

### Manual de prácticas de laboratorio

Programa educativo	Plan de estudios	Clave asignatura	Nombre de la asignatura
Ingeniería Aeroespacial. Ingeniería en tecnología de procesos	2018	CI408	Mecánica de Materiales I
Nombre del laboratorio		Laboratorio de Mecánica de Materiales I	
Práctica No.	Nombre de la práctica		Horas de práctica
1	Ensayo de tracción		1
2	Ensayo de tracción simulado por software		1
3	Proyecto de diseño		3
4	Ensayo de torsion		1
5	Ensayo de torsion simulado por software		1
6	Proyecto de diseño		3
7	Ensayo de esfuerzos en vigas		2
8	Ensayo de flexion simulado por software		1
9	Proyecto de diseño		3

Atributos		
Fecha	Nombre del profesor	Firma

---

# Práctica No. 1

## ENSAYO DE TRACCIÓN

---

### Resultados de aprendizaje

El alumno conocerá la operación de la maquina universal realizando ensayos de tensión bajo, obtendrá experimentalmente el módulo de elasticidad, esfuerzo de cadencia y esfuerzo último en diferentes materiales como acero, aluminio y cobre; así mismo comparar sus resultados con los publicados en manuales y libros de texto.

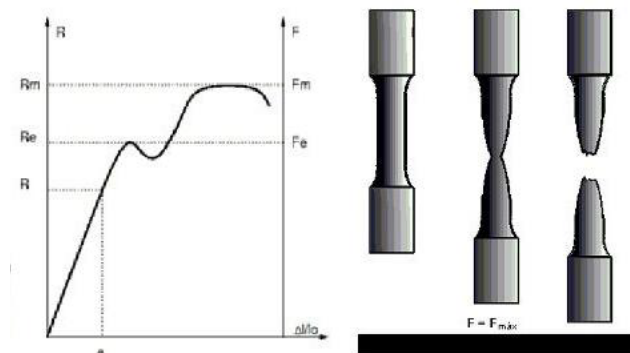
---

### Fundamento

Las propiedades mecánicas de los materiales indican el comportamiento de un material cuando se encuentran sometidos a fuerzas exteriores, como por ejemplo un estiramiento del material por una fuerza externa a él.

EL ensayo de tracción es probablemente el ensayo más fundamental de todas las pruebas mecánicas que se puede realizar en un material. Los ensayos de tracción son simples, relativamente baratos y y totalmente estandarizados (normalizados).

En este ensayo se somete al material a una fuerza de tracción, es decir, se le aplica una fuerza o varias fuerzas externas que van a tratar de estirar el material. De hecho, durante el ensayo lo estiraremos haciendo cada vez más fuerza sobre él hasta llegar a su rotura. Como ves es un ensayo Esfuerzo- Deformación.



Estirando el material, podemos determinar rápidamente cómo el material va a reaccionar ante las fuerzas que se le aplican y que tratan de estirarlo. A medida que estiramos el material, iremos viendo la fuerza que hacemos en cada momento y la cantidad que se estira el material (alargamiento).

Lógicamente Los ensayos de tracción se realizan con los materiales dúctiles, con un cierto grado de plasticidad, tales como los materiales metálicos ferrosos y no ferrosos, plásticos, gomas, fibras, etc.

Recuerda: Dúctil es un material que se puede convertir en cables o hilos, por lo que tiene capacidad para estirarse. Lo contrario a dúctil es frágil. Un material que tiene plasticidad es un material que tiene la capacidad de deformarse ante fuerzas externas antes de llegar a romperse. Si el material no tuviera plasticidad no se deformaría antes de romperse.

Los datos obtenidos en los ensayos de tracción se pueden utilizar para comparar distintos materiales y comprobar si alguno de ellos podrá resistir los esfuerzos a los que va a estar sometido cuando es utilizado en una determinada aplicación, por ejemplo, un metal en un puente, un ladrillo en una vivienda, una viga, etc.

Muchos materiales, cuando prestan servicio están sometidos a fuerzas o cargas, ejemplos de ello son los revestimientos refractarios de los hornos, las aleaciones de aluminio con las cuales se construyen las alas de los aviones, el acero de los ejes de los automóviles o las vigas y los pilares de los edificios. En tales situaciones es necesario conocer las características del material y diseñar la pieza de tal manera que cualquier deformación resultante no sea excesiva y no se produzca su rotura.

Durante la prueba, se coloca y agarra por sus extremos la probeta entre dos accesorios llamados "agarres" o "mordazas" que sujetan la probeta en la máquina del ensayo (al principio y al final puedes ver la imagen de alguna máquina de tracción). Normalmente la probeta se coloca en vertical. Ahora comenzamos aplicar una fuerza exterior por uno de los extremos de la probeta a una velocidad lenta y constante. El otro extremo de la probeta permanecerá fijado al agarre, aunque en alguna máquina se hace fuerza sobre la probeta por los dos extremos.

Todo cuerpo al soportar una fuerza aplicada trata de deformarse en el sentido de aplicación de la fuerza. En el caso del ensayo de tracción, la fuerza se aplica en dirección del eje de ella y por eso se denomina axial. La probeta se alargará en dirección de su longitud y se encogerá en el sentido o plano perpendicular.

Según vamos aplicando cada vez más fuerza sobre la probeta, la probeta llegará un momento que empezará a estirarse, disminuyendo su sección y aumentando su longitud. Seguiremos aplicando cada vez más fuerza externa hasta que llegue un momento que la probeta rompa. Este momento se llama el momento de la fractura. Por este motivo se dice que el ensayo de tracción es un ensayo destructivo, la pieza se rompe y ya no sirve.

Durante el ensayo vamos anotando los datos de fuerza (también llamada carga) y estiramiento de la probeta. Con los datos obtenidos en el ensayo podemos hacer una gráfica llamada "Curva de Tensión-Alargamiento".

Una vez finalizado el ensayo, la muestra de ensayo rota se recoge para medir la longitud final y se compara con la longitud original o inicial para obtener la elongación. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{ELONGACIÓN} \\ EL = \frac{Lf - Lo}{Lo}$$

La medida de la sección transversal original también se compara con la sección transversal final para obtener la reducción del área.

$$\text{REDUCCION DEL ÁREA} \\ AR = \frac{Ao - Af}{Ao}$$

La Tensión o también llamado "Esfuerzo de Ingeniería" es la fuerza dividida entre el área o sección original como ya vimos:

## FORMULA DE TENSIÓN

$$\sigma e = \frac{F}{A_0}$$

$\sigma e$  = Tensión

$F$  = Fuerza Aplicada

$A_0$  = Sección Inicial

**Alargamiento o Deformación Unitaria:** Es el tanto por uno en que se ha incrementado la longitud de la probeta, es decir, si la longitud inicial es  $L_0$  y en un determinado momento del ensayo es  $L$ , el alargamiento o deformación unitaria sería:

### ALARGAMIENTO O DEFORMACIÓN UNITARIA

$$e = \frac{L - L_0}{L_0}$$

$e$  = Alargamiento o Deformación Unitaria

$L_0$  = Longitud Inicial de la Probeta

$L$  = Longitud de la Probeta en un Momento determinado

Muchas veces podrás ver el símbolo del alargamiento unitario como  $\epsilon$ , en lugar de  $e$ .

**Zona Elástica:** Hay una zona de la gráfica del ensayo de tracción en la que la relación entre la tensión y la deformación es lineal, es decir hay una proporción entre la tensión aplicada y la deformación producida en el material. Más allá de esta zona, la deformación deja de ser proporcional a la tensión. En esta zona del ensayo se cumple la Ley de Hooke. Solo se cumple hasta el límite elástico que puedes ver en el diagrama.

### LEY DE HOOKE

$$\sigma e = E * e$$

$\sigma e$  = Tensión en la Zona Elástica

$E$  = Modulo de Young

$e$  = Alargamiento o Deformación unitaria

El **módulo de Young** o también llamado módulo de elasticidad longitudinal es un valor constante para cada material y se expresa en Newton/metro cuadrado. Este valor nos da la proporción entre la fuerza y la deformación del material. Sería el valor de la pendiente de la recta de la zona elástica. Es un dato que solemos saber del material que vamos a ensayar. De todas formas podríamos calcularlo con dos puntos de la recta por trigonometría de un triángulo. Luego lo veremos para no liarnos ahora.

Estas son las fórmulas principales para realizar cálculos de los ensayos de tracción, pero vamos analizar el diagrama de tracción, sus zonas y puntos importantes.

- **Límite de elasticidad o límite elástico:** Es la tensión más allá de la cual el material no recupera totalmente su forma original al ser descargado de la fuerza a la que se le somete, sino que queda con una deformación residual llamada deformación permanente **ep** o **εp**. Podemos decir que es la tensión máxima que un material elástico puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes.
- **Punto de fluencia:** Es el punto del inicio de la zona de fluencia. Es aquel donde aparece un considerable alargamiento o fluencia del material sin el correspondiente aumento de carga que, incluso puede disminuir la carga mientras dura la fluencia y aumentar de deformación como se ve en la gráfica. Esto ocurre en la llamada **zona de fluencia**. Sin

embargo, el fenómeno de la fluencia es característico del acero al carbono, mientras que hay otros tipos de aceros, aleaciones y otros metales y materiales diversos, en los que no se manifiesta la fluencia. La fluencia tiene lugar en la zona de transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido incremento de la deformación sin aumento apreciable de la carga aplicada.

Cuando la fluencia ha terminado, puede aplicarse más carga a la probeta, resultando una curva que se eleva continuamente pero que se va aplanando hasta llegar a un punto que se llama el "**esfuerzo último**", que es el esfuerzo máximo que el material es capaz de soportar. OJO no es el de rotura o fractura.

La elevación en la curva de esta manera se llama endurecimiento por deformación.

- **Zona Plástica:** En esta zona los alargamientos son permanentes. Si el ensayo se detiene, por ejemplo, en el punto A de la gráfica, se recupera el alargamiento elástico  $\epsilon_e$  sufrido, quedando un alargamiento remanente o plástico llamado  $\epsilon_p$  o  $\epsilon_r$ . La curva en la zona plástica tiene menos pendiente que en la elástica, ya que para conseguir grandes alargamientos no es necesario un incremento de la carga elevado.

Esta fuerza o carga máxima dividida por la sección inicial de la probeta determina la resistencia a la tracción del material.

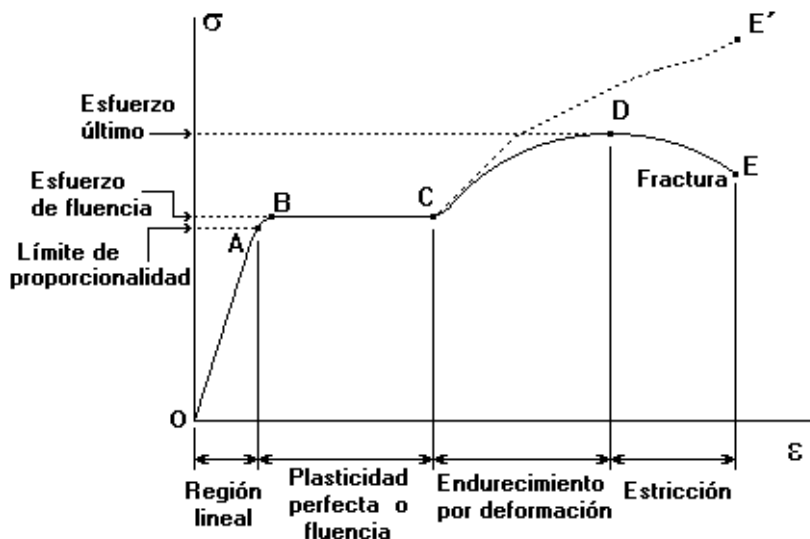
**OJO este punto de fuerza máxima es donde se termina la zona plástica, no en el punto de rotura o fractura. En la gráfica de más abajo puedes ver el punto que se llama "Esfuerzo último".** La resistencia a la tracción se conoce como  $\sigma_R$ . También se puede llamar Resistencia a la Tensión.

$$TS \text{ o } \sigma = \frac{F_{max}}{A_0}$$

Mientras la tensión aplicada es menor a  $R_m$ , la deformación es uniforme, pero al alcanzar esta tensión comienza a desarrollarse un cuello en la probeta.

- **Zona de Estricción:** A partir del punto del "esfuerzo último", la deformación se localiza en una zona determinada de la probeta en lugar de hacerlo en toda su longitud. Como resultado, tiende a desarrollarse una estricción o cuello en esta zona a medida que la probeta se alarga cada vez más. La tensión disminuye (curva hacia abajo) y la probeta termina por romperse en esa zona en el punto de fractura.

- **Esfuerzo o Carga de Fractura:** Es la fuerza a la que rompe la probeta.

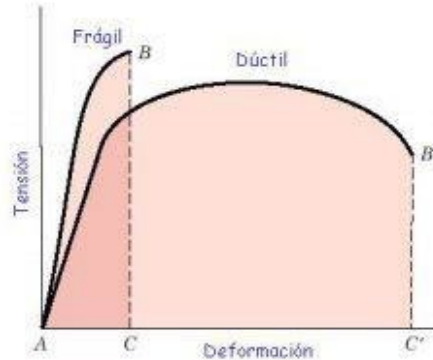


**Mediciones de ductilidad:** la ductilidad de un material es una medida del grado de deformación plástica del material que puede ser soportada hasta la fractura. La ductilidad puede expresarse cuantitativamente como alargamiento relativo porcentual, o bien mediante el porcentaje de reducción de área. El alargamiento relativo porcentual a rotura es %EL.

ALARGAMIENTO RELATIVO PORCENTUAL A ROTURA

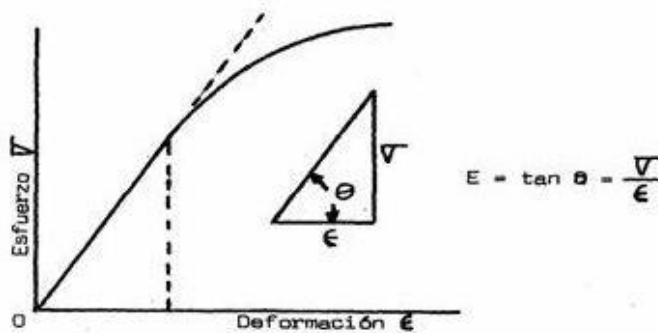
$$\%EL = \left( \frac{l_f - l_o}{l_o} \right) \times 100$$

Los comportamientos de los materiales bajo carga se pueden clasificar como dúctil o frágil, según el material muestre o no capacidad para sufrir deformación plástica.



Como hemos visto, el ensayo de tracción es un proceso de ensayo destructivo que proporciona información sobre la resistencia a la tracción, límite de elasticidad y ductilidad de un material.

### CALCULO DEL MODULO DE YOUNG



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

### Equipo y material

- Maquina universal
- Probetas estandarizadas
- Medidor Vernier
- Flexometro
- Bascula

## Desarrollo

La descripción de los pasos para llevar a cabo la práctica será proporcionada por el profesor.

---

## Cálculos y resultados

### - DATOS PUBLICADOS EN MANUALES

	ACERO	ALUMINIO	COBRE
E (Elasticidad)			
$\sigma_y$ (Cedencia)			
$\sigma_u$ (Último)			

---

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

ACERO														
DATOS PRECARGA			DURANTE LA CARGA		DATOS POSCARGA							% ERROR		
$L_o$	W	$A_o$	F(flue)	F(max)	$L_f$	$A_f$	$\epsilon$	%elon	E	$\sigma_y$	$\sigma_u$	E	$\sigma_y$	$\sigma_u$
Observaciones														

ALUMINIO														
DATOS PRECARGA			DURANTE LA CARGA		DATOS POSCARGA							% ERROR		
$L_o$	W	$A_o$	F(flue)	F(max)	$L_f$	$A_f$	$\epsilon$	%elon	E	$\sigma_y$	$\sigma_u$	E	$\sigma_y$	$\sigma_u$
Observaciones														



COBRE														
DATOS PRECARGA			DURANTE LA CARGA		DATOS POSCARGA							% ERROR		
L <sub>o</sub>	W	A <sub>o</sub>	F(flue)	F(max)	L <sub>f</sub>	A <sub>f</sub>	ε	%elon	E	σ <sub>y</sub>	σ <sub>u</sub>	E	σ <sub>y</sub>	σ <sub>u</sub>
Observaciones														

### Preguntas.

1. ¿Cuál es la diferencia entre la gráfica esfuerzo-deformación de un material completamente frágil, la de un material poco dúctil y la de un material más dúctil? Dibuje cualitativamente las tres gráficas.
2. ¿Un solo experimento es suficiente para la caracterización de un material refiriéndonos al número de ensayos que se realizan a este? Explique su respuesta.
3. Explique por qué es importante conocer el esfuerzo de cadencia de un material.
4. ¿Qué tipo de curva observo en la práctica?
5. Evidencias grafica del desarrollo de la práctica.

### Conclusiones

### Rerefencias Bibliograficas

### Anexos

---

## **Práctica No. 2**

# **ENSAYO DE TRACCIÓN SIMULADO POR SOFTWARE**

---

### **Resultados de aprendizaje**

El alumno creará piezas mecánicas con ayuda de un software, posteriormente las someterá a cargas axiales y mediante una animación observará el comportamiento físico de dichas piezas. El alumno obtendrá datos como deformación y esfuerzos.

---

### **Equipo y material**

- Equipo de cómputo.
  - Software ANSYS
- 

### **Desarrollo**

Las instrucciones y pasos serán proporcionadas por el profesor durante la sesión demostrativa.

---

### **Informe**

Incluir impresiones del ensayo simulado para las siguientes etapas:

1. Antes de aplicar la carga.
  2. Un instante después de aplicar la carga.
  3. Durante la estricción.
  4. Cuando la falla se haya presentado.
- 

### **Análisis de datos y conclusiones/comentarios**

Estas dependerán de la pieza diseñada y lo que se busque analizar específicamente.

---

### **Rreferencias Bibliograficas**

---

### **Anexos**

---

---

## Práctica No. 3

# PROYECTO DE DISEÑO

---

### Resultados de aprendizaje

El alumno deberá elegir y analizar una estructura física real con el objeto de dar solución a una problemática o dar respuesta a cuestionamientos de su interés. El análisis deberá contener conceptos como: ***cuerpo rígido en equilibrio, esfuerzos normales, deformaciones unidimensionales, criterios de diseño*** o algún otro relacionado con la materia de mecánica de materiales.

---

### Desarrollo

Se entregará documento en la fecha establecida que contenga la siguiente estructura:

- Portada (Escuela, materia, nombre del proyecto, integrantes y fecha de entrega)
  - Índice
  - Introducción (breve resumen de los temas a abordar)
  - Objetivos (señalar la problemática y lo que se busca resolver)
  - Desarrollo (hoja de cálculos, datos recolectados, simulación)
  - Resultados
  - Conclusiones
  - Fuentes de información y bibliografía.
- 

### Cálculos y resultados

Dependerá del proyecto a realizar

---

### Análisis de datos y conclusiones/comentarios

---

### Rerefencias Bibliograficas

---

### Anexos

---

---

## Práctica No. 4

### ENSAYO DE TORSIÓN

---

#### Resultados de aprendizaje

El alumno determinara experimentalmente el esfuerzo cortante inducido en una barra circular sujeta a torsión y comparara los resultados con los obtenidos analíticamente. Finalmente, el estudiante calculará el error relativo y dará sus conclusiones. Los datos del ensayo de torsión se usan para construir un diagrama carga-deformación y para determinar el límite elástico del módulo elástico de torsión, el módulo de rotura en torsión y la resistencia a la torsión. Las propiedades de cizalladura suelen determinarse en un ensayo de torsión.

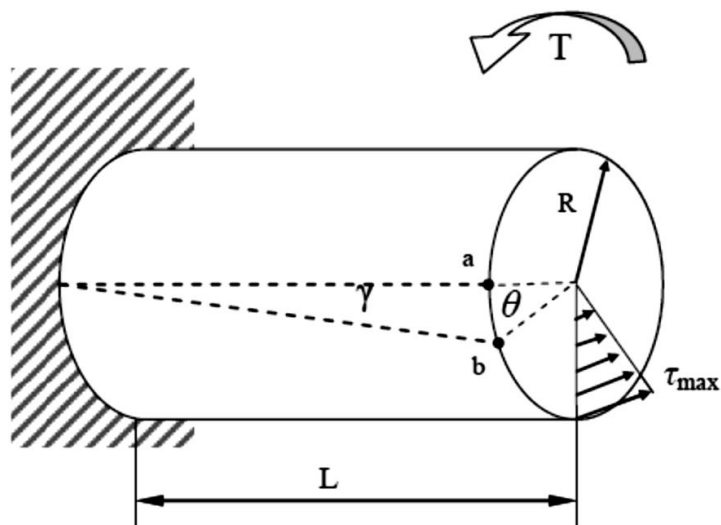
---

#### Fundamento

El ensayo de torsión consiste en aplicar un par torsor a una probeta por medio de un dispositivo de carga y medir el ángulo de torsión resultante en el extremo de la probeta. Este ensayo se realiza en el rango de comportamiento linealmente elástico del material.

Los resultados del ensayo de torsión resultan útiles para el cálculo de elementos de máquina sometidos a torsión tales como ejes de transmisión, tornillos, resortes de torsión y cigüeñales.

Las probetas utilizadas en el ensayo son de sección circular. El esfuerzo cortante producido en la sección transversal de la probeta ( $\tau$ ) y el ángulo de torsión ( $\theta$ ) están dados por las siguientes relaciones:



$$\tau = \frac{T * c}{J}$$

$$\theta = \frac{T * L}{G * J}$$

Donde:

**T:** Momento torsor.

**C:** Distancia desde el eje de la probeta hasta el borde de la sección transversal.

**J:** Momento polar de inercia de la sección transversal.

$$J = \frac{\pi D^4}{32}$$

**G:** Módulo de rigidez.

**L:** Longitud de la probeta.

---

## Equipo y material

- Máquina de torsion
  - Barras de diferente material.
  - Medidor Vernier
  - Flexómetro
  - Bascula
- 

## Desarrollo

La descripción de los pasos para llevar acabo la práctica será proporcionada por el profesor.

---

## Cálculos y resultados

	ALUMINIO
E E)elasticidad)	
V (Poisson)	
$\sigma_u$ (ultimo)	

ACERO				
CARGA (T)	DEF. ( $\theta$ )	ESFUERZO ( $\tau$ teórico)	ESFUERZO ( $\tau$ experimental)	ERROR (%)
Observaciones				

ALUMINIO				
CARGA (T)	DEF. ( $\theta$ )	ESFUERZO ( $\tau$ teórico)	ESFUERZO ( $\tau$ experimental)	ERROR (%)

## Observaciones

COBRE				
CARGA (T)	DEF. ( $\theta$ )	ESFUERZO ( $\tau$ teórico)	ESFUERZO ( $\tau$ experimental)	ERROR (%)
Observaciones				

---

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

1. ¿Por qué el cambio en el porcentaje de error en los diferentes materiales?
2. ¿Por qué cambia la deformación en cada material bajo las mismas cargas?
3. Calcula el factor de seguridad para cada material si se aplican diferentes cargas.
4. En esta práctica, ¿será posible el esfuerzo más allá del límite de elasticidad? Justifique su respuesta.
5. Desarrolle grafica de esfuerzo cortante para cada material.

## Conclusiones

---

## Rerefencias Bibliograficas

---

## Anexos

---

---

## Práctica No. 5

# ENSAYO DE TORSIÓN SIMULADO POR SOFTWARE

---

### Resultados de aprendizaje

El alumno creara piezas mecánicas con ayuda de un software, posteriormente las someterá a **carga torsionales** y mediante una animación observara el comportamiento físico de dichas piezas. El alumno obtendrá datos como **deformación angular y esfuerzos cortantes**.

---

### Equipo y material

- Equipo de cómputo.
  - Software ANSYS
- 

### Desarrollo

Las instrucciones y pasos serán proporcionadas por el profesor durante la sesión demostrativa.

---

### Cálculos y resultados

Incluir impresiones del ensayo simulado para las siguientes etapas:

1. Antes de aplicar la carga.
  2. Un instante después de aplicar la carga.
  3. Durante la carga.
- 

### Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Dependerán de la piza diseñada y lo que se busque analizar específicamente

---

### Rerefencias Bibliograficas

---

### Anexos

---

## Práctica No. 6

# PROYECTO DE DISEÑO

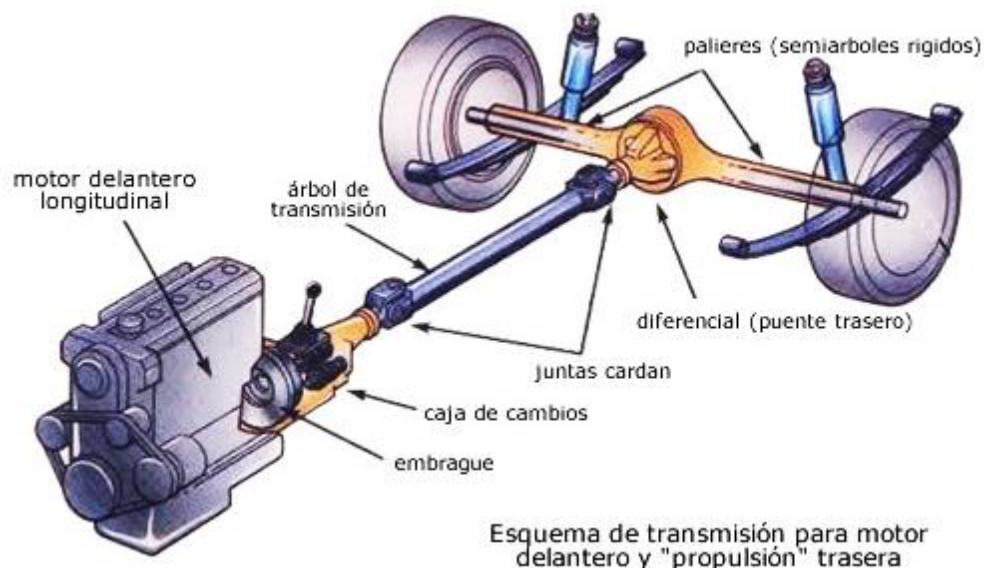
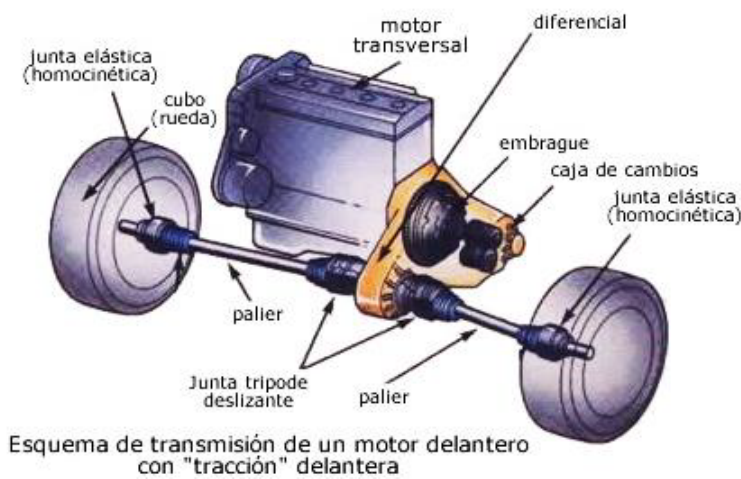
---

### Resultados de aprendizaje

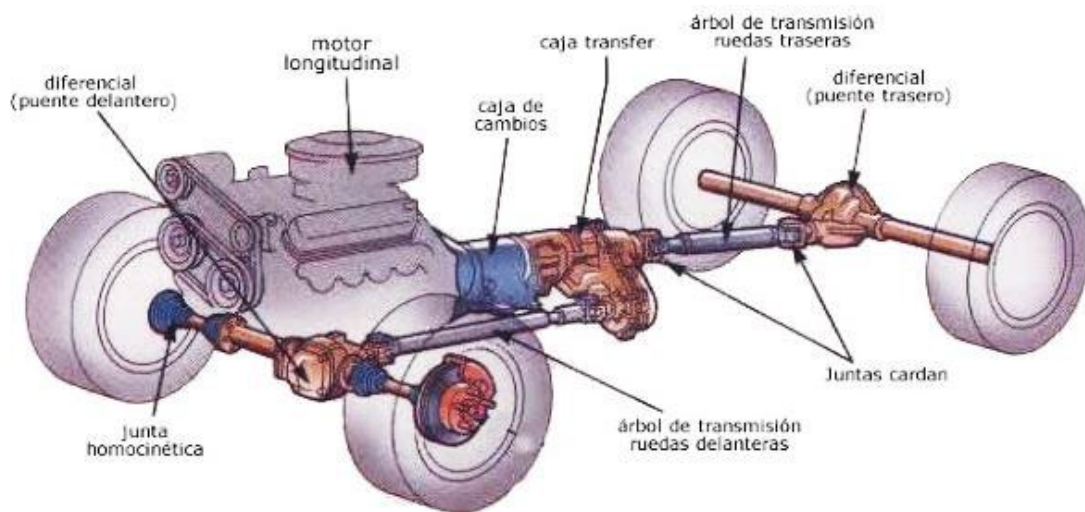
El alumno deberá elegir y analizar un **sistema de transmisión** automotriz como los mostrados a continuación. En el análisis deberá incluir conceptos como: par torsor, esfuerzo cortante, deformación angular, potencia, relación de engranes, eficiencia del sistema, etc. En cada esquema se muestran las diferentes partes que se deberán analizar.

---

### Fundamento







Esquema de transmisión para un vehículo de tracción a las 4 ruedas

---

## Desarrollo

Dependerá de las indicaciones del profesor

---

## Resultados

Se entregará documento en la fecha establecida que contenga la siguiente estructura:

- Portada (Escuela, materia, nombre del proyecto, integrantes y fecha de entrega)
- Índice
- Introducción (breve resumen de los temas a abordar)
- Objetivos (señalar la problemática y lo que se busca resolver)
- Desarrollo (hoja de cálculos, datos recolectados, simulación)
- Resultados
- Conclusiones
- Fuentes de información y bibliografía.

---

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

---

## Rerefencias Bibliograficas

---

## Anexos

---

## Práctica No. 7

# ENSAYO DE ESFUERZOS EN VIGAS

---

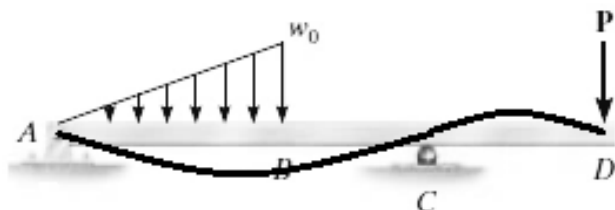
### Resultados de aprendizaje

El alumno determinara experimentalmente el esfuerzo y la deflexión para vigas con diferentes condiciones de apoyo y carga. Comparara sus resultados con los obtenidos analíticamente.

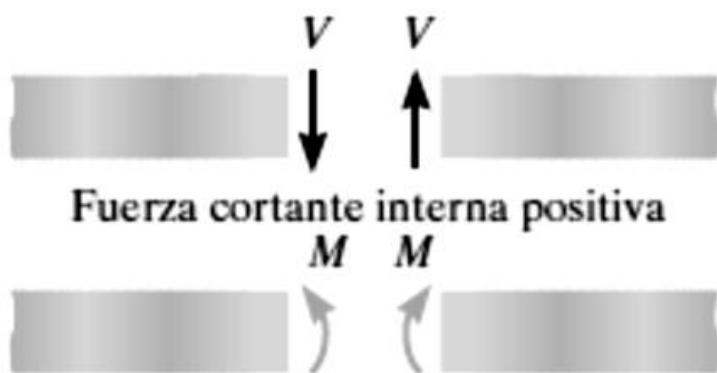
---

### Fundamento

Cuando un elemento es afectado por una carga perpendicular a su longitud, este tiende a doblarse o flexionarse. Internamente el material reaccionara de la siguiente manera:



Donde la curva representa la flexión real de la viga.

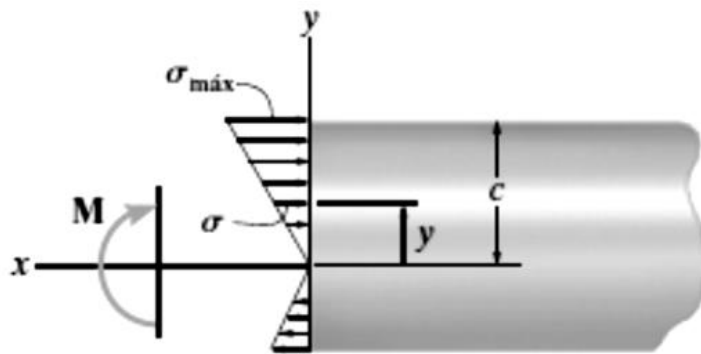


**Fuerza cortante interna positiva**

**Momento flexionante interno positivo**

Reacciones internas.

El momento causará esfuerzo normal el cual tiene el comportamiento siguiente.



Variación del esfuerzo flexionante  
(vista de perfil)

$$\sigma = -\frac{My}{I}$$

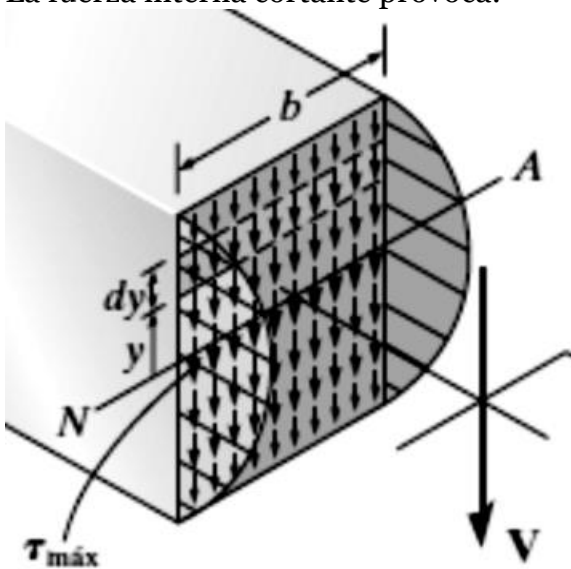
Donde:

**M**= Momento flector interno

**y**= distancia perpendicular medida desde el eje neutro, el cual pasa por el centroide de la sección transversal, hasta la partícula.

**I**= Momento de inercia

La fuerza interna cortante provoca:



$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

Donde:

**V**= Fuerza cortante interna

**Q**= flujo cortante ( $A' y'$ )

**I**= momento de inercia de la sección transversal con respecto al eje neutro.

**t**= espesor de la sección transversal.

## Equipo y material

- Marco didáctico para vigas
- Probetas estandarizadas
- Medidor Vernier
- Flexometro

---

## Desarrollo

La descripción de los pasos para llevar a cabo la práctica será proporcionada por el profesor.

---

## Cálculos y resultados

ACERO				
CARGA(F)	DEFLEXIÓN(y)	$\sigma$ experimental	$\sigma$ analítica	% ERROR
Observaciones				

ALUMINIO				
CARGA(F)	DEFLEXIÓN(y)	$\sigma$ experimental	$\sigma$ analítica	% ERROR
Observaciones				

---

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

1. Si se tienen dos vigas con dimensiones iguales, pero de diferentes materiales, ¿Por qué se reflexionan diferente bajo las mismas condiciones de carga?
  2. ¿Cuál es el error entre las deflexiones teóricas y las obtenidas en la práctica?
  3. ¿Qué modificaciones podrían hacerse para reducir los esfuerzos y las deflexiones?
  4. Con los datos obtenidos, calcule la deformación unitaria en dirección axial tomando como referencia el punto donde se presenta la deflexión máxima.
- 

## Rerefencias Bibliograficas

---

## Anexos

---

---

## Práctica No. 8

# ENSAYO DE FLEXIÓN SIMULADO POR SOFTWARE

---

### Resultados de aprendizaje

El alumno creara piezas mecánicas con ayuda de un software, posteriormente las someterá a **cargas flexionantes** y mediante una animación observara el comportamiento físico de dichas piezas. El alumno obtendrá datos como **deflexión, esfuerzos normales y cortantes**.

---

### Equipo y material

- Equipo de cómputo.
  - Software ANSYS
- 

### Desarrollo

Las instrucciones y pasos serán proporcionadas por el profesor durante la sesión demostrativa.

---

### Resultados

Incluir impresiones del ensayo simulado para las siguientes etapas:

1. Antes de aplicar la carga.
  2. Un instante después de aplicar la carga.
  3. Durante la carga.
- 

### Análisis de datos y conclusiones/comentarios

---

### Rerefencias Bibliograficas

---

### Anexos

---

## Práctica No. 9

# PROYECTO DE DISEÑO

---

### Resultados de aprendizaje

El alumno deberá elegir y analizar una estructura física real con el objeto de dar solución a una problemática o dar respuesta a cuestionamientos de su interés. El análisis deberá contener conceptos como: ***cuerpo rígido en equilibrio, esfuerzos normales por flexión, desplazamientos perpendiculares a su longitud (deflexion), criterios de diseño.***

---

### Desarrollo

Dependerá de las indicaciones del profesor

---

### Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Se entregará documento en la fecha establecida que contenga la siguiente estructura:

- Portada (Escuela, materia, nombre del proyecto, integrantes y fecha de entrega)
  - Índice
  - Introducción (breve resumen de los temas a abordar)
  - Objetivos (señalar la problemática y lo que se busca resolver)
  - Desarrollo (hoja de cálculos, datos recolectados, simulación)
  - Resultados
  - Conclusiones
  - Fuentes de información y bibliografía.
- 

### Rerefencias Bibliograficas

---

### Anexos

---

