

ESTRUCTURAS I

FUNDAMENTOS ESTRUCTURALES PARA PROYECTOS ARQUITECTONICOS

IV SEMESTRE

ARQUITECTURA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

OBJETIVO GENERAL DE LA MATERIA

Asimilar los principios y conceptos básicos de los elementos y sistemas estructurales que intervienen en la ejecución de un proyecto Arquitectónico.

COMPETENCIAS QUE LOS ALUMNOS DEBEN ADQUIRIR:

Analizar los sistemas estructurales presentes en proyectos de arquitectura para determinar el curso y forma de las fuerzas externas e internas y las posibles deformaciones de los elementos del sistema que estén expuestos a estas, de acuerdo a las propiedades del material utilizado y a la carga aplicada.

APLICACIONES DE LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS EN LA MATERIA

- Manejo de unidades internacionales de medida
- Determinación de longitudes, áreas y volúmenes de elementos arquitectónicos y estructurales.
- Manejo de escalas matemáticas
- Conceptos estructurales básicos
- Representación de fuerzas
- Manejo de apoyos
- Calculo de reacciones
- Representación de diagramas de cortante y momento
- Conocimiento de sistemas estructurales permitidos en Colombia

CLASE 5: PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Introducción: Dentro de las 4 propiedades generales de las estructuras, se le denominan “constantes de los materiales” a parámetros o características de estos que físicamente son medibles y tienden a tener un valor fijo.

Estas constantes o propiedades de los materiales, junto con suposiciones básicas, son las que permiten realizar un modelamiento matemático, el cual permite suponer, de manera muy precisa, el comportamiento de una estructura en equilibrio y en estado de alteración.

TEMA 1: INERCIA

UTILIDADES DEL TEMA:

- Análisis técnico de las propiedades de los elementos estructurales.

El centro de masas y el momento de inercia son propiedades geométricas, no dependientes de ningún otro parámetro y de gran importancia a la hora de diseñar ciertas estructuras o componentes. Ambos están relacionados en el sentido de que en muchos casos para calcular la inercia (sobre todo en figuras compuestas por varios rectángulos) es necesario conocer el centro de masas para aplicar el Teorema de Steiner. A continuación, vamos a ver ambos conceptos por separado.

Centro de masas

Podemos decir que el centro de masas es el punto donde se concentra la masa de un sólido o sistema material de puntos. Por ejemplo, si tenemos una esfera, podemos aproximar su comportamiento al de un punto localizado en su centro y con una masa igual a su densidad por el volumen.

El centro de masas tiene infinidad de utilidades. Por ejemplo, las leyes de Newton solo pueden aplicarse a sistemas de puntos materiales. De una forma más práctica, en el diseño de automóviles, es importante que el centro de masas esté en una posición relativamente baja para tener una mayor estabilidad. Mientras que, en uno de turismo normal, el centro de masas se encuentra aproximadamente a 1100 mm, en un coche tipo Ferrari, está muy por debajo para conseguir un mejor agarre al terreno.

Para calcular el centro de masas solo es necesario multiplicar la masa de cada punto o elemento, por su distancia al eje dividiéndolo después por el área total para obtener así unidades de longitud. Utilizar esta expresión nos permite determinar, por ejemplo, que el centro de masas de un sistema de dos puntos está en la recta

que los une, el de un anillo en su centro, en un rectángulo en el punto donde se cortan las diagonales etc.

Inercia

La inercia es la propiedad de la materia de resistir a cualquier cambio en su movimiento, ya sea en dirección o velocidad.

Esta propiedad se describe claramente en la **Primera Ley del Movimiento de Newton**, que postula:

“Un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo, y un objeto en movimiento tiende a continuar moviéndose en línea recta, a no ser que actúe sobre ellos una fuerza externa”

Momentos de Inercia

Considerando un cuerpo alrededor de un eje, es la suma de los productos que se obtiene de multiplicar cada elemento de la masa por el cuadrado de su distancia al eje.

El **Momento de Inercia** también denominado **Segundo Momento de Área**; **Segundo Momento de Inercia** o **Momento de Inercia de Área**, es una propiedad geométrica de la sección transversal de los elementos estructurales.

Inercia a la Rotación

Cualquier cuerpo que efectúa un giro alrededor de un eje, desarrolla inercia a la rotación, es decir, una resistencia a cambiar su velocidad de rotación y la dirección de su eje de giro. La inercia de un objeto a la rotación está determinada por su **Momento de Inercia**, siendo ésta “la resistencia que un cuerpo en rotación opone al cambio de su velocidad de giro”

Momento de Inercia. Ejemplo

El momento de inercia realiza en la rotación un papel similar al de la masa en el **movimiento lineal**. Por ejemplo, si con una honda se lanza una piedra pequeña y una grande, aplicando la misma fuerza a cada una, la piedra pequeña se acelerará mucho más que la grande.

El momento de inercia es pues similar a la inercia, con la diferencia que es aplicable a la rotación más que al movimiento lineal. La inercia es la tendencia de un objeto a permanecer en reposo o a continuar moviéndose en línea recta a la misma velocidad.

La inercia puede interpretarse como una nueva definición de masa. El momento de inercia es, pues, masa rotacional y depende de la distribución de masa en un objeto.

Cuanta mayor distancia hay entre la masa y el centro de rotación, mayor es el momento de inercia.

El momento de inercia se relaciona con las tensiones y deformaciones máximas producidas por los esfuerzos de flexión en un elemento estructural, por lo cual este valor determina la resistencia máxima de un elemento estructural bajo flexión junto con las propiedades de dicho material.

Momento de fuerza:

En mecánica newtoniana, se denomina **momento de una fuerza** (respecto a un punto dado) a una magnitud (pseudo)vectorial, obtenida como producto vectorial del vector de posición del punto de aplicación de la fuerza (con respecto al punto al cual se toma el momento) por el vector fuerza, en ese orden. También se denomina **momento dinámico** o sencillamente **momento**.

El momento de una fuerza **F** aplicada en un punto **P** con respecto de un punto **O** viene dado por el **producto vectorial** del vector **OP** por el vector **fuerza**; esto es,

$$\mathbf{M}_O = \mathbf{OP} \times \mathbf{F} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

Donde **r** es el vector que va desde **O** a **P**. Por la propia definición del **producto vectorial**, el momento **M** es un vector perpendicular al plano determinado por los vectores **F** y **r**.

Interpretación del momento

El momento de una fuerza con respecto a un punto da a conocer en qué medida existe capacidad en una fuerza o sistema de fuerzas para cambiar el estado de la rotación del cuerpo alrededor de un eje que pase por dicho punto.

El momento tiende a provocar una aceleración angular (cambio en la velocidad de giro) en el cuerpo sobre el cual se aplica y es una magnitud característica en elementos que trabajan sometidos a torsión (como los ejes de maquinaria) o a flexión (como las vigas).

Unidades

El momento dinámico se expresa en unidades de fuerza por unidades de distancia. En el Sistema Internacional de Unidades la unidad se denomina newton metro o *newton_metro*, indistintamente. Su símbolo debe escribirse como N m o N•m (nunca m N, que indicaría milinewton).

Fuente: <http://www.elrincondelingeniero.com/centro-de-masas-e-inercia/>
[http://www.construmatica.com/construpedia/Momento de Inercia](http://www.construmatica.com/construpedia/Momento_de_Inercia)
[https://es.wikipedia.org/wiki/Momento de fuerza](https://es.wikipedia.org/wiki/Momento_de_fuerza)

TEMA 2: MODULO DE ELASTICIDAD

UTILIDADES DEL TEMA:

- Análisis técnico de las propiedades de los elementos estructurales.

Introducción: El **módulo de Young** o **módulo de elasticidad longitudinal** es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza. Este comportamiento fue observado y estudiado por el científico inglés del siglo XIX Thomas Young, aunque el concepto fue desarrollado en 1727 por Leonhard Euler, y los primeros experimentos que utilizaron el concepto de módulo de Young en su forma actual fueron hechos por el científico italiano Giordano Riccati en 1782, 25 años antes del trabajo de Young.¹ El término módulo es el diminutivo del término latino *modus* que significa "medida".

Para un material elástico lineal e isótropo, el módulo de Young tiene el mismo valor para una tracción que para una compresión, siendo una constante independiente del esfuerzo siempre que no exceda de un valor máximo denominado límite elástico, y es siempre mayor que cero: si se tracciona una barra, aumenta de longitud.

Tanto el módulo de Young como el límite elástico son distintos para los diversos materiales. El módulo de elasticidad es una constante elástica que, al igual que el límite elástico, puede encontrarse empíricamente mediante ensayo de tracción del material

Materiales isótropos lineales

Para un material elástico lineal el módulo de elasticidad longitudinal es una constante (para valores de tensión dentro del rango de reversibilidad completa de deformaciones). En este caso, su valor se define como el cociente entre la tensión y la deformación que aparecen en una barra recta estirada o comprimida fabricada con el material del que se quiere estimar el módulo de elasticidad:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/S}{\Delta L/L}$$

Donde:

E es el módulo de elasticidad (módulo de elasticidad longitudinal o módulo de Young).

σ es la **tensión** ejercida sobre el área de la sección transversal del elemento (tensión = fuerza/área).

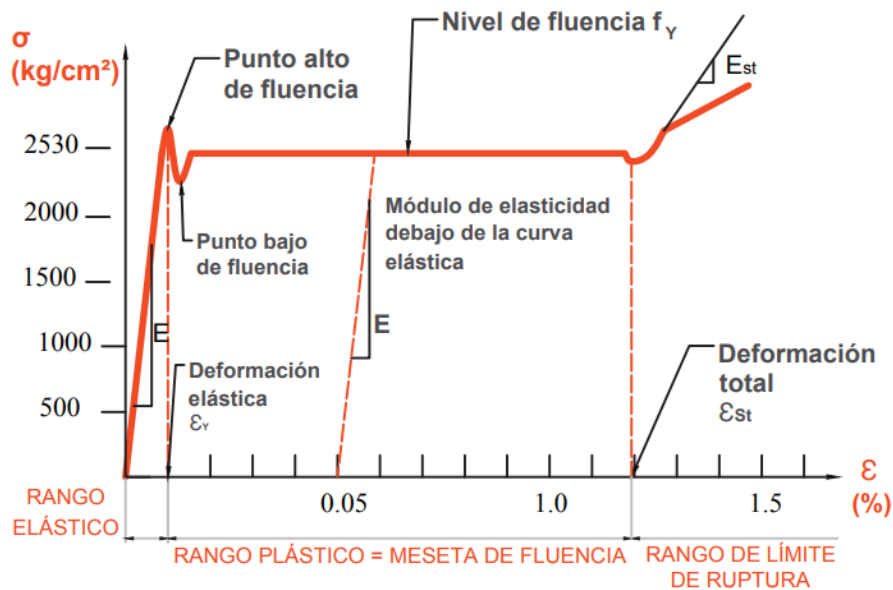
ϵ es la deformación unitaria entendida como la relación entre el cambio de longitud con respecto a la longitud inicial.

Propiedades mecánicas de los aceros:

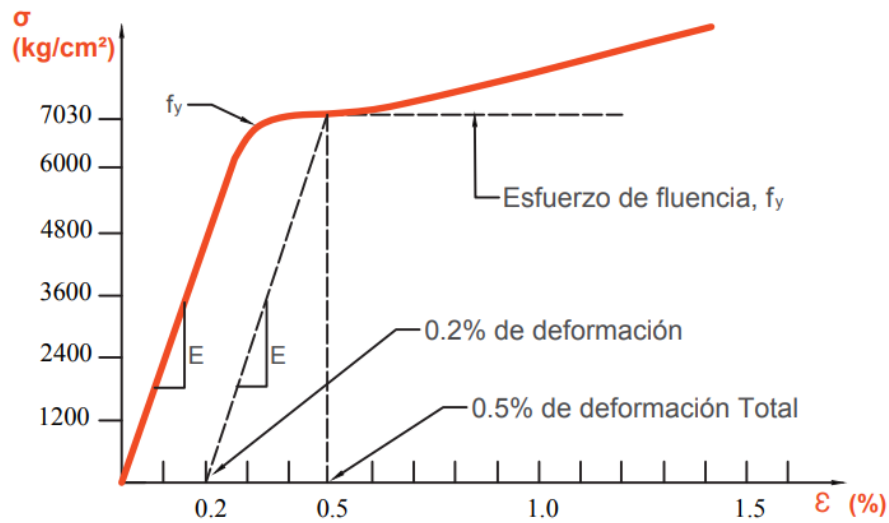
Propiedades de tensión:

Las propiedades más importantes de la prueba de tensión son el esfuerzo de fluencia F_y , la resistencia a la tracción última F_u , las tensiones en la ruptura y la deformación unitaria y la deformación total, (ϵ_u y ϵ_{st}), la reducción del área, y la relación F_y/F_u . La reducción del área es una medida efectiva, tanto para la deformación total como para la ruptura, y se considera real, porque refleja la deformabilidad volumétrica. Todas estas propiedades se basan en la prueba común de tensión.

La curva de esfuerzo-deformación para el acero difiere significativamente entre aceros templados (carbono-manganeso) y los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA). Las figuras 1 y 2 muestran ejemplos representativos de dichas curvas, y en la figura 3 se muestra las curvas esfuerzo deformación completas para una selección de aceros de calidad estructural producidos en EE UU y México. Las figuras 1 y 2 muestran el esfuerzo de tensión y el alargamiento en la ruptura, que son los parámetros clave para el acero estructural. Específicamente, el límite superior de fluencia se contrasta con el nivel de fluencia para el acero dulce, en la figura 1 y 2, indica la resistencia a la fluencia, definido por el 0.2 por ciento de deformación (deformación permanente) o el 0.5 por ciento de la deformación total. El límite de elasticidad (figura 2) se diferencia del nivel de esfuerzo de fluencia (figura 1), el efecto del 0.2 por ciento del valor de desplazamiento se utiliza para los aceros que no se definen claramente en la “meseta de fluencia”.

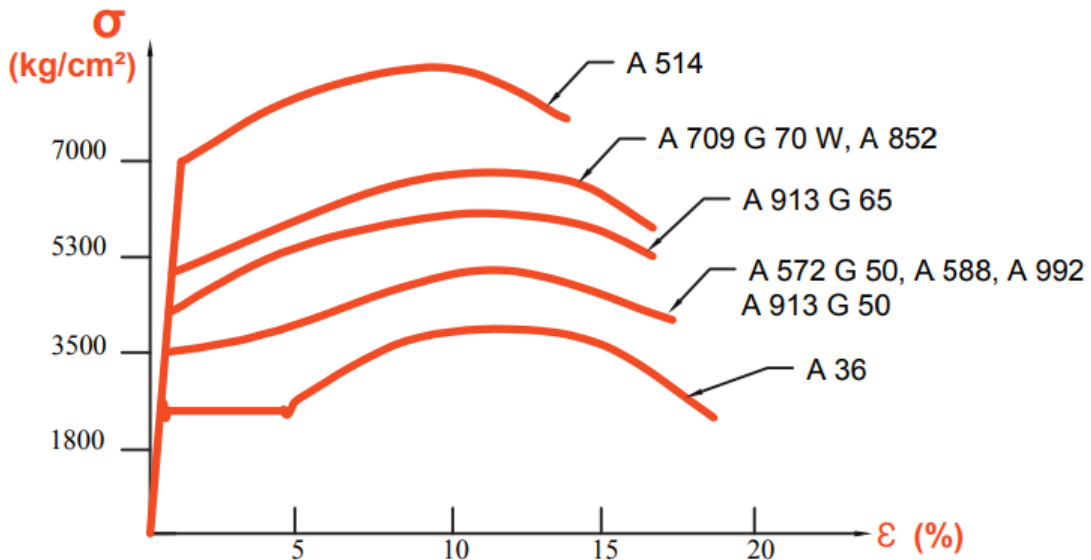


**Figura 1 Porción Inicial de la curva
esfuerzo – deformación
para aceros de bajo contenido de carbono**



**Figura 2 Porción Inicial de la curva
esfuerzo – deformación
para aceros de alto contenido de carbono**

El módulo de elasticidad del acero E , es constante para todos los grados de acero estructural, equivalente a $2.039 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ (29,000 ksi) (200000 MPa)

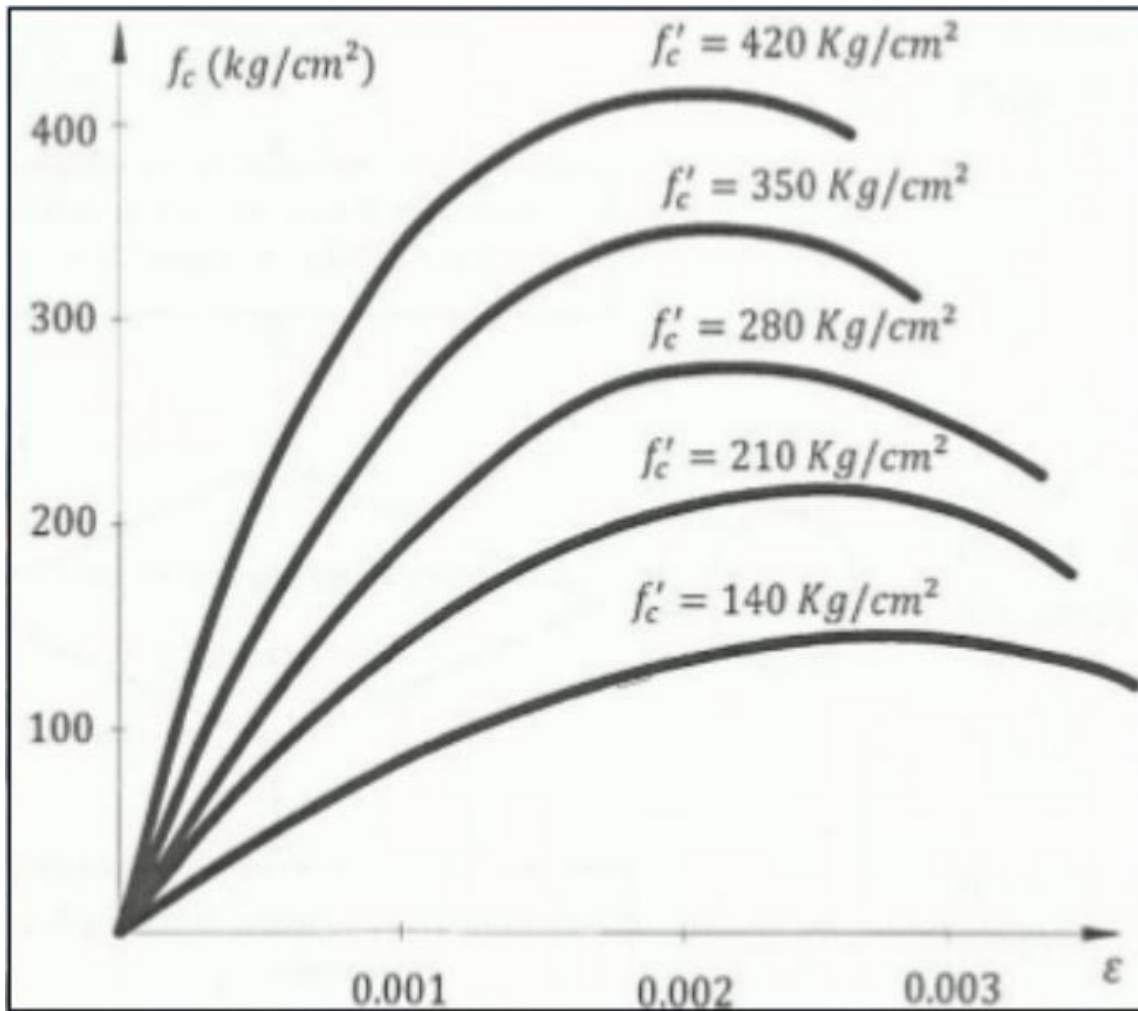


**Figura 3 Curvas esfuerzo – deformación
de algunas calidades de acero**

TIPO DE ACERO	DIFERENTES USOS
ASTM A 36	<ul style="list-style-type: none">-Placas de Conexión-Anclajes de barras redondas lisas (OS) y perfiles (LI)-Cuerdas Superiores e Inferiores de Armaduras (LI)-Montantes y Diagonales de Armaduras (LI)-Largueros Tipo Joist (OS ó LI)-Contravientos de Cubiertas (OS)
ASTM A 529 G 50	<ul style="list-style-type: none">-Placas hasta 1" de espesor (Placas de Conexión, Placas Base, Cartabones, etc.)-Canales (CE) pequeños utilizados para alfardas de escaleras y conexiones de postes de viento-Cuerdas de Armaduras de (LI)-Montantes y Diagonales (LI)-Contravientos Laterales (LI)
ASTM A 572 G 50	<ul style="list-style-type: none">-Placa Hasta 4"-Vigas Principales tipo (IR)-Vigas Secundarias tipo (IR)-Columnas de Perfiles tipo (IR)-Mezzanines
ASTM A 588	<ul style="list-style-type: none">-Acero Patinable (por lo general es un acero que estará sometido a la intemperie)-Plataformas Marinas
ASTM A 709	<ul style="list-style-type: none">-Puentes-Torres de Transmisión
ASTM A 992	<ul style="list-style-type: none">-Vigas (IR)-Columnas (IR)-Mezzanines (IR)-Postes de viento (IR)-Espectaculares (IR)-Trabes Carril
ASTM A 53	<ul style="list-style-type: none">-Tubos Estructurales
ASTM A 500	<ul style="list-style-type: none">-Columnas de secciones huecas cuadradas (HSS u OR)-Columnas de secciones huecas circulares (OC)-Columnas de secciones huecas rectangulares (HSS u OR)
ASTM A 501	<ul style="list-style-type: none">-Bastidores (PTR u OR)-Bases de tanques de gas, de agua, etc (PTR u OR)

CORRELACION DE LAS NMX Y ASTM DE ACEROS ESTRUCTURALES					
Nomenclatura		$F_y^{(3)}$		$F_u^{(4)}$	
NMX (1)	ASTM (2)	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
B-254	A 36	250	2,530	400 a 550	4,080 a 5,620
	A 529	345	3,515	485	4,950
		380	3,880	485	4,950
B-282	A 242	320	3,235	460	4,710
		345	3,515	485	4,920
		290	2,950	414	4,220
B-284	A 572	345	3,515	450	4,570
		414	4,220	515	5,270
		450	4,570	550	5,620
	A 992	345	3,515	450 a 620	4,570 a 6,330
B-177	A 53	240	2,460	414	4,220
B-199	A 500 (5)	320	3,235	430	4,360
B-200	A 501	250	2,530	400	4,080
	A 588 (6)	345	3,515	483	4,920
	A 709	250	2,550	400	4,080
		345	3,515	450	4,590
		485	4,950	585	5,965
		690	7,036	585	7,750
		620	6,322	690	7,040
	A 913 (7)	345 a 483	3,515 a 4,920	448 a 620	4,570 a 6,330

GRAFICA DE ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



Comportamiento del material: elasticidad y plasticidad

Cuando la deformación inducida por la carga en el material se recupera (desaparece) una vez cesa la acción, se dice que el comportamiento es **elástico**. En la mayoría de materiales, el diagrama de esfuerzo-deformación unitaria en descarga es paralelo a la línea de carga.

El máximo esfuerzo para el cual el material se comporta elásticamente se llama límite elástico o **punto de fluencia**, y una vez es alcanzado se puede observar un incremento apreciable en las deformaciones sin que se aplique mayor carga.

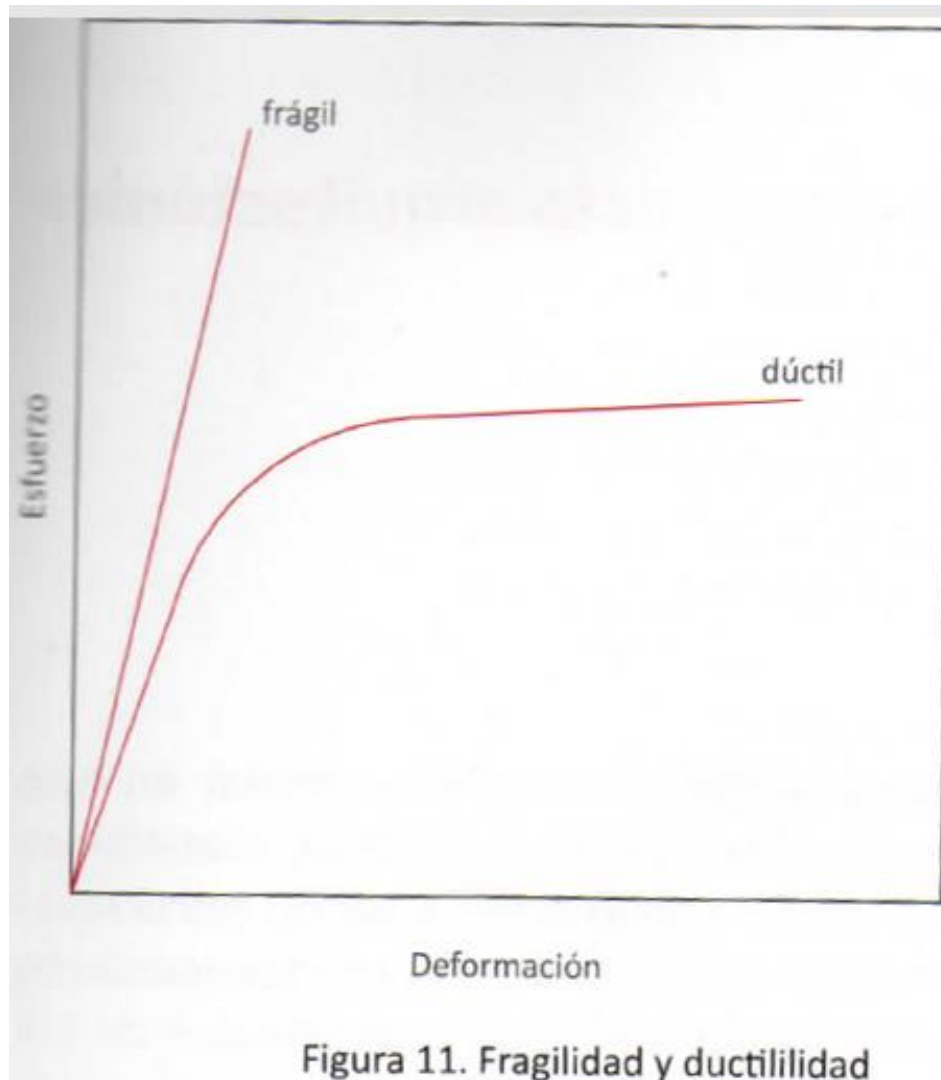
Cuando se aplica carga hasta superar el límite elástico (o límite proporcional a la curva), se causan deformaciones permanentes; esto es, una vez retirada la carga, el elemento no recupera su forma inicial. Este comportamiento se conoce plástico o inelástico, y está acompañado de cambios en la estructura interna del material.

En algunos materiales como el concreto, en el cual no puede distinguirse un punto de fluencia exacto, se fija un valor de esfuerzo de fluencia para el cual, cuando la carga es retirada, se obtiene una deformación permanente de entre el 0.05% y el 0.3% (Higdon, Ohlsen y Stiles, 1960). Cuando un material exhibe, en su curva esfuerzo-deformación, dos líneas con diferente pendiente y un punto de fluencia definido, se dice que presenta comportamiento elasto-plástico. El modelo de comportamiento elasto-plástico es de gran utilidad para el estudio del desempeño estructural en condiciones límite, por ejemplo, ante las acciones sísmicas de diseño en edificaciones.

Dentro de las diferentes filosofías de diseño de estructuras, durante muchos años se utilizó el denominado método de **esfuerzos admisibles** (ASD, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo era dimensionar los elementos para que los esfuerzos generados por las cargas que deben resistir no sobrepasen el límite elástico del material. Este método de diseño tiene su base en el conocimiento de las curvas esfuerzo-deformación de los materiales de construcción, y en la determinación de un esfuerzo de trabajo límite, siempre menor al de la fluencia, que garantice que la estructura diseñada es segura. Actualmente existen otros enfoques menos conservadores para el diseño de las estructuras, sin embargo, la aplicación de esta o cualquier otra filosofía de diseño siempre está respaldada por el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales y de cómo determinan el comportamiento de la estructura como conjunto.

Propiedades del material: Ductilidad y fragilidad.

No solamente las propiedades de resistencia y rigidez de un material son importantes para el diseño de estructuras. La seguridad de una estructura depende en buena parte de la **ductilidad** del material, que se define como la capacidad de experimentar deformaciones plásticas antes de romperse. Si una estructura exhibe grandes deformaciones bajo cargas límite, es posible tomar medidas preventivas para proteger a sus ocupantes (evacuación, apuntalamiento, etcétera); en caso contrario, una estructura que se rompe súbitamente sin evidenciar mayores signos de deformación o daño previo puede generar mayores daños y hasta pérdida de vidas humanas. Este comportamiento de fallas abruptas y explosivas se denomina **frágil**, y en lo posible debe evitarse en el diseño de cualquier estructura (figura 11).



El área bajo la curva esfuerzo-deformación se interpreta como la **energía** necesaria para llevar a un material a la falla (figura 12).

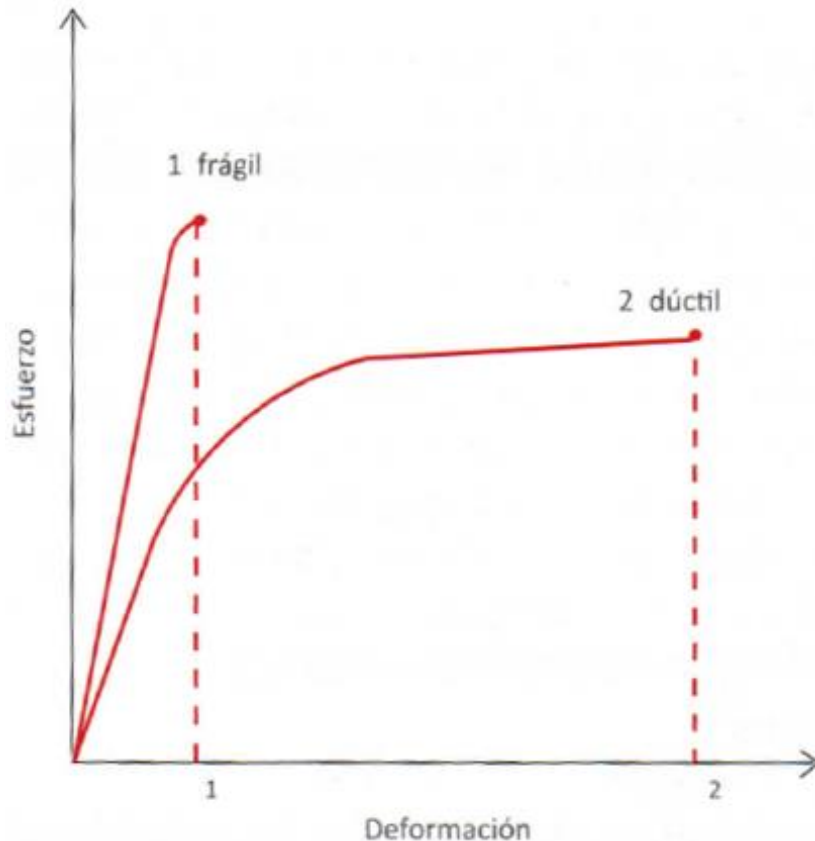


Figura 12. Comparación de la energía absorbida por dos materiales hasta llegar a la falla. El material dúctil es capaz de absorber mayor energía antes de romperse.

Desde este punto de vista, un material o una estructura dúctil necesita un mayor trabajo de fractura y por lo tanto es capaz de absorber mejor la energía impuesta por las cargas antes de romperse. Por el contrario, un material frágil necesita de poco trabajo para llegar a la falla (absorbe poca energía y se rompe a bajas deformaciones). Este criterio de absorción de energía es clave para calificar el comportamiento sismorresistente de las estructuras.

Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%B3dulo_de_Young

<https://www.gerdau.com/gerdaucorsa/es/productservices/products/Document%20Gallery/eleccion-tipo-de-acero.pdf>

Libro: Predimensionamiento/Nicolás Parra, Andrés Pinzón y Rafael Villazón.