*

4.2. Comportamiento elástico y plástico de los materiales dúctiles

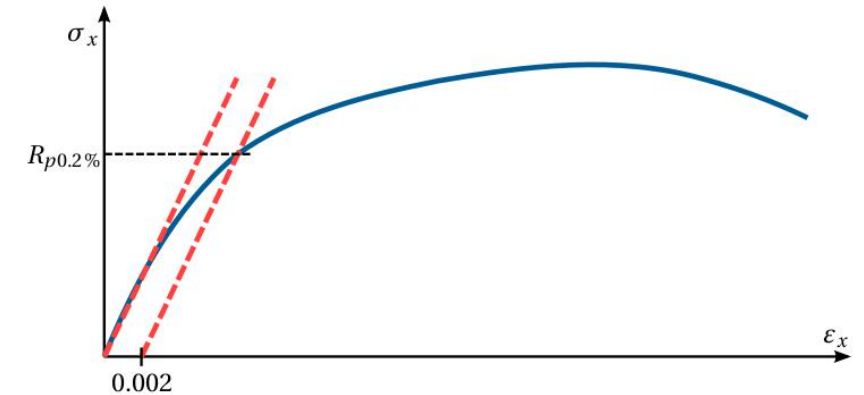
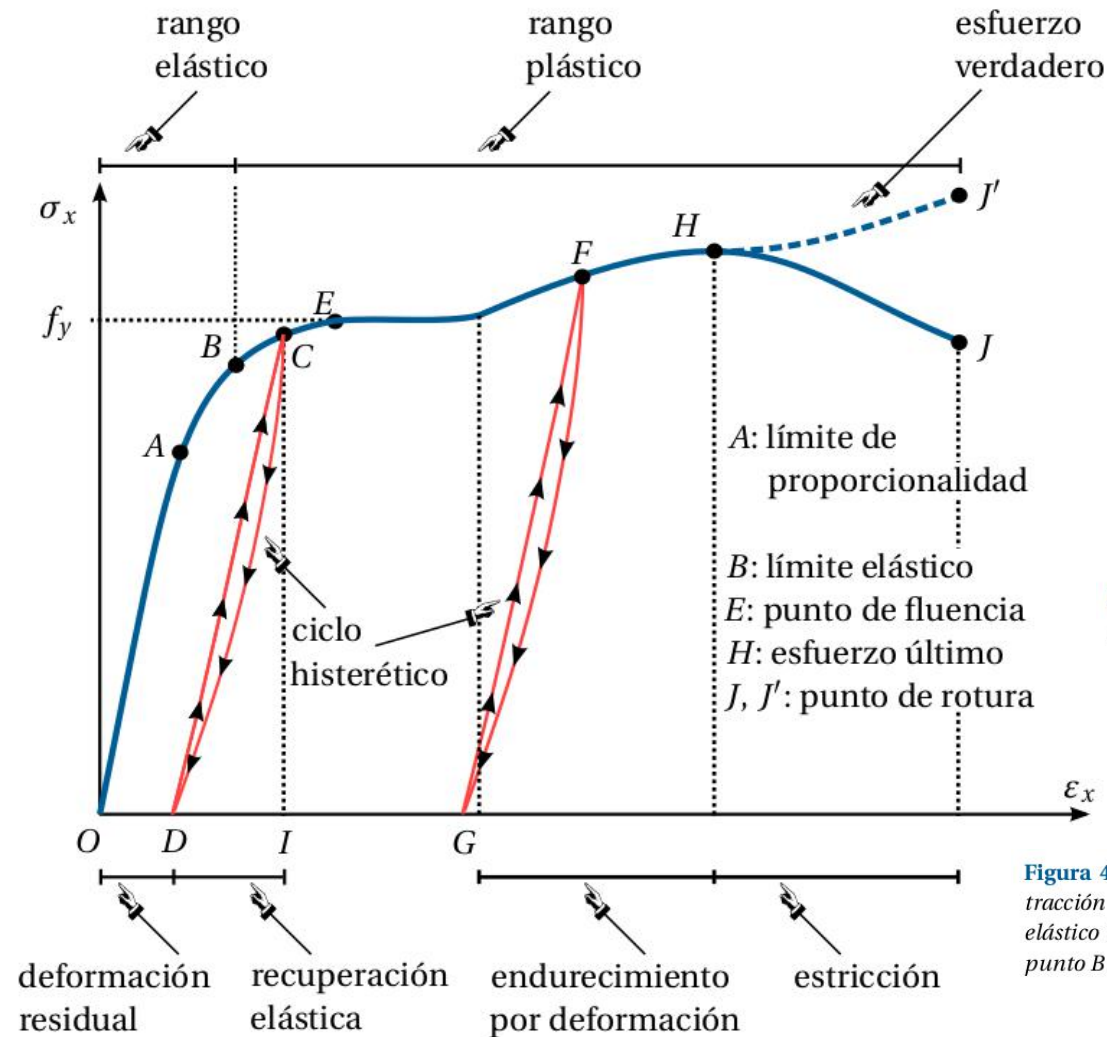
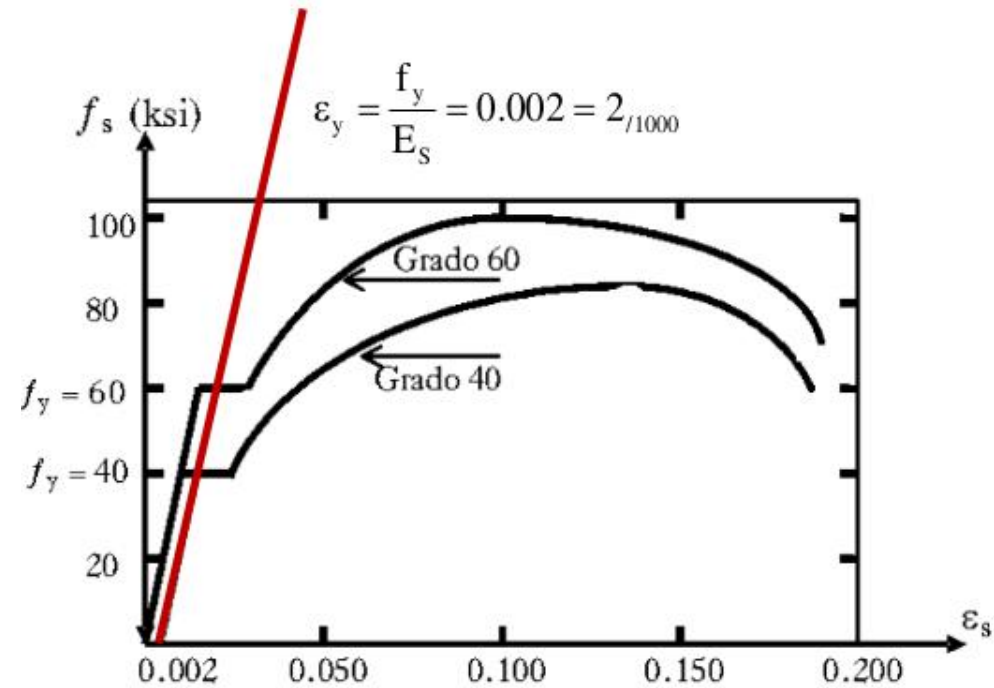
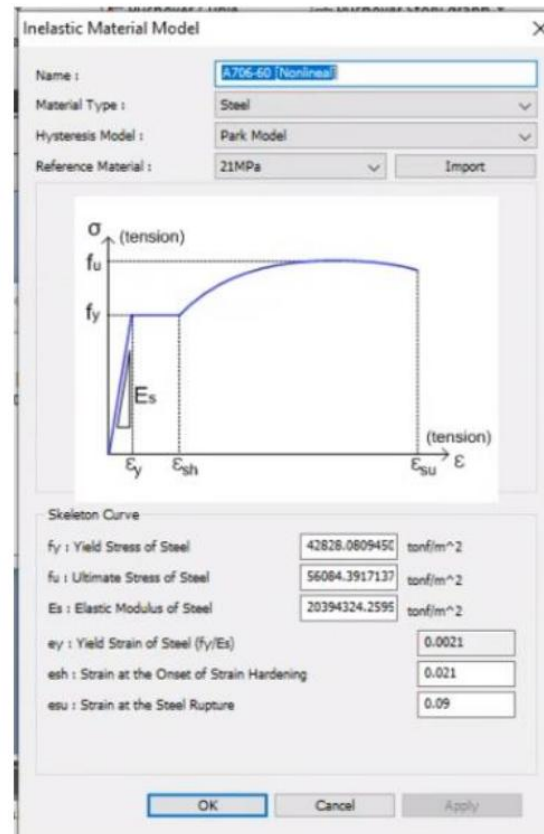
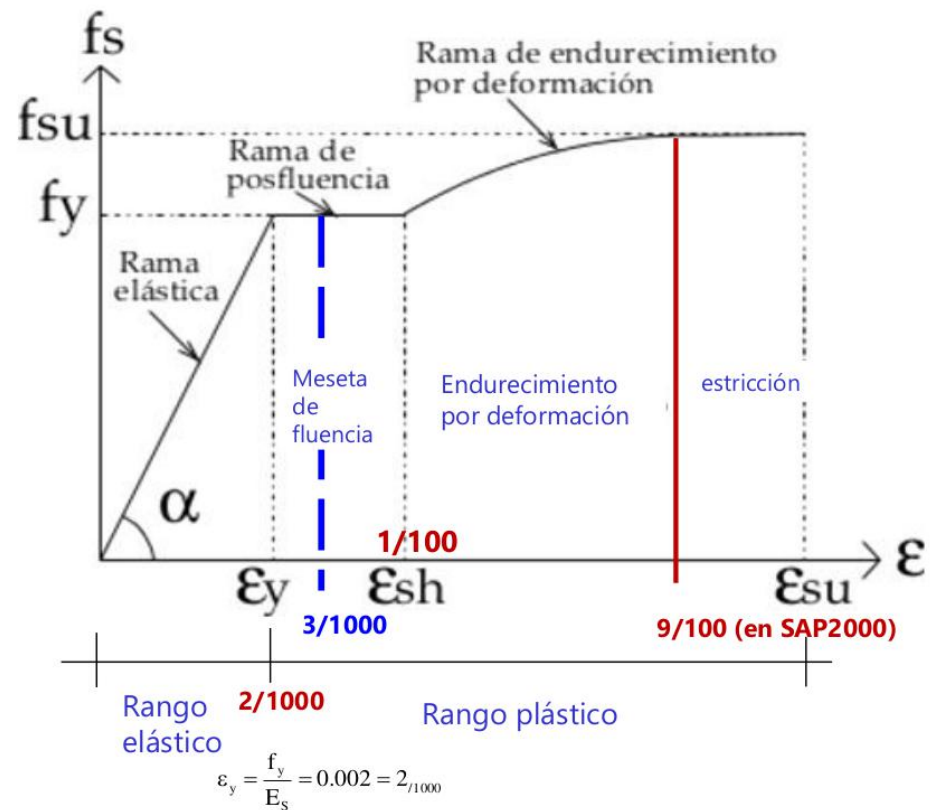


Figura 4.3: Determinación del esfuerzo de fluencia mediante el método de la compensación. Este método se emplea en materiales cuyo punto de fluencia no está claramente definido.

Figura 4.2: Ejemplo típico de la curva esfuerzo-deformación para un esfuerzo uniaxial de tracción en un material dúctil con comportamiento elasto-plástico: el comportamiento es elástico lineal para pequeñas deformaciones (tramo OA) y presenta plasticidad a partir del punto B .

Comportamiento del acero



Módulo de elasticidad del acero estructural; [Rochel, 2007]

Curso de Diseño Sísmico de Concreto Reforzado; [Bedoya, 2022]

Comportamiento del concreto reforzado

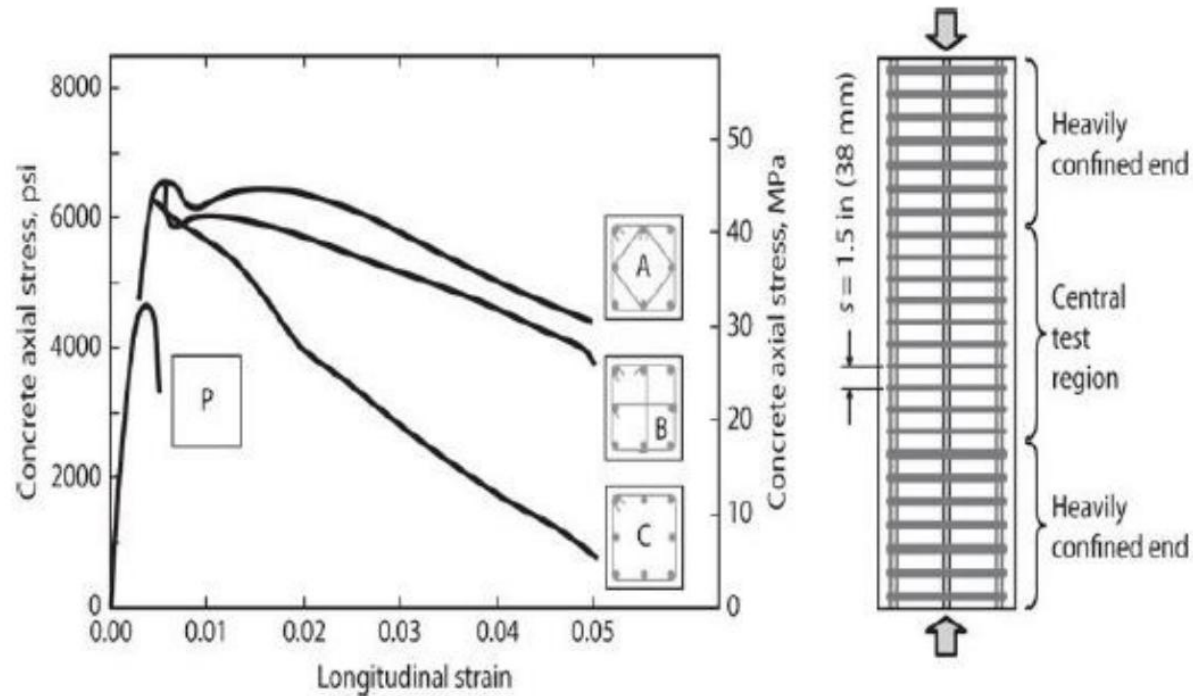


FIGURE 4.1 Stress–strain response of plain concrete (P) and three confined concrete cross sections. (After Moehle and Cavanagh, 1985, used with permission from ASCE.)

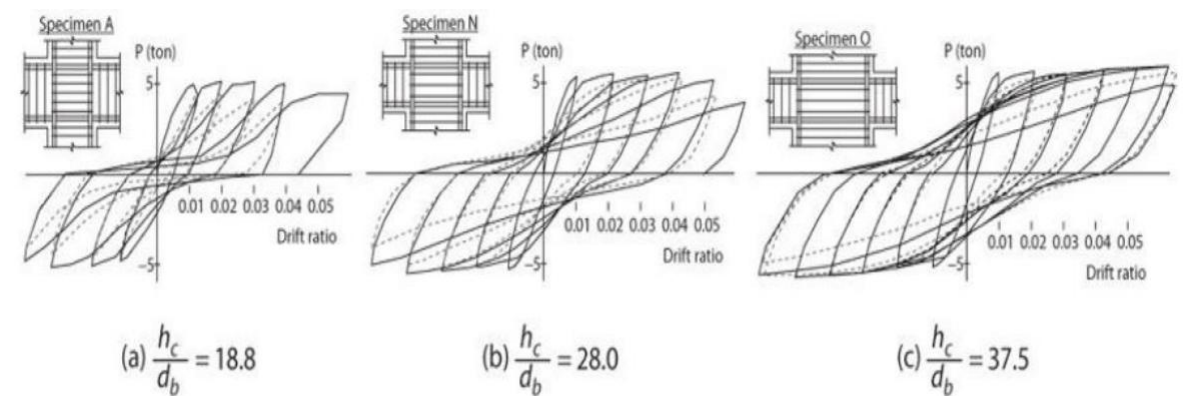
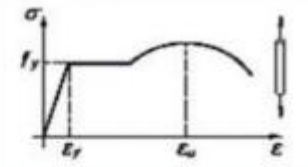
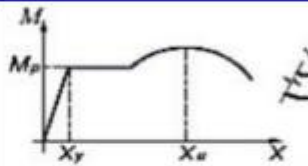
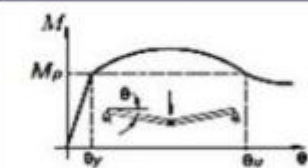
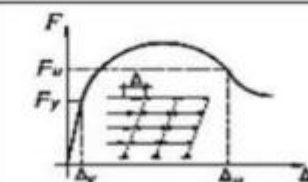
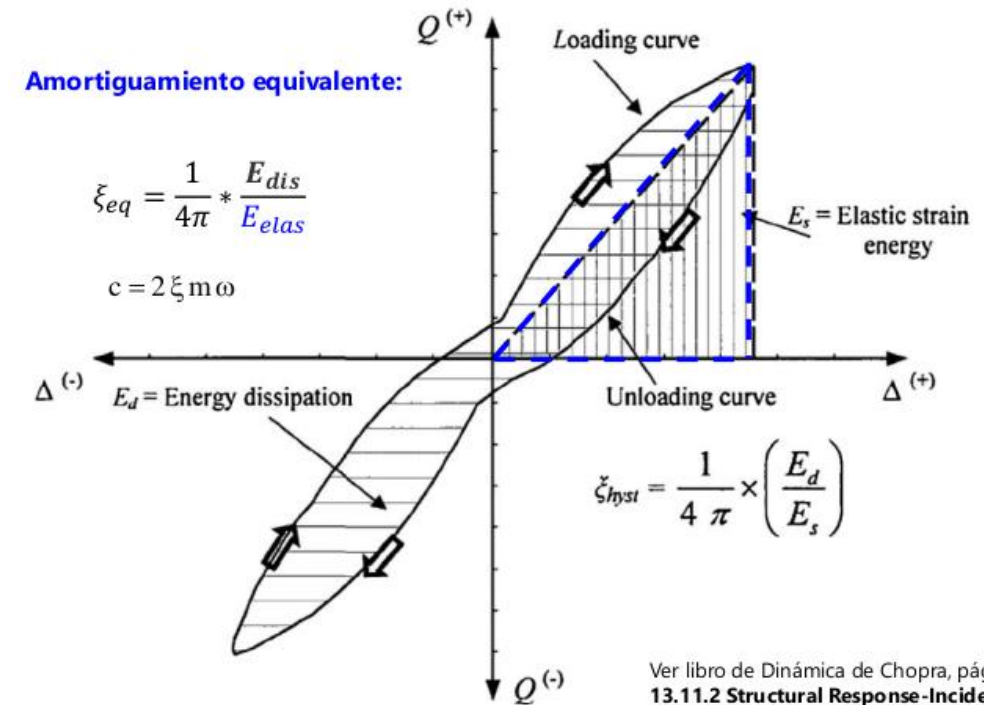


FIGURE 9.20 Column shear versus story displacement for interior beam–column joints with different values of h_c/d_b . (After Kaku and Asakusa, 1991, Courtesy of American Concrete Institute.)

Ciclo de histéresis (*hysteresis loop*)

TIPO DE DUCTILIDAD	REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA	DEFINICIÓN
DUCTILIDAD DEL MATERIAL (AXIAL)		$\mu_\varepsilon = \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_f}$
DUCTILIDAD DE LA SECCIÓN (CURVATURA)		$\mu_x = \frac{x_u}{x_y}$
DUCTILIDAD DEL MIEMBRO (ROTACIÓN)		$\mu_\theta = \frac{\theta_u}{\theta_y}$
DUCTILIDAD DE LA ESTRUCTURA (DESPLAZAMIENTO)		$\mu_\Delta = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$



Ver libro de Dinámica de Chopra, pág. 102.
13.11.2 Structural Response-Incident Angle Relation
 Pagina 599 leer para el análisis espectral tridimensional
 Ver **Cyclic Behavior**; Manual Analysis Reference Etabs
 pág. 108 pdf

Figura 7. Tipos de ductilidad, adaptado de ATC-40 [9], 19

Ciclo de histéresis (*hysteresis loop*)

(Insertar animación del ensayo de histéresis)

4.3. La ley de Hooke y los modules de Young y Poisson

- 4.3.1. Deformación de un sólido sometido a esfuerzos normales en las direcciones x , y y z
- 4.3.2. Deformación de un sólido sometido a esfuerzos tangenciales
- 4.3.3. Ley de Hooke generalizada para materiales isótropos
- 4.3.4. Ley de Hooke generalizada para materiales anisótropos
- 4.3.5. Ley de Hooke generalizada para materiales ortótropos

4.3. La ley de Hooke y los módulos de Young y Poisson

4.3.1. Deformaciones de un sólido sometido a esfuerzos normales en las direcciones x , y y z

4.3.2. Ley de Hooke generalizada para materiales isótropos

4.3.3. Ley de Hooke generalizada para materiales anisótropos

4.3.4. Ley de Hooke generalizada para materiales ortótropos

4.4. Relación entre las direcciones principales asociadas a los esfuerzos y ...

(Relación entre las direcciones principales asociadas a los esfuerzos y a las deformaciones para materiales isótropos u ortótropos)

4.5. Cambios de volume y la dilatación cúbica

4.6. Entendiendo el cambio de volumen de un sólido mediante el teorema de la divergencia

4.7. Módulo de expansión volumétrica o módulo de compresibilidad

4.8. Particularización de tres a dos dimensiones

4.8.1. Tensión plana

4.8.2. Deformación plana

4.8.3. Relación entre los esfuerzos principales obtenidos en el análisis bidimensional y tridimensional

4.8. Particularización de tres a dos dimensiones

4.8.1. Tensión plana

4.8.2. Deformación plana

4.8.3. Relación entre los esfuerzos principales obtenidos en el análisis bidimensional y tridimensional

4.9. Interpretación de los gráficos de colores de esfuerzos y deformaciones

4.9.1. Interpretación de los gráficos s_x , s_y y t_{xy}

4.9.2. Interpretación de los gráficos de las deformaciones e_x , e_y , e_z , g_{xy}

4.9.3. Interpretación de los gráficos de los esfuerzos principales y esfuerzo cortante máximo

4.9.4. Relación de los diagramas de colores de una viga con sus diagramas de cortante y momento

4.9.5. Disposición de los flejes si la viga estuviera hecha con concreto reforzado

4.9. Interpretación de los gráficos de esfuerzos y deformaciones

4.9.1. Interpretación de los gráficos de esfuerzos s_x , s_y y t_{xy}

4.9.2. Interpretación de los gráficos de las deformaciones

e_x , e_y , e_z , g_{xy}

4.9.3. Interpretación de los gráficos de los esfuerzos principales y esfuerzo cortante máximo

4.9.4. Relación de los diagramas de colores de una viga con sus diagramas de cortante y momento

4.9.5. Disposición de los flejes si la viga estuviera hecha con concreto reforzado

4.10. Modificación de la ley de Hooke para tener en cuenta los efectos térmicos en el caso de materiales isótropos

4.10.1. Deformaciones térmicas en el caso de tensión plana

4.10.2. Deformaciones térmicas en el caso de deformación plana

4.10.3. Ejercicio: dos pastillas sometidas a un esfuerzo vertical

4.10. Modificación de la ley de Hooke para tener en cuenta los efectos ...

(Modificación de la ley de Hooke para tener en cuenta los efectos térmicos en el caso de materiales isótropos)

4.10.1. Deformaciones térmicas en el caso de tensión plana

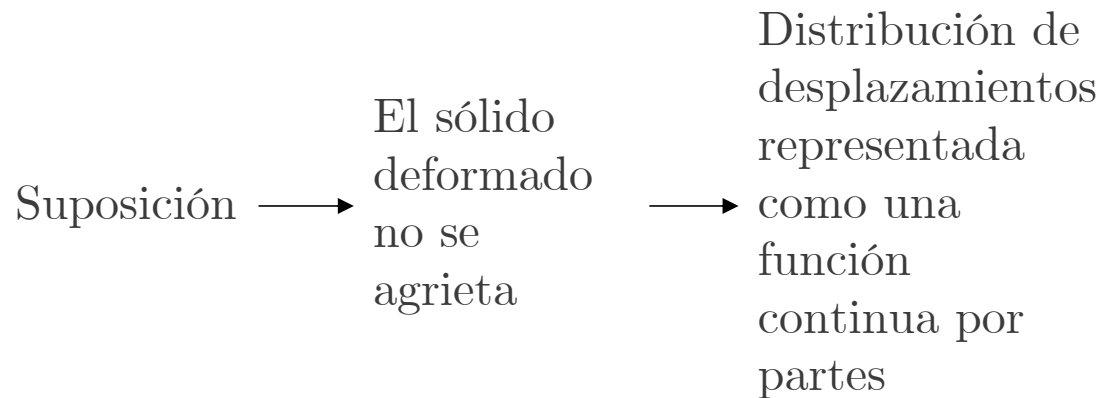
4.10.2. Deformaciones térmicas en el caso de deformación plana

4.10.3. Ejercicio: dos pastillas sometidas a un esfuerzo vertical

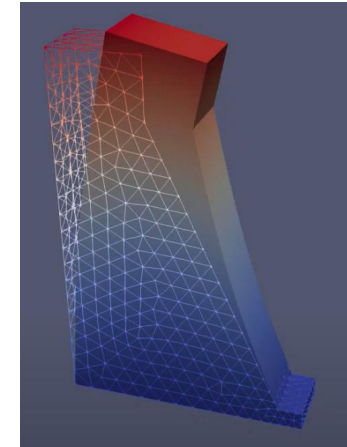
Referencias

- Álvarez Diego A. (2022) - *Notas de clase del curso mecánica de sólidos*. En preparación. (main.pdf)

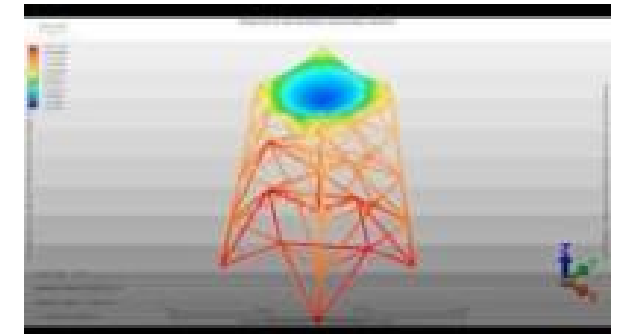
4.1. Materiales frágiles y materiales dúctiles



- Dominio (x, y, z)
- Dominio (x, y, z, t)



Muro de contención deformado



CAMBIAR POR EJEMPLO DE PARAVIEW