



Universidad Autónoma de Sinaloa

Escuela de Ingeniería de Mazatlán

Licenciatura en Ingeniería Civil

Edición 2023

Laboratorio de Mecánica de Materiales 1



Edición 2023

El propósito principal de estas prácticas de Mecánica de Materiales es exponer los temas básicos para comprender de una manera más real el comportamiento de los materiales sólidos a fuerzas externas.

En la Ingeniería Civil, se tiene en la construcción de una estructura, un proceso formado por los siguientes eventos:

Proyecto.- Donde se lleva a cabo la concepción de ideas que satisfacen los diversos requerimientos técnicos y normativos para llevarlo a cabo.

Diseño.- Es la etapa donde se realizan los cálculos y el dimensionamiento de los elementos que forman parte de la estructura.

Construcción.- Habiendo terminado el proyecto y su diseño se procede a su construcción contando con una buena selección de los materiales que intervienen en la estructura con sus respectivas características que cumplen con las normas requeridas.

Ensayo de materiales.- En esta parte se efectúan las comprobaciones de las propiedades de los materiales empleados que puedan garantizarnos la calidad requerida en nuestra estructura.

Es necesario recordar que al aplicar fuerzas a nuestra estructura, esta se verá afectada a esfuerzos y deformaciones de acuerdo al tipo de carga en que ella actúe.

Por lo que se explicara a continuación el esfuerzo y la deformación unitaria normales.

ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA NORMALES

Los conceptos fundamentales de la mecánica de materiales son el **ESFUERZO** y la **DEFORMACIÓN UNITARIA**

ESFUERZO.- Se representa con la letra σ y se define como una magnitud física con unidades de Fuerza sobre áreas utilizadas en el cálculo de piezas prismáticas como vigas o columnas y también en el cálculo de placas y láminas.

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

Las unidades de ESFUERZO son las mismas que para la PRESIÓN, fuerza dividida por área. Utilizándose con frecuencia: **MPa**, **psi**, **Kpsi**, **Kg/mm²**, **Kg/cm²**.

Cuando se utilizan unidades del S.I., la fuerza se expresa en Newtons y el área en metros cuadrados. Por lo tanto las unidades de esfuerzo serán N/m² o también llamado Pascal (Pa). Por ser esto una unidad muy pequeña, es conveniente utilizar el Megapascal (MPa) que es 10⁶ veces mayor que el Pa.

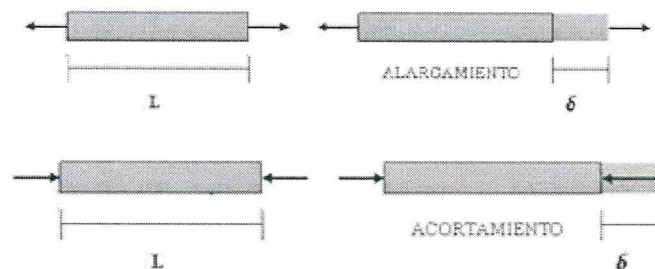
Siempre que los esfuerzos actúen en una forma perpendicular a la superficie de corte, se llaman esfuerzos normales, por lo que dichos esfuerzos pueden solamente ser de Tensión o de Compresión, no así el Esfuerzo cortante que es el que actúa de forma paralela a la superficie de aplicación.

DEFORMACIÓN UNITARIA.- Una forma de comparar la deformación entre dos elementos, es expresarla como una deformación porcentual, esto es, calcular la deformación que sufrirá una longitud unitaria del material, la cual se denomina deformación unitaria ϵ . La deformación unitaria se calculará como:

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_0} \text{ donde: } \epsilon: \text{Deformación unitaria}$$

δ : Deformación total

L_0 : Longitud inicial del elemento deformado



Deformación debida a esfuerzos de Tensión y de Compresión, respectivamente.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Las propiedades mecánicas pueden definirse como aquellas que tienen que ver con el comportamiento de un material bajo fuerzas aplicadas.

Las propiedades mecánicas se expresan en términos de cantidades que son funciones del esfuerzo o de la deformación o ambas simultáneamente.

En ingeniería, las propiedades mecánicas de los materiales son las características inherentes que permiten diferenciar un material de otros; desde el punto de vista del comportamiento mecánico de los materiales en ingeniería, también hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanizados que pueda tener. Entre estas características mecánicas y tecnológicas destacan entre otras la resistencia a los:

Esfuerzos de tracción o Tensión

Esfuerzos a la compresión

Esfuerzo a la flexión

Esfuerzo a la torsión

TEORÍA ELÁSTICA

La elasticidad es estudiada por la teoría de la elasticidad, que a su vez es parte de la mecánica de sólidos deformables. La teoría de la elasticidad describe como un sólido se mueve y deforma como respuesta a fuerzas exteriores.

El sólido se comportará elásticamente si este incremento de energía puede realizarse de forma reversible, en este caso decimos que el sólido es elástico.

MÓDULO DE YOUNG

También llamado **Módulo de Elasticidad** es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica la fuerza. 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.

El **Límite Elástico** es distinto para los diversos materiales, sin embargo el **Módulo de Elasticidad** es una constante elástica que puede calcularse empíricamente en base al ensayo de tracción del material. **El Módulo de Elasticidad** se representa mediante la letra **E** y se obtiene por el cociente de la división del esfuerzo unitario entre la deformación unitaria.

$$E = \frac{\sigma}{s}$$

Donde:

σ = Esfuerzo unitario

s = Deformación unitaria

Recordemos que $\sigma = P/A$; y si l es la longitud del miembro y e la deformación total y definimos a s como la deformación unitaria, entonces tenemos que:

$$s = \frac{\varepsilon}{l}$$

Entonces podemos describir el **Módulo de Elasticidad o de Young** como:

$$E = \frac{Pl}{A\varepsilon}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad

ε = Deformación total

P = fuerza aplicada

A = Área de la sección transversal

l = Longitud



LEY DE HOOKE.- La deformación ϵ de un material elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada

$$\epsilon = \frac{Pl}{AE}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
ESCUELA DE INGENIERÍA MAZATLÁN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES I

Práctica # 1

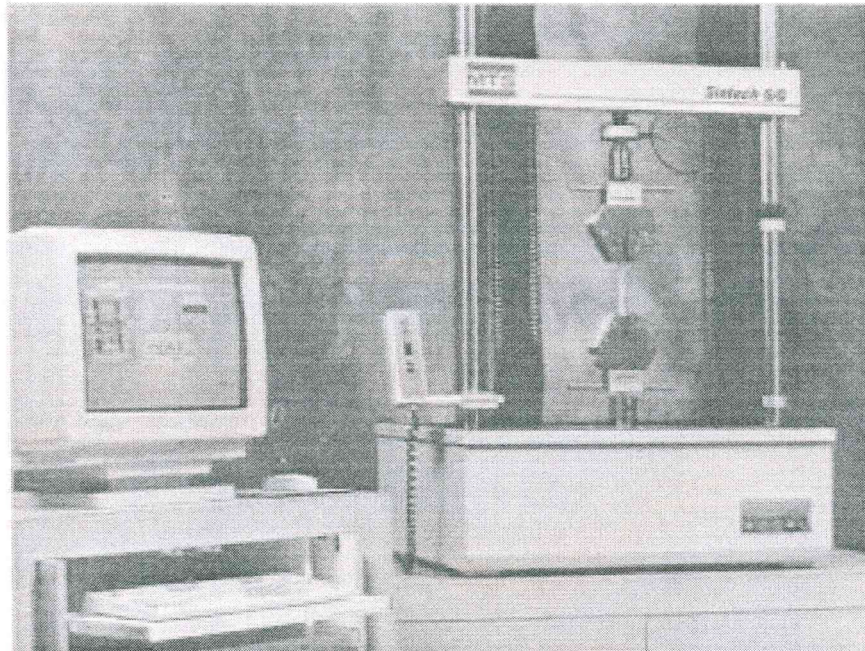
ENSAYO A TENSIÓN DE PROBETAS DE ACERO

El objetivo de esta práctica es el estudio del comportamiento mecánico de los materiales sometidos a cargas de tensión y observar sus consecuencias.

Tomando en cuenta los conceptos anteriores debemos entender que el diseño de estructuras requiere que comprendamos el comportamiento mecánico de los materiales utilizados y la única forma de determinar cómo se comportan los materiales cuando se someten a cargas es efectuar experimentos en el laboratorio.

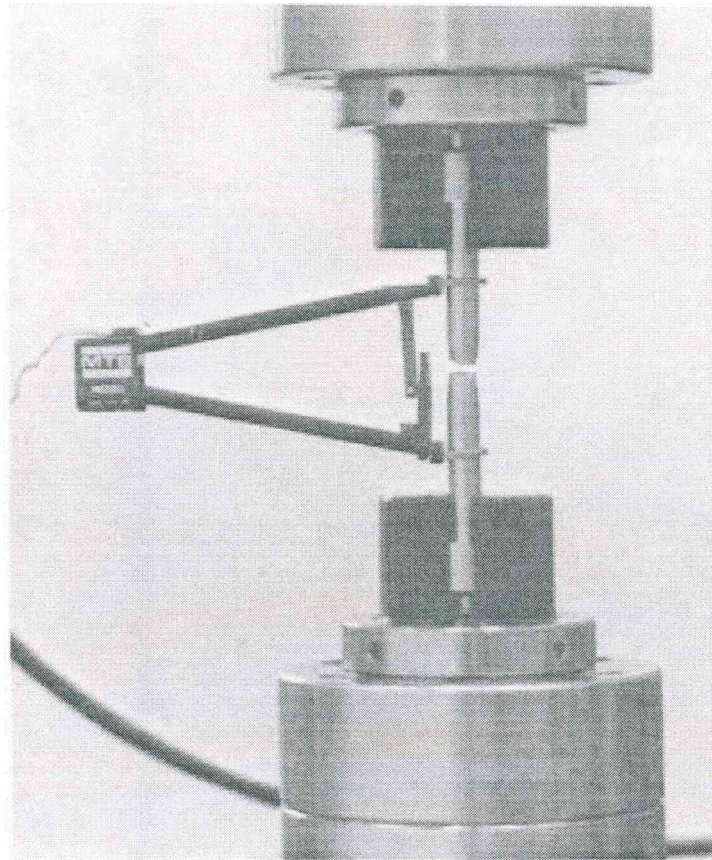
El procedimiento normal es colocar muestras pequeñas del material en maquinas de prueba, aplicar las cargas y medir las deformaciones resultantes.

Una maquina de pruebas de tensión se muestra en la siguiente figura, donde se muestra el espécimen de prueba instalado entre los dos sujetadores o mordazas de la máquina y a continuación se carga en tensión. Las deformaciones se registran por medio de dispositivos de medición y con sistemas de control automático y de procesamiento de datos se tabulan y se grafican los resultados.

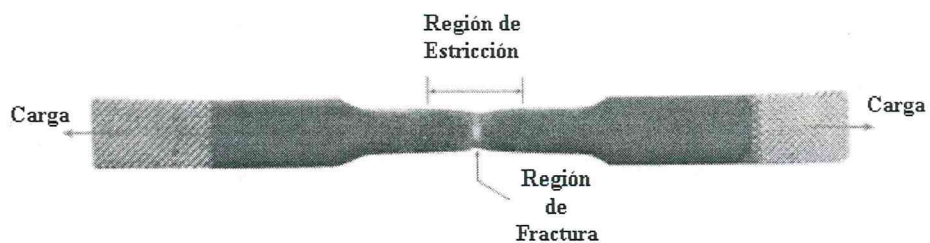


En la siguiente figura se aprecia una vista más detallada de una probeta o espécimen de prueba de tensión. En un espécimen bien diseñado, se presentará una falla en la parte prismática de la muestra, donde la distribución de esfuerzo es uniforme y la barra solo está sometida a la tensión pura.

En este caso, la figura que el espécimen de acero acaba de fracturarse bajo la carga. El dispositivo de la izquierda, que se fija al espécimen con dos brazos, es un extensómetro que mide el alargamiento durante la carga.



A continuación se muestra las zonas importantes de deformación y falla en el espécimen.

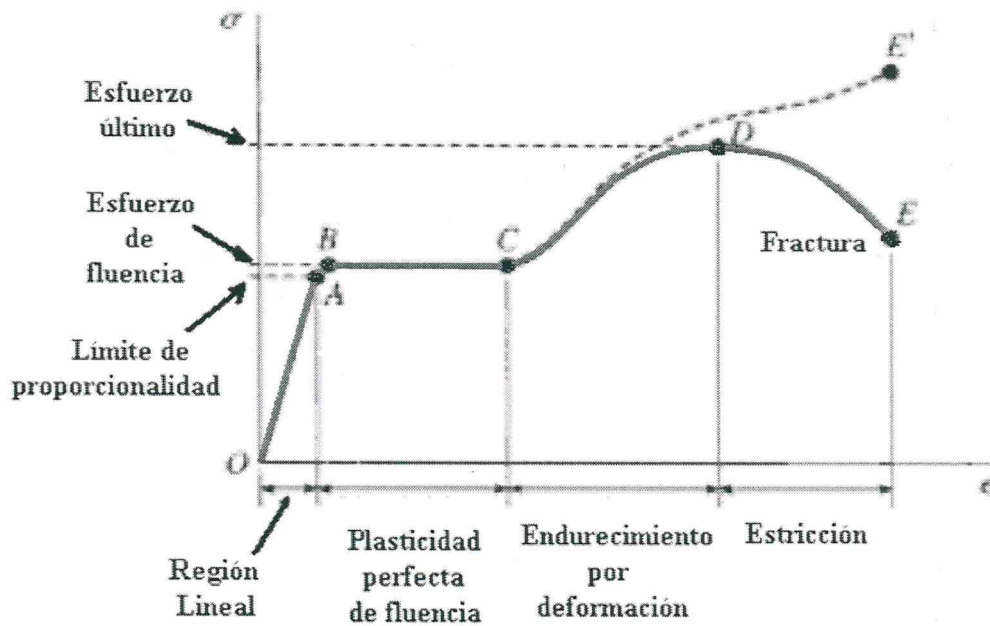


En la siguiente figura se muestra el diagrama esfuerzo-deformación unitaria en tensión, de un acero estructural característico. Las deformaciones unitarias se grafican en el eje horizontal y los esfuerzos en el eje vertical y no se encuentra a escala.

El diagrama comienza con una recta desde el origen O hasta el punto A , que indica que la relación entre esfuerzo y deformación unitaria, en esta región inicial, no solo es lineal, sino también proporcional.

Después del punto A ya no existe la proporcionalidad entre esfuerzo y deformación unitaria; en consecuencia, el esfuerzo en A se llama **límite de proporcionalidad** o **límite proporcional**.

Para los aceros al bajo carbono este límite está en el intervalo de 30 a 50 klb/plg^2 , pero los aceros de alta resistencia pueden tener límites de proporcionalidad mayores a 80 klb/plg^2 .



La pendiente de la recta OA se llama **módulo de elasticidad** o **módulo de Young**.

Al aumentar el esfuerzo más allá del límite de proporcionalidad, la deformación comienza a aumentar con mayor velocidad para cada incremento de esfuerzo. En consecuencia, la curva esfuerzo-deformación unitaria tiene una pendiente cada vez mayor hasta que en el punto B , la curva se vuelve horizontal. A partir de este punto, hay un alargamiento

considerable del espécimen de prueba, sin que aumente en forma perceptible la fuerza de tensión (de **B** a **C**).

A este fenómeno se le llama **fluencia** o **cedencia** del material y el punto B se le llama **punto de fluencia**. El esfuerzo correspondiente es el **esfuerzo de fluencia** o **de cedencia** del acero.

En la región de **B** a **C**, el material se vuelve **perfectamente plástico**, esto es, que se deforma sin que aumente la carga aplicada.

Después de sufrir grandes deformaciones unitarias presentes en la región **BC**, el acero comienza a **endurecerse por deformación**.

En el endurecimiento por deformación el material sufre cambios en su estructura cristalina y el resultado es mayor resistencia del material contra deformaciones mayores. El alargamiento del espécimen de prueba en esta región requiere que aumente la carga de tensión y en consecuencia el diagrama de esfuerzo=deformación unitaria tiene una pendiente positiva de **C** a **D**.

Al final, la carga llega a su valor máximo y el esfuerzo correspondiente (en **D**) se llama **esfuerzo último**.

Al estirar más la barra se presenta en realidad una reducción de la carga y la barra termina por fracturarse en un punto como en el **E** de la figura.

Las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras metálicas del reglamento de construcciones del D.F. contienen los valores del esfuerzo de fluencia, F_y , y de ruptura en tensión F_u , que se utilizarán en el diseño, que deberán ser los mínimos especificados en la norma correspondiente.

B-254 (ASTM A36) Acero estructural.

B-99 (ASTM A529) Acero estructural con límite de fluencia mínimo de 290 MPa (2,950 kg/cm²).

B-282 (ASTM A242) Acero estructural de baja aleación y alta resistencia.

B-284 (ASTM A572) Acero estructural de alta resistencia y baja aleación al Mn – Va

(ASTM A588) Acero estructural de alta resistencia y baja aleación de hasta 100 mm de grueso, con límite de fluencia mínimo de 345 MPa (3515 kg/cm²)

(ASTM 913) Perfiles de acero de alta resistencia y baja aleación, de calidad estructural, producidos por un proceso de tratamiento térmico especial.

(ASTM A992) Acero estructural para perfiles H laminados para uso en edificios

B-177 (ASTM A53, grado B) Tubos de acero, con o sin costura.

B-199 (ASTM A50) Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en frío, con o sin costura, de sección circular o de otras formas.

B-200 (ASTM A501) Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en caliente, con o sin costura.

Valores de los esfuerzo F_y y F_u

F_y = Esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del acero

F_u = Esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión del acero

| 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 |
| B-99 | A 529 | 290 | 2,950 | 414 a 585 | 4,220 a 5,975 |
| B-282 | A 242 | 290 | 2,950 | 435 | 4,430 |
| | | 320 | 3,235 | 460 | 4,710 |
| | | 345 | 3,515 | 485 | 4,920 |
| B-284 | A 572 | 290 | 2,950 | 414 | 4,220 |
| | | 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 | 345 ⁽⁶⁾ | 3,515 ⁽⁶⁾ | 483 ⁽⁶⁾ | 4,920 ⁽⁶⁾ |
| | A 913 | 345 a 483 ⁽⁷⁾ | 3,515 a 4,920 | 448 a 620 ⁽⁷⁾ | 4,570 a 6,330 ⁽⁷⁾ |

⁽¹⁾ Norma Mexicana

⁽²⁾ American Society for Testing and Materials

⁽³⁾ Valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del material.

⁽⁴⁾ Esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión. Cuando se indican dos valores, el segundo es el máximo admisible.

⁽⁵⁾ ASTM especifica varios grados de acero A500, para tubos circulares y rectangulares.

⁽⁶⁾ Para perfiles estructurales; para placas y barras, ASTM especifica varios valores, que dependen del grueso del material.

⁽⁷⁾ Depende del grado, ASTM, especifica grados 50, 60, 65 y 70

En la treceava edición del Manual del Instituto Americano de Construcción en Acero (AISC) los valores de los esfuerzos a la Tensión (F_T), Flexión (F_B), Cortante (F_S), y Compresión (F_C) son obtenidos por diversos factores de F_y , como se muestra en la tabla donde los esfuerzos unitarios permitidos no exceden los siguientes valores:

| CONDICION | | | ASD | LRFD |
|---------------------------|----------------------------|----------------------|---|-------------------------------|
| Tension | | | $0.6F_y A_g \leq 0.5F_u A_e$ | $0.9F_y A_g \leq 0.75F_u A_e$ |
| Flexión | Eje resistente | $L_b \leq L_p$ | $0.66F_y S_x$ | $0.99F_y S_x$ |
| | | $L_p < L_b \leq L_r$ | Usar interpolación lineal entre L_p y L_r . | |
| | | $L_b = L_r$ | $0.42F_y S_x$ | $0.63F_y S_x$ |
| | Eje debil | | $0.9F_y S_y$ | $1.35F_y S_y$ |
| Cortante (Eje resistente) | | | $0.4F_y A_w$ | $0.6F_y A_w$ |
| Compresión | $Kl/r \leq 800/\sqrt{F_y}$ | | $0.6F_y A_g \times 0.658^P$ | $0.9F_y A_g \times 0.658^P$ |
| | $Kl/r > 800/\sqrt{F_y}$ | | $150,000 A_g / (Kl/r)^2$ | $226,000 A_g / (Kl/r)^2$ |

ASD = Allowable Stress Design = Diseño por Esfuerzo Permissible

LRDF = Load and Resistance Factor Design = Diseño por Factor de Carga y Reistencia

A_e = Area efectiva

A_g = Area bruta

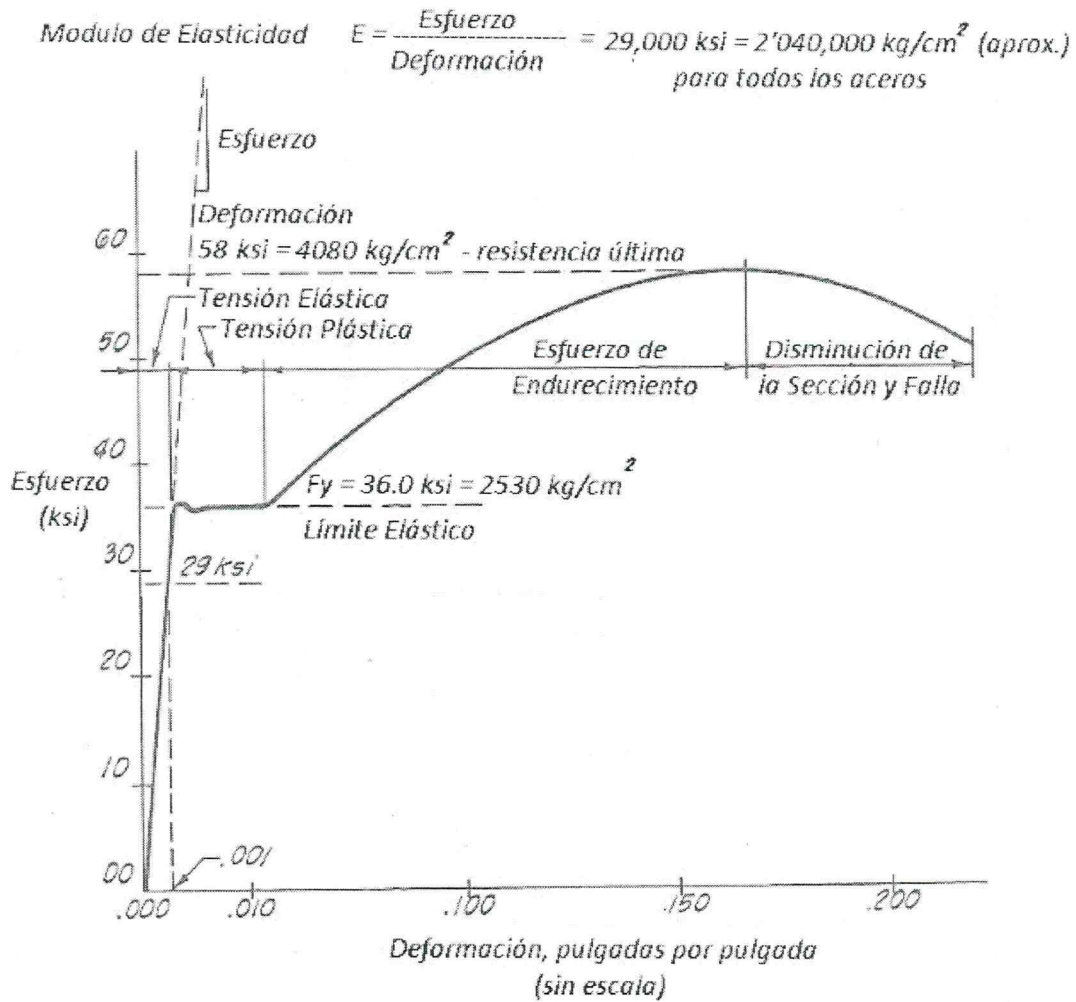
F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado

F_u = resistencia a la tracción mínima especificada

S = Modulo de sección

A_w = Área total de la sección transversal de un miembro

En la figura observamos la curva esfuerzo – deformación para el acero **ASTM A – 36**, basado en el límite elástico mínimo especificado y resistencia a la tensión

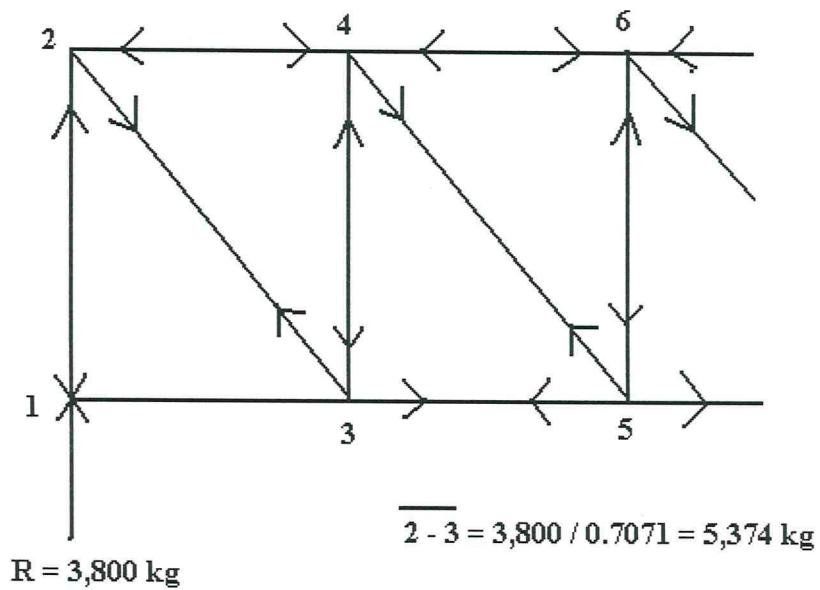


Para una mejor comprensión de estos límites de esfuerzos, se hará el diseño de un elemento de una armadura cualquiera sometido a la tensión, utilizando el acero que comúnmente se adquiere en la localidad siendo este el tipo ASTM A – 36.

Su límite elástico es de $F_y = 36 \text{ ksi} = 2,530 \text{ kg/cm}^2$

Sin embargo para trabajar dentro de los límites de seguridad y de acuerdo a la tabla **AISC** se recomienda para esfuerzos a la Tensión tomar el 60% de dicho valor, esto es, el factor de seguridad es dicho porcentaje.

De acuerdo a lo establecido si en mi armadura tengo el elemento sometido a la tensión, con una carga supuesta de 5,374 kg obtengo de la tabla anterior con la condición de Tensión:



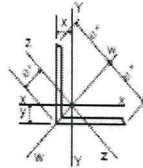
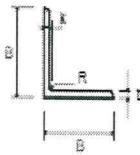
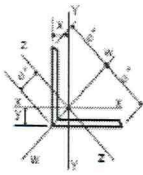
$$0.6 F_y A = F_t$$

$$0.6 \times 2,530 \times A = 5,374 \text{ kg}$$

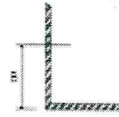
$$A = 5,374 / 1,518 = 3.54 \text{ cm}^2$$

Con los datos obtenidos se puede escoger en la siguiente tabla el ángulo de $1 \frac{1}{4}$ " de 1.5 kg/m cuya área sería de 3.86 cm^2 , aunque de no existir se puede utilizar el ángulo de $1 \frac{1}{2}$ " de 1.83 kg/m cuya área sería de 4.68 cm^2 .

ANGULOS PERFIL ESTANDAR DE LADOS IGUALES



2-b



propiedades para diseño y dimensiones para detallar

propiedades para diseño y dimensiones para detallar

| PERFIL | Espesor | # | PESO | A | R | EJE X-Y | | | | EJE W-W | | | | EJE Z-Z | | | | GRAMTL | | Diámetro máximo de Espaciamiento tornillos o tornillo mínimo | |
|--------|---------|-------|-------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|------|------|-----------------|-----------------|------|------|-----------------|-----------------|------|------|--------|------|--|----|
| | | | | | | I | S | r | x=y | I | S | r | ew | I | S | r | ez | φ | | | |
| B | mm. | Pulg. | kg/m. | cm ² | mm. | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm | mm | | | |
| 3/4 | 3.2 | 1/8 | 0.88 | 1.11 | 3.2 | 0.37 | 0.28 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.43 | 0.73 | 1.34 | 0.16 | 0.19 | 0.38 | 0.82 | 11 | 8.3 | 1/4 | 25 |
| | 4.8 | 3/16 | 1.25 | 1.59 | 3.3 | 0.50 | 0.39 | 0.58 | 0.66 | 0.58 | 0.82 | 0.72 | 1.34 | 0.17 | 0.18 | 0.38 | 0.83 | 11 | 8.3 | 1/4 | 25 |
| 1 | 3.2 | 1/8 | 1.19 | 1.52 | 3.2 | 0.82 | 0.51 | 0.79 | 0.78 | 1.24 | 0.89 | 0.93 | 1.79 | 0.41 | 0.38 | 0.48 | 1.07 | 14 | 9.5 | 3/8 | 30 |
| | 4.8 | 3/16 | 1.73 | 2.21 | 3.2 | 1.25 | 0.72 | 0.76 | 0.81 | 2.08 | 1.16 | 0.93 | 1.79 | 0.41 | 0.38 | 0.48 | 1.14 | 14 | 9.5 | 3/8 | 30 |
| 1 1/4 | 3.2 | 1/8 | 1.50 | 1.93 | 4.7 | 1.83 | 0.80 | 0.97 | 0.89 | 2.91 | 1.30 | 1.19 | 2.24 | 0.53 | 0.66 | 0.60 | 1.25 | 18 | 12.7 | 1/2 | 45 |
| | 4.8 | 3/16 | 2.20 | 2.79 | 4.7 | 2.64 | 1.16 | 0.97 | 0.97 | 3.74 | 1.67 | 1.19 | 2.24 | 0.53 | 0.61 | 0.60 | 1.37 | 18 | 12.7 | 1/2 | 45 |
| 1 1/2 | 3.2 | 1/8 | 1.83 | 2.34 | 4.7 | 3.25 | 1.18 | 1.17 | 1.07 | 5.41 | 2.01 | 1.47 | 2.69 | 1.24 | 0.82 | 0.73 | 1.51 | 20 | 12.7 | 1/2 | 45 |
| | 4.8 | 3/16 | 2.68 | 3.43 | 4.7 | 4.58 | 1.64 | 1.17 | 1.12 | 7.07 | 2.53 | 1.44 | 2.69 | 1.66 | 1.05 | 0.73 | 1.58 | 20 | 12.7 | 1/2 | 45 |
| 38.1 | 6.3 | 1/4 | 3.48 | 4.4 | 4.7 | 5.83 | 2.20 | 1.14 | 1.19 | 8.74 | 3.24 | 1.42 | 2.69 | 2.49 | 1.48 | 0.73 | 1.68 | 20 | 12.7 | 1/2 | 45 |

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
ESCUELA DE INGENIERÍA MAZATLÁN**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES I

Práctica # 2

Ensayo a compresión de cilindros de concreto

El objetivo de esta práctica es el estudio del comportamiento mecánico de los materiales sometidos a cargas de tensión y observar sus consecuencias.

Tomando en cuenta los conceptos anteriores debemos entender que el diseño de estructuras requiere que comprendamos el comportamiento mecánico de los materiales utilizados y la única forma de determinar cómo se comportan los materiales cuando se someten a cargas es efectuar experimentos en el laboratorio.

En la actualidad son un sin número de elementos estructurales con que el ingeniero civil cuenta a su disposición, para de manera óptima y consiente elija cual es el ideal para llevar a cabo una construcción, basándose en los tipos de cargas que van a resistir.

Debido a esto, es de vital importancia antes de ejecutar cualquier proyecto, realizar todo tipo de ensayos y pruebas a través de las cuales se pueda determinar el comportamiento de los elementos a la hora de la implementación de las estructuras.

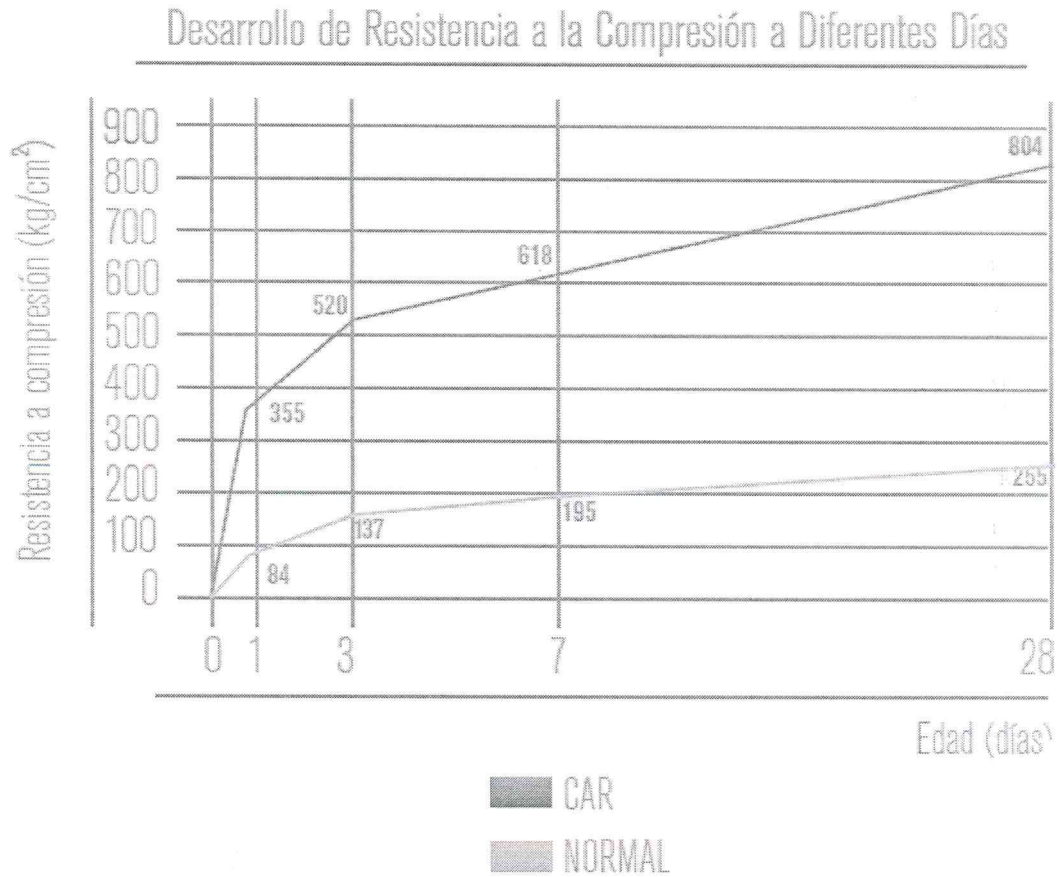
En el campo de la ingeniería civil se encuentran numerosos ensayos, en este caso hablaremos del ensayo a compresión ya que esta es una de las propiedades del concreto que más nos interesa, el concreto como material de construcción presenta alta resistencia a la compresión pero con baja resistencia a la tensión, es por esto que en este laboratorio se busca determinar que tan resistente es un concreto cuando este es sometido a una fuerza axial y los esfuerzos y deformaciones que se generan a base de la acción de esta fuerza.

El objetivo principal consiste en determinar la máxima resistencia a la compresión de un cilindro de muestra de un concreto frente a una carga aplicada axialmente.

Además, es la característica mecánica principal del concreto, dada la importancia que reviste esta propiedad, dentro de una estructura convencional de concreto reforzado, la forma de expresarla es, en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm².

La forma de evaluar la resistencia del concreto es mediante pruebas mecánicas que pueden ser destructivas, las cuales permiten probar repetidamente la muestra de manera que se pueda estudiar la variación de la resistencia u otras propiedades con el paso del tiempo.

Se pretende determinar la resistencia a la compresión del concreto a edades de 7, 14 y 28 días para analizar cuál es el comportamiento de dicha resistencia.



La resistencia de ruptura a la compresión de cilindros de concreto, es la relación de la carga máxima aplicada en el momento de la falla y el área transversal en que se aplica la carga.

Se determina con la fórmula:

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

DONDE:

- R = Resistencia de ruptura a la compresión, en Kg/cm²
- F = Carga máxima aplicada en el momento de la falla, en kg.
- A = Área de la sección transversal del cilindro, en cm²

EQUIPO UTILIZADO.

1. Cabeceador de acero.
2. Guía del cabeceador.
3. Tazón para derretir azufre.
4. Azufre.
5. Prensa universal o prensa hidráulica de compresión de 120 Kg de capacidad.
6. Cronometro.
7. Cinta métrica.
8. Balanza d 1 gr de sensibilidad.

PROCEDIMIENTO Y CÁLCULOS.

1. Se retiran los cilindros de concreto de la pila de curado.
2. Se ponen a secar sobre el sol durante un rato para que pierdan el agua superficial y se les pueda adherir el azufre derretido.
3. Se mide el diámetro y la altura del cilindro, se obtiene:
 $\varnothing =$ Diámetro en centímetros (cm).
 $h =$ altura en centímetros (cm).
4. se calcula el área transversal y el volumen:

$$A = (\pi D^2) \div 4 = 0.7864 D^2 \quad V = A h$$

DONDE:

A = Área transversal, en cm.

V = Volumen, en cm se convierten a m³

h = Altura, en cm.

5. Se toma el peso del cilindro en la balanza de 1 gr de sensibilidad,.... W_r ,... en kg.
6. Se calcula el peso volumétrico del concreto, en kg/m³
7. Se cabecea el extremo superior del cilindro con azufre para que la carga aplicada se transmita uniformemente en toda la superficie del cilindro.
8. Se coloca el cilindro de concreto en la prensa procurando que quede centrado sobre la base inferior y superior de esta. Se le aplica carga a una velocidad que oscile entre 1.4 y 3.5 kg/cm²/seg., hasta que el cilindro falle. Durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima se puede permitir una velocidad mayor. Se obtiene el valor de F, en kg.
9. Se calcula la resistencia del concreto a la compresión dividiendo la carga máxima aplicada P entre el área transversal A como se señala en la formula respectiva.
10. Se determina el % de la resistencia que tiene el concreto a esa edad.
11. Se dibuja el tipo de falla que tuvo el cilindro.
12. Los datos calculados se anotan en el formato respectivo.

| # de Cilindro | Fechas | | Edad (días) | Diámetro metro | Área | Carga Máxima P (kg) | f _c (kg/cm ²) | f _c (Proy.) | f _c (%) |
|---------------|--------|---------|-------------|----------------|------|---------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------|
| | Colado | Probado | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
ESCUELA DE INGENIERÍA MAZATLÁN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES I

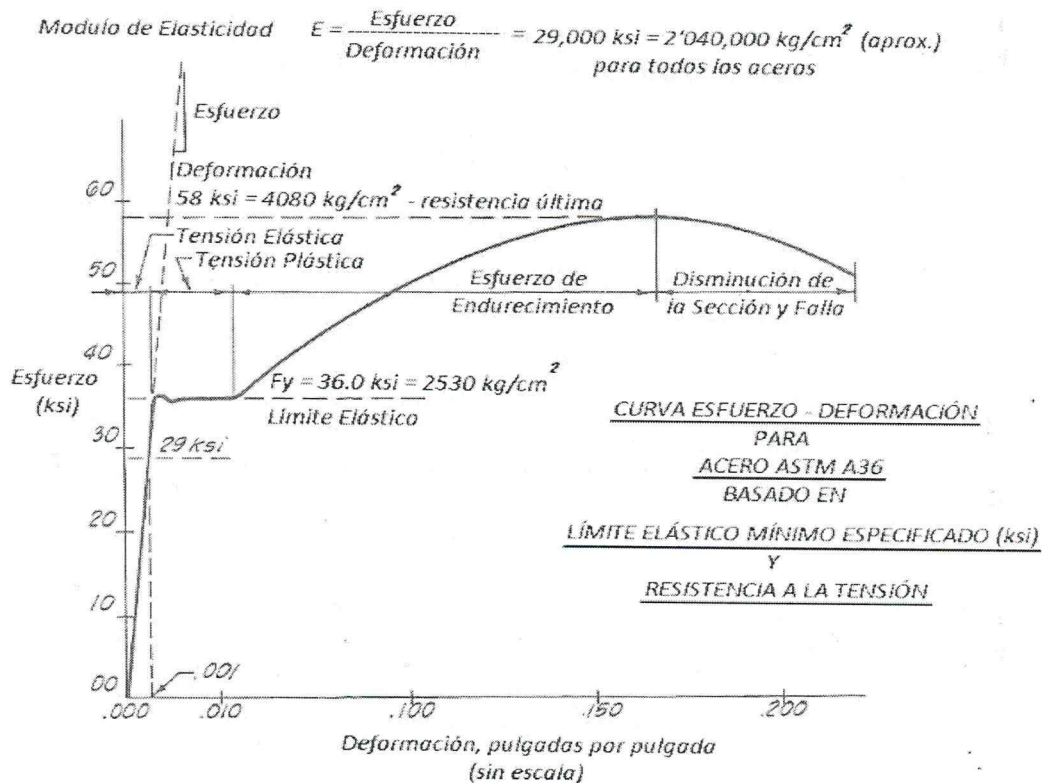
Práctica # 3

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO A-36, EFECTUANDO EL ENSAYO EN UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGA CONCENTRADA AL CENTRO DEL CLARO

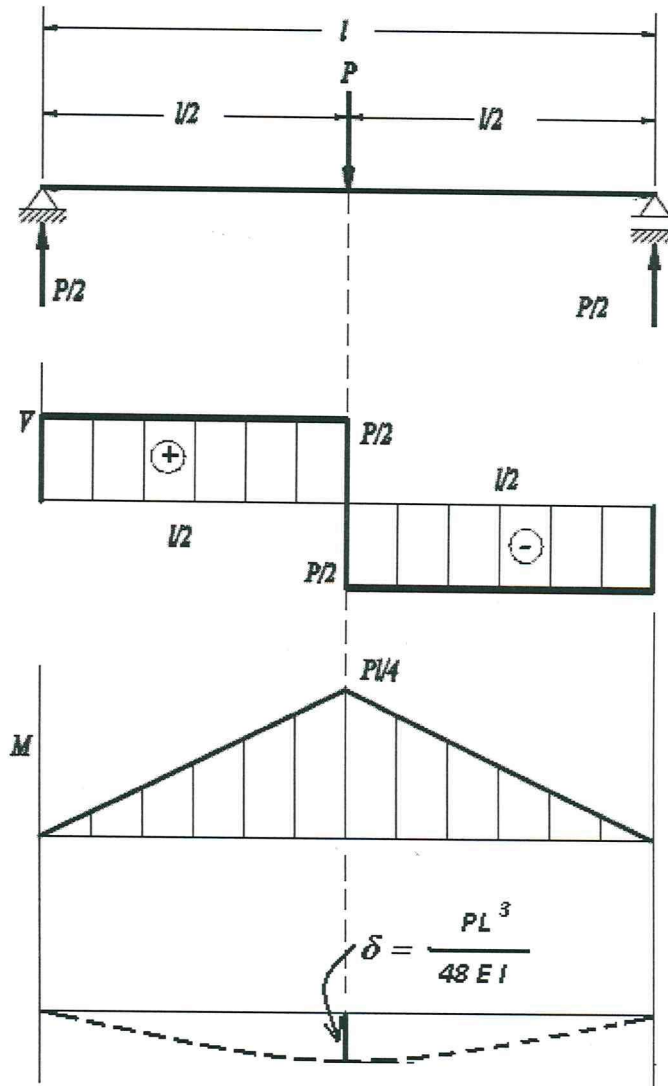
El objetivo de esta práctica es el estudio de la flexión de una viga simplemente apoyada con pequeños desplazamientos de la elástica, así como la determinación del módulo de Young del material de la viga. Es necesario recordar que la mayor parte de las estructuras de Ingeniería se diseñan para sufrir deformaciones relativamente pequeñas, además involucran solo la parte recta del diagrama **Esfuerzo - Deformación** correspondiente.

En esta practica se va analizar el problema clásico de la flexión de una viga simplemente apoyada de material elástico lineal, bajo la acción de una fuerza concentrada vertical aplicada en el centro del claro y debido a la acción de la fuerza aplicada la viga se curva.

La probeta a utilizar es una varilla cuadrada de 1/2" por lado de acero A - 36 y en la figura siguiente se muestran sus propiedades.



Los diagramas de cortante, momento y flecha de nuestra viga se muestran en la siguiente figura:



Los esfuerzos en la etapa de deformación elástica se calculan para la determinación de los esfuerzos normales en flexión.

El límite de fluencia del acero A - 36 es $F_y = 36,000 \text{ lb/plg}^2 = 2530 \text{ kg/cm}^2$

El esfuerzo a la flexión lo tomaremos como el 60% de F_y ,

esto es:

$$0.60F_y = 1,520 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo convencional de una fibra extrema sometida a flexión es:

$$\sigma = \frac{M_{flex}}{S_x}$$

Además, sabemos que:

El momento flexionante de una viga simplemente apoyada con carga concentrada al centro del claro es:

$$M = \frac{PL}{4}$$

El módulo de sección es:

$$s = \frac{I}{c}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} c = \frac{h}{2}$$

$$s = \frac{bh^2}{6}$$

Por consiguiente, la fórmula de trabajo para el cálculo de los esfuerzos elásticos durante la flexión de probetas de secciones rectangulares en A - 36 será:

$$\sigma S = M = \frac{PL}{4} \Rightarrow P = \frac{4\sigma S}{PL}$$

Con la formula anterior puedo determinar la carga máxima a aplicar dentro de los límites elásticos en la probeta utilizada, donde se tiene un claro de 84 cm.

$$\begin{aligned} L &= \text{cm} \\ S_x &= \text{cm} \\ P &= \text{Kg} \end{aligned}$$

Siendo esta carga la máxima que se puede aplicar dentro de los límites elásticos.

Cuando se aplica una fuerza P en nuestra viga, esta, se deforma respecto a su posición original, siendo esta distancia vertical la **“flecha de flexión”**

Para pequeños desplazamientos de la viga, la flecha de flexión δ debida a la fuerza P aplicada al centro del claro es proporcional a dicha fuerza.

La fórmula a emplear para determinar el desplazamiento vertical de nuestra viga es la siguiente:

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
ESCUELA DE INGENIERÍA MAZATLÁN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES I

Práctica # 4.-

Elementos sujetos a Flexión

DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS EN UNA VIGA SUJETA A FLEXIÓN PURA ASÍ COMO LA UBICACIÓN DEL EJE NEUTRO

El objetivo de esta práctica es el estudio de la flexión de una viga simplemente apoyada a la que al aplicársele una carga se producen momentos flexionantes en su interior a los cuales se requiere determinar.

Sabiendo que una viga es un elemento en el cual actúan cargas perpendiculares a su eje mayor, por lo que se genera el momento flexionante correspondiente que actúa en el interior de la viga y que hace que esta se flexione y desarrolle esfuerzos en sus fibras.

La magnitud de dichos esfuerzos dependen del momento de inercia de la sección transversal.

La siguiente figura nos muestra una viga esbelta a la que al aplicarse cargas perpendiculares se genera una deformación curva evidente donde las fibras de la viga próximas a la cara superior se acortan y se ven sometidas a **Compresión**. Por otra parte, las fibras próximas a la cara inferior se alargan y se ven sometidas a **Tensión**

EJEMPLO DE UNA VIGA

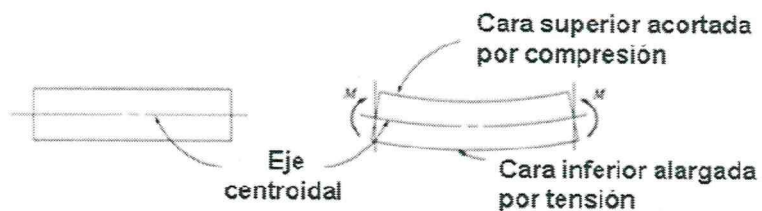


Fig. (a) Segmento de viga recto sin carga

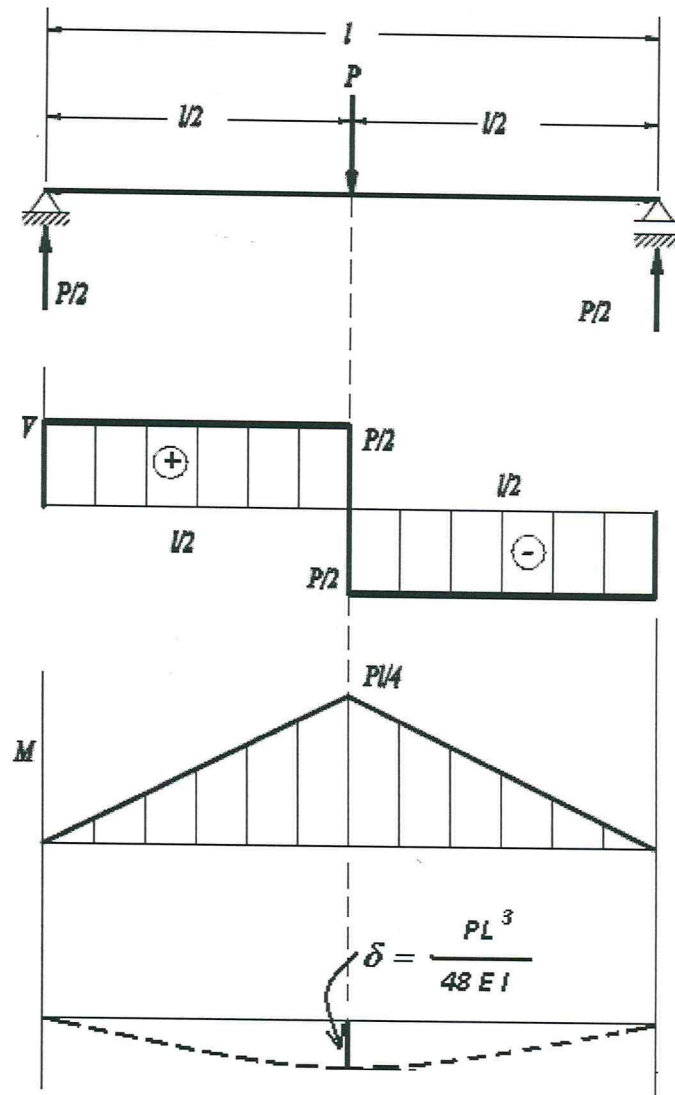
Fig. (b) Segmento deformado cuando se somete a un momento flexionante

INFLUENCIA DEL MOMENTO FLEXIONANTE EN UN SEGMENTO DE VIGA

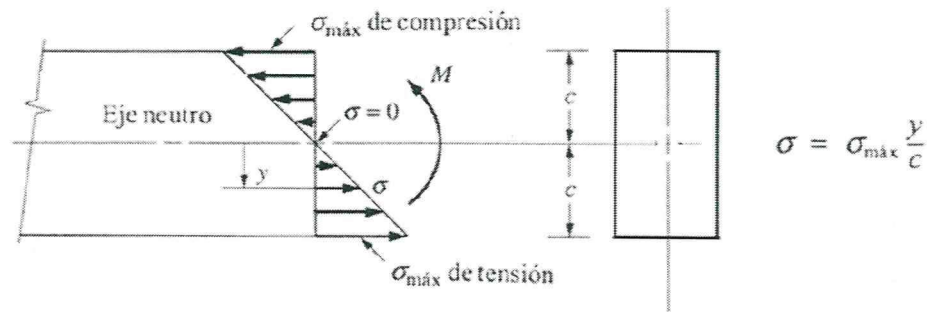
En la figura (a), podemos ver que el segmento tiene su forma original cuando no está sometido a carga, sin embargo en la figura (b), se muestra el mismo segmento deformado por la aplicación del momento flexionante.

Las líneas que inicialmente eran rectas se curvaron, los extremos del segmento, inicialmente rectos y verticales, ahora están inclinados por haber girado con respecto al eje centroidal de la sección transversal de la viga.

Utilizaremos para nuestra práctica una sección de acero A-36 de cuadrado de $\frac{1}{2}$ " por lado y le aplicaremos una carga concentrada al centro del claro por lo que presentamos la siguiente figura donde podemos observar sus respectivos diagramas de **Cortante y Momento Flexionante** generados por la carga externa aplicada



El resultado es que el material a lo largo de la cara superior se somete a compresión y por consiguiente, se acorta. Por otra parte, el material a lo largo de la cara inferior se somete a tensión y se alarga.



Distribución del esfuerzo en una sección simétrica.

El material que se encuentra sobre el Eje Neutro estará sometido a **Compresión** donde tendrá el esfuerzo de compresión máximo en la cara superior de la viga, por lo que también el material que se encuentra bajo el Eje Neutro estará sometido a **Tensión** donde tendrá el esfuerzo máximo en la cara inferior de la viga.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{Mc_b}{I} \quad (\text{tensión en la cara inferior})$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{Mc_t}{I} \quad (\text{compresión en la cara superior})$$

Se aplicará una carga aproximadamente de 30 kg, para asegurar ubicarnos dentro de los Límites Elásticos de la sección y al definirse el valor exacto de nuestra carga se sustituye para obtener el Momento Flexionante Máximo en la viga y utilizar este valor para determinar el esfuerzo correspondiente en Compresión o Tensión según sea la distancia hacia el Eje Neutro a localizar.

$$\sigma S = M_{flex} = \frac{PL}{4}$$

$$(\text{Esfuerzo Máximo}) \quad \sigma = \frac{PL}{4S}$$

$$S = \frac{I}{c}$$

$$\sigma = \sigma_{\text{máx}} \frac{y}{c}$$

Hoja de Resultados

ESCUELA DE INGENIERÍA MAZATLÁN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES I

Práctica # 5.-

Elementos sujetos a Flexión

ENSAYE DE VIGAS DE DOS MATERIALES SUJETAS A FLEXIÓN PURA

En esta práctica analizaremos una viga compuesta por dos materiales, siendo ésta formada por madera de pino de 1" de peralte y 3/4" de anchura en la parte superior y una solera de aluminio estructural tipo 6063 – T6 de 3/16" x 3/4" en la parte inferior, a la cual es necesario localizar su centro de gravedad y por lo tanto del Eje Neutro.

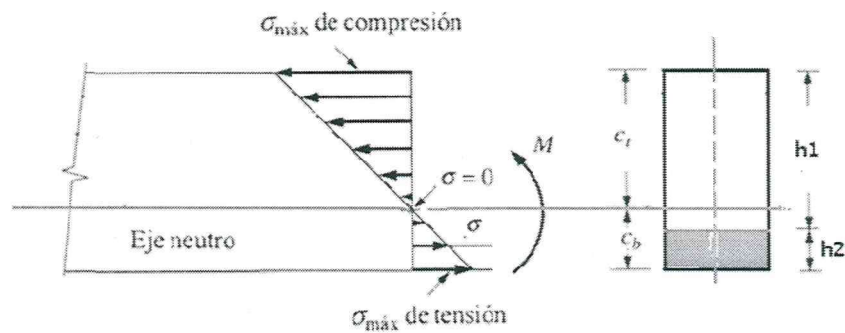
Es necesario determinar también los valores de los esfuerzos a Compresión y a Tensión tomando en cuenta los diferentes valores de Módulo de Young de cada uno de los materiales.



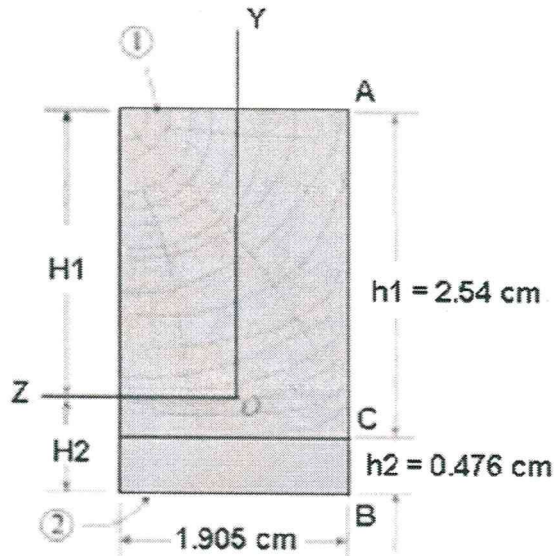
Aluminio de alta resistencia tipo 6063 - T6 de 3/16" x 3/4"

$E = 734,000 \text{ kg/cm}^2$

Debemos recordar que a lo largo del Eje Neutro, la deformación y los esfuerzos equivalen a cero



Distribución del esfuerzo en una sección compuesta



Sección transversal de la viga compuesta de madera y aluminio

En el caso de las vigas compuestas, las deformaciones unitarias se determinan a partir del mismo axioma básico que sirve para encontrar las deformaciones unitarias en las vigas de un solo material, esto significa que la posición del eje neutro se encuentra a partir de la condición en que la fuerza axial resultante que actúa sobre la sección transversal es cero, por lo que tenemos la siguiente suma de integrales:

$$E_1 \int_1 y dA + E_2 \int_2 y dA = 0$$

En la primera integral deberá evaluarse sobre el área de la sección transversal de la madera y la segunda integral, sobre el área de la sección transversal del aluminio.

$$\int_1 y dA = \bar{Y}_1 A_1 = \left(H_1 - \frac{h_1}{2} \right) (h_1 \times b)$$

$$\int_2 y dA = \bar{Y}_2 A_2 = - \left(h_1 + \frac{h_2}{2} - H_1 \right) (h_2 \times b)$$

Sustituyendo los valores de Módulo de Young correspondientes a cada material, podemos mencionar que:

$$\text{En la madera: } E_1 = 105,555 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{En el aluminio: } E = 734,000 \text{ kg/cm}^2$$

Ahora podemos sustituir en nuestra primera fórmula:

$$E_1 \int_1 y dA + E_2 \int_2 y dA = 0$$

Y nos quedará:

$$105,555 \int_1 y dA + 734,000 \int_2 y dA = 0$$

$$105,555 (\bar{Y}_1 \times A_1) + 734,000 (\bar{Y}_2 \times A_2) = 0$$

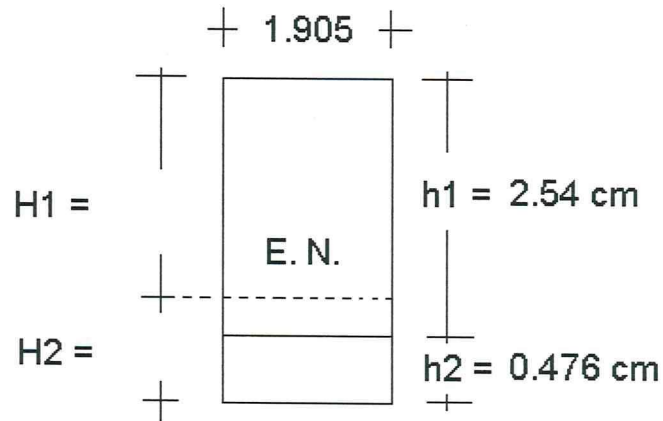
$$105,555 (H_1 - \frac{h_1}{2})(h_1 \times b) + 734,000 (- (h_1 + \frac{h_2}{2} - H_1) (h_2 \times b)$$

Sustituyendo y resolviendo las ecuaciones anteriores tendremos:

$$H_1 = \quad \text{cm}$$

Por lo tanto:

$$H_2 = \quad \text{cm}$$



Ahora, podemos obtener los momentos de inercia con respecto al Eje Neutro generado por las dos secciones de los materiales que forman parte de nuestra viga compuesta, utilizando el Teorema de Steiner:

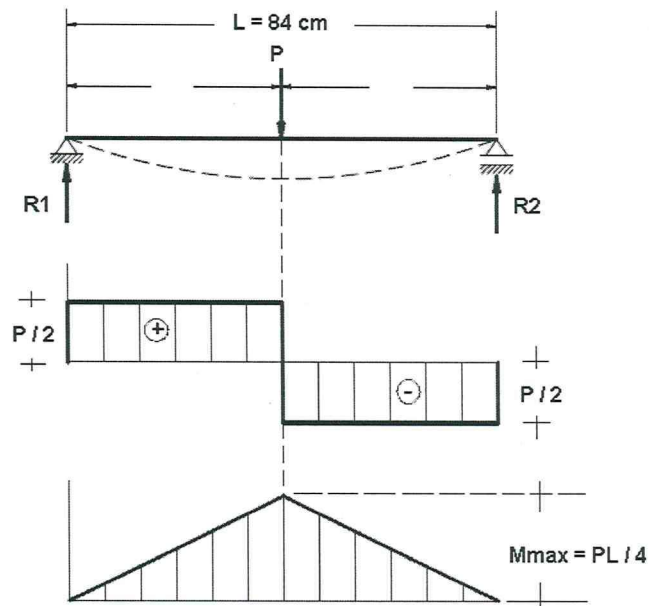
$$I = I + Ad^2$$

$$I_1 = \text{cm}^4$$

$$I_2 = \text{cm}^4$$

Sabemos también que los esfuerzos en los dos materiales se calculan con las fórmulas de flexión para vigas compuestas.

Por lo que primeramente debemos calcular el Máximo Momento Flexionante.



$$P = \quad \text{kg}$$

$$M = \quad \text{Kg - cm}$$

De acuerdo a los diagramas de esfuerzos, el material 1 (madera) presenta tanto esfuerzo de compresión en la parte superior (σ_{1A}), así como de esfuerzo de tensión en la parte inferior (σ_{1C})

$$\sigma_{1A} = \frac{MH_1E_1}{E_1I_1 + E_2I_2}$$

$$\sigma_{1C} = \frac{M(H_2 - h_2)E_1}{E_1I_1 + E_2I_2}$$

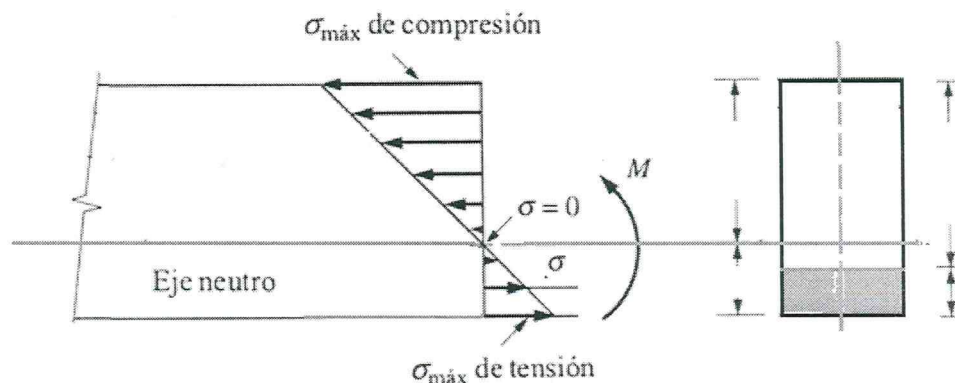
En el caso del material 2 (aluminio), se localiza abajo del Eje Neutro, por lo cual está totalmente en Tensión, el esfuerzo máximo de tensión ocurre en la parte inferior de la viga (B), donde $Y = H_2$

$$\sigma_{2B} = \frac{MH_2E_2}{E_1I_1 + E_2I_2}$$

El esfuerzo mínimo de Tensión en el material 2, ocurre en el plano de contacto (C), donde:

$$\sigma_{2C} = \frac{M(H_2 - h_2)E_2}{E_1I_1 + E_2I_2}$$

Ahora podemos describir en la figura el resultado:



Resumen de los esfuerzos en la viga compuesta de madera y Aluminio

| | | | |
|---------------|--|--------------------|----------------|
| σ_{1A} | | Kg/cm ² | COMPRESIÓN |
| σ_{1C} | | Kg/cm ² | TENSIÓN |
| σ_{2B} | | Kg/cm ² | TENSIÓN MÁXIMA |
| σ_{2c} | | Kg/cm ² | TENSIÓN MÍNIMA |

