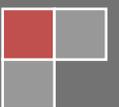


2017

RESISTENCIA DE MATERIALES

# MANUAL DE LABORATORIO

M.C. Miguel Mario Juárez Villarreal  
M.C. Alberto Parra Meza  
M.I. Ricardo Sánchez Vergara



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
MANUAL DE PRÁCTICAS**

**INDICE**

1. INTRODUCCIÓN AL LABORATORIO.
2. ESFUERZOS SIMPLES
3. PRUEBA DE TENSIÓN EN METALES
4. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES MEDIANTE LA PRUEBA DE TENSIÓN
5. PRUEBA DE COMPRESIÓN EN METALES
6. ESFUERZOS DE COMPRESIÓN EN MADERA
7. PRUEBA DE CORTANTE EN METALES
8. ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE ORIGEN TÉRMICO (VIDEO PUENTE SETO OHASHI)
9. DEFLEXIONES EN VIGAS
10. DEFLEXIONES EN VIGAS II
11. DEFLEXIONES EN VIGAS III
12. COLUMNAS
13. COLUMNAS II
14. COLUMNAS III

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	1	INTRODUCCIÓN AL LABORATORIO.	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

### **1.- INTRODUCCIÓN:**

El laboratorio de materiales es útil, ya que permite visualizar y medir el comportamiento de diferentes elementos. En el caso de la materia de Resistencia de Materiales II, el apoyo del laboratorio permitirá ver deformaciones en elementos sujetos a flexión como en el caso de vigas y a compresión como en columnas cortas y largas.

### **2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):**

Conocer el equipo, materiales, reglamento y forma de trabajar y evaluar el curso.

### **3.- TEORÍA:**

### **4.- DESCRIPCIÓN**

#### **A) PROCEDIMIENTO Y DURACION DE LA PRÁCTICA:**

Se hará un recorrido por el laboratorio de materiales, presentando a los alumnos el equipo y materiales con que se trabajará en todo el curso, dando las debidas recomendaciones de uso. Se pondrá a varios alumnos a leer las carátulas de los deformímetros y manómetros, para que se familiaricen con ellos.

También se dará lectura al reglamento del laboratorio, y se comentara sobre la forma de evaluar, como se deben de presentar los reportes y aclarando las dudas que surjan.

#### **B) CÁLCULOS Y REPORTE:**

#### **C) RESULTADOS:**

#### **D) CONCLUSIONES:** (Anota aquí tus conclusiones)

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

**5.- BIBLIOGRAFÍA:**

**6.- ANEXOS:** (Incluye aquí fotos o gráficas)

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	2	ESFUERZOS SIMPLES	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Especímenes de madera	
EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Prensa Versatest	1

**1.- INTRODUCCIÓN:**

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

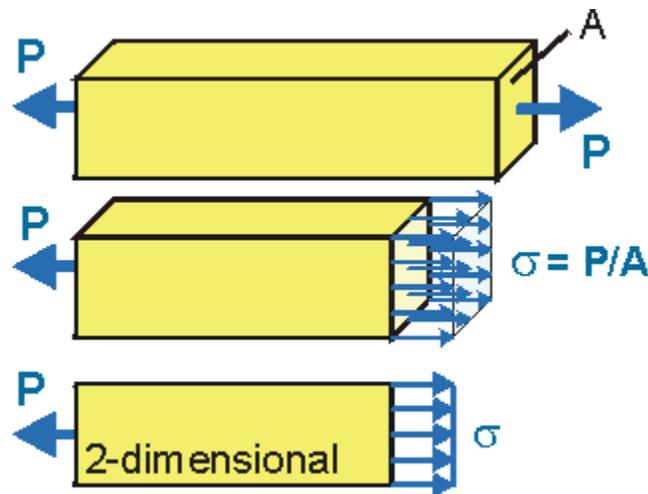
Los esfuerzos normales y cortantes debido a carga directa, son los esfuerzos más simples a considerar en la Resistencia de Materiales. En esta práctica se aplicara fuerza de compresión a diferentes especímenes de madera, para posteriormente calcular los esfuerzos que se generen.

**2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):**

Observar cómo se aplica fuerza a un espécimen, ver sobre qué área actúa y calcular el esfuerzo o esfuerzos que se aplicaron.

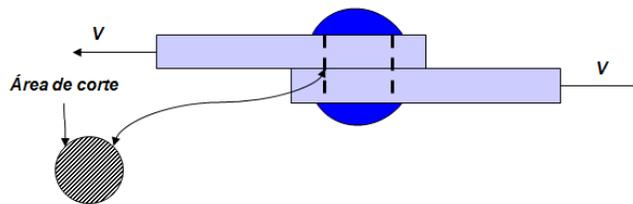
**3.- TEORÍA:**

El esfuerzo normal promedio se puede calcular a través del cociente de la fuerza axial o normal aplicada entre el área de la sección transversal de la pieza y representa la cantidad de fuerza que se transmite en un área determinada:



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

en tanto que el esfuerzo cortante es el cociente de la fuerza cortante aplicada entre el área sujeta a corte:

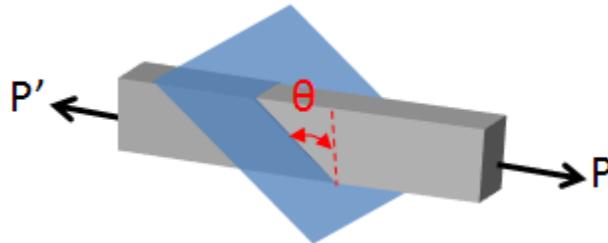


*Elemento sometido a cortante.*

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

$$\tau = \frac{V}{A_2}$$

finalmente los esfuerzos en planos oblicuos se pueden calcular con las siguientes expresiones:



$$\sigma_N = \frac{P}{A} \cos^2 \theta$$

$$\tau_N = \frac{P}{A} \sin \theta \cos \theta$$

#### 4.- DESCRIPCIÓN

##### A) PROCEDIMIENTO Y DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:

Se entrega por parte del profesor tres conjuntos de piezas de madera, de barrote 2" x 4", una de 1 ft, otra de 3 piezas de 8" pegadas como se indica en la figura y una más de 1 ft cortada y pegada en una sección oblicua



##### B) CÁLCULOS Y REPORTE:

(Anota aquí tus cálculos)

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

**C) RESULTADOS:**

**D) CONCLUSIONES:**

(Anota aquí tus conclusiones)

**5.- BIBLIOGRAFÍA:**

**6.- ANEXOS:** (Incluye aquí fotos o gráficas)

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	3	PRUEBA DE TENSIÓN EN METALES	4

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Probetas metálicas	4

EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Banco Universal de Ensayos STC 700	1
Vernier	1

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

## 1.- INTRODUCCIÓN:

Las principales propiedades mecánicas de los materiales se obtienen a través de pruebas de caracterización como es la prueba de tensión. El ensaye a tensión, permite obtener información sobre el módulo de elasticidad, esfuerzo de fluencia, esfuerzo máximo y esfuerzo de ruptura, entre otras propiedades

## 2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Aplicar a probetas de diferentes materiales metálicos la prueba de tensión, para obtener las principales propiedades mecánicas

## 3.- TEORÍA:

Entre los requisitos que deben de cumplir los equipos para realizar la prueba de tensión están: que se pueda alcanzar la fuerza necesaria para romper la probeta, que se pueda controlar la velocidad de aplicación de la carga, que sea capaz de registrarse la fuerza aplicada y que se pueda registrar la deformación de la probeta. Las componentes principales del equipo de carga son: las tenazas que sirven para sujetar la probeta, la célula de carga, para medir fuerza y deformación y el sistema de adquisición de datos. En cuanto a las probetas, existen de diferentes dimensiones y formas, debiendo de cumplir con los requisitos que marque la norma que rige esta prueba, las hay de sección transversal circular, rectangular, etc, y deben de ser de tal forma que garanticen la ruptura de la probeta dentro de la zona central de la probeta (en la longitud calibrada).

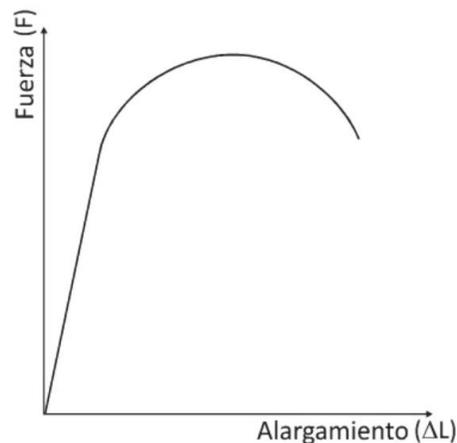
En nuestro caso usaremos el banco de ensayo universal STC 700 de Didatec, como el mostrada en la figura 1. El equipo consiste de una parte electrónica o sistema de adquisición de datos con conector usb, con un display de deformación en mm y fuerza en N, también tiene una parte mecánica donde a través de una manivela y un tornillo sin fin, se puede hacer avanzar el mecanismo para aplicar fuerzas. Cuenta también con un marco para aplicar la carga y célula S o célula de carga y deformímetro, para medir la fuerza y la deformación asociada a cada ensayo. Para la prueba de tensión, las mordazas son de rosca, de modo que como los especímenes de rosca macho, se atornillan a esas para dejar listo el espécimen a recibir carga (ver figura 2).

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Las probetas son pequeñas también, pero acordes al tamaño del equipo y sirven muy bien para la obtención de las propiedades mecánicas de los materiales, probando su utilidad didáctica al ayudar a los usuarios, entender las propiedades de los materiales.

Las probetas a utilizar pueden ser de cualquier metal. El equipo viene con dos juegos de los siguientes metales: acero, aluminio, cobre y latón. Estas probetas son de 4 mm de diámetro con una longitud calibrada de 5 cm, con rosca estándar para acoplarlo a las “mordazas”.

El equipo registra los valores de fuerza y deformación o alargamiento, con los cuales se puede generar una grafica como la mostrada en la figura



Con esos datos se procede a calcular los esfuerzos y deformaciones correspondientes y generar entonces la curva esfuerzo-deformación unitaria, que sirve para la caracterización mecánica del material del que este hecha la probeta, que se discutirá en la siguiente practica.

#### 4.- DESCRIPCIÓN

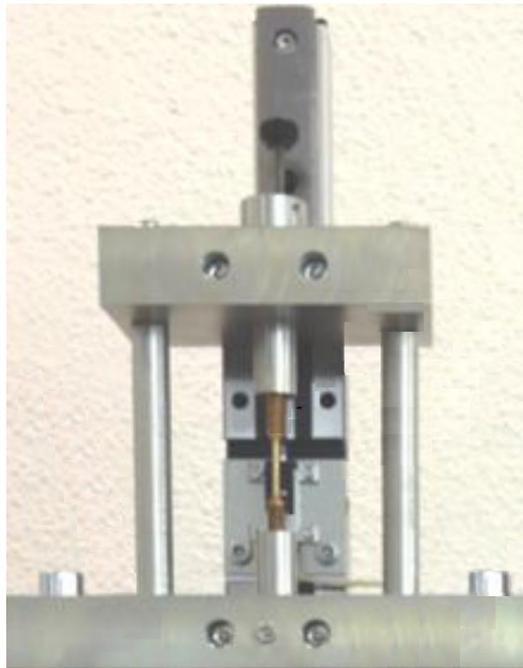
##### A) PROCEDIMIENTO Y DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:

Antes de colocar la probeta en el equipo, se debe medir, con la ayuda del vernier, su diámetro, para calcular el área de la sección transversal  $A_0$ .

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Enseguida se monta en el banco universal, la herramienta superior de tensión y se atornilla la probeta. Luego hay que insertar la herramienta inferior de tensión, atornillando también a esta parte, la probeta. Finalmente se ajusta la posición de la parte móvil de modo que la probeta este suficientemente atornillada en cada uno de los aditamentos. Luego de ajustar y “poner en ceros” el equipo, y de conectar una pc o una laptop con el conector usb del equipo, se procede a cargar la probeta a una velocidad constante (condición cuasi estática), observando la variación de fuerza y deformación, hasta llevar a la probeta a la falla (o ruptura).

Luego de realizado el ensayo, se revisa el archivo de registro de datos (archivo MS Excel) y se procesan para obtener los esfuerzos normales correspondientes a cada valor de carga registrada y las correspondientes deformaciones unitarias.



**B) CÁLCULOS Y REPORTE:**

(Anota aquí tus cálculos)

**C) RESULTADOS:**

Reporta tus resultados aquí.

**D) CONCLUSIONES:**

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

(Anota aquí tus conclusiones)

**5.- BIBLIOGRAFÍA:**

**6.- ANEXOS:** (Incluye aquí fotos o gráficas)

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	4	CARACTERIZACION DE MATERIALES MEDIANTE LA PRUEBA DE TENSION	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Especímenes metálicos	4

EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Banco Universal de Ensayos STC 700	1
Vernier	1

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

## 1. INTRODUCCIÓN

A través de la prueba de tensión, se pueden determinar algunas propiedades mecánicas de materiales, por ejemplo es posible determinar el modulo de elasticidad, el esfuerzo de fluencia, el esfuerzo máximo y el de ruptura, además de los módulos de resiliencia y de tenacidad.

## 2. OBJETIVO (COMPETENCIA)

Con los datos de la prueba de tensión, se obtendrá la curva esfuerzo deformación unitaria y se determinaran algunas propiedades mecánicas de los metales usados mas comúnmente en ingeniería.

## 3.- TEORÍA:

GENERALIDADES SOBRE LA PRUEBA DE TENSION.

Las propiedades mecánicas más usadas, aunque no necesariamente las de mayor relevancia en algunos casos, se determina usualmente mediante una prueba Estándar de tensión. Es necesario, antes de describir esta prueba, definir un nuevo concepto conocido como Deformación Unitaria.

La información de la magnitud de la carga que soportará un miembro, es insuficiente si no se proporciona el área transversal (concepto de esfuerzo), así también es insuficiente la información de la magnitud de la deformación que se producirá, sin hacer referencia a su longitud.

Consideremos a la barra de sección constante que soporta una carga axial P en su extremo. Bajo la acción de la carga, la barra sufrirá una deformación que denominaremos con la letra griega  $\delta$  (delta) dibujada en forma exagerada. Para tener una referencia estándar de comparación, en vez de hablar de deformación total, expresaremos ésta como una deformación por unidad de longitud, dividiendo la deformación total entre la longitud original de la barra, y llamaremos "Deformación Unitaria", expresándola como:

$$\varepsilon = \delta/L$$

Donde  $\varepsilon$  (épsilon) es la deformación unitaria,  $\delta$  es la deformación total y L es la longitud original.

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Se calculan dividiendo los valores de la carga entre el área de la sección transversal original de la probeta.

La deformación se obtiene midiendo el incremento de la longitud entre dos puntos marcados en la probeta (en su dirección axial), antes de empezar la prueba. Los valores de la deformación unitaria se calculan dividiendo este incremento entre la longitud original de medición.

Los valores obtenidos del esfuerzo unitario contra los correspondientes a la deformación unitaria se usan para trazar el diagrama esfuerzo deformación del material ensayado. La curva que se traza es una curva aproximada; esto es, no necesariamente pasa por cada uno de los puntos trazados. Así, la curva tiene una ventaja de indicar las lecturas o cálculos incorrectos.

Puesto que la curva es una curva promedio, representa mejor el comportamiento real del material que la que pasará por todos los puntos grafificados.

El diagrama esfuerzo-deformación tiene además la ventaja de mostrar los resultados de un ensayo en una simple ojeada; la significación de los resultados es mucho más fácil apreciarlas en el diagrama que en los datos no grafificados.

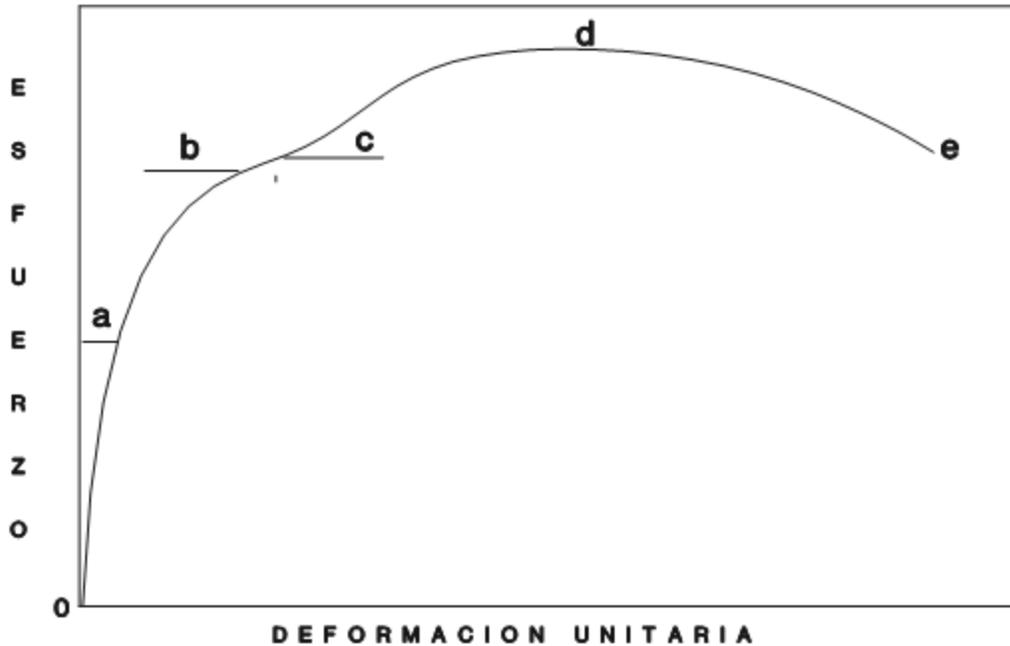
Un tipo de curva esfuerzo-deformación sin escala, se muestra en la Figura 1, Se puede ver que los esfuerzos y las deformaciones son proporcionales hasta el punto a. Al continuar cargando más allá del punto a, la deformación crece rápidamente, en relación con el crecimiento del esfuerzo, al grado que, eventualmente en el punto b, la curva se hace horizontal. Más allá del punto b se desarrolla una sorprendente relación entre esfuerzos y deformaciones. La deformación continúa creciendo rápidamente, mientras que el esfuerzo realmente disminuye hasta que de nuevo la curva se vuelve horizontal en el punto c.

Más allá de este punto el esfuerzo y la deformación crecen hasta que la curva se vuelve horizontal en el punto d. Después decrece de nuevo el esfuerzo con aumento en la deformación hasta que la fractura ocurre en el punto e.

La curva esfuerzo-deformación mostrada en la figura 1, es el tipo característico del acero estructural. Las curvas de esfuerzo-deformación de otros aceros pueden variar ligera o considerablemente en la forma general.

La curva en mención puede usarse para determinar las siguientes propiedades:

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------



**FIGURA 1 Diagrama Esfuerzo-deformación unitaria**

LIMITE DE PROPORCIONALIDAD. El límite de proporcionalidad es el mayor esfuerzo para el cual puede aplicarse la ley de Hooke. En otras palabras, es el esfuerzo en el extremo de la porción recta de la curva esfuerzo-deformación. En la figura 1, el límite de proporcionalidad es la ordenada del punto a.

PUNTO CEDENTE. Punto cedente (o de cedencia) es el esfuerzo primero, corto de la última resistencia, en el cual un material desarrolla un marcado incremento en la deformación sin aumentar el esfuerzo. En una curva esfuerzo-deformación es el esfuerzo primero, corto de la última resistencia, donde la tangente a la curva se vuelve horizontal. En la Figura 1 el punto cedente son la ordenada del punto b. Las ordenadas de los puntos b y c son a veces referidos como el punto cedente superior y el punto cedente inferior, respectivamente. Para el ingeniero el punto cedente es un esfuerzo críticamente importante, y que define el esfuerzo en el que ocurre una deformación considerable. Si se esfuerza más allá del punto cedente hasta un grado significativo, muchos miembros estructurales ya no servirán para el propósito deseado y, por lo tanto, habrán "fallado".

RESISTENCIA ULTIMA. La resistencia última es el mayor esfuerzo, basado en la sección original, que puede desarrollar un material. Así que es la máxima ordenada de la curva esfuerzo-deformación. En la figura 1, la última resistencia es la ordenada del punto d.

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

La última resistencia determinada por ensayos de tensión es conocida como resistencia a la tensión.

RESISTENCIA A LA RUPTURA. La resistencia a la ruptura es el esfuerzo en un material, basado en la sección transversal original, en el instante en que se rompe. Es la ordenada final en una curva esfuerzo-deformación. En la Figura 1, la resistencia a la ruptura es la ordenada del punto e. La resistencia a la ruptura también es conocida como resistencia a la fractura.

MODULO DE ELASTICIDAD. El módulo de elasticidad, conocido también como módulo de Young, es la constante de proporcionalidad de los esfuerzos a las deformaciones. Es igual a la pendiente de la parte recta de la curva esfuerzo-deformación con respecto al eje de la deformación. En la Figura 1, el módulo de Young es igual a la pendiente de la línea 0a. El término módulo de elasticidad es un nombre equivocado; no es una medida de elasticidad de un material. Más bien es una medida de la Rigidez, o de la habilidad de un material para soportar alto esfuerzo mientras pasa por una deformación elástica pequeña. Cuanto más tieso es un material, tanto mayor será su módulo de elasticidad.

ELASTICIDAD. Elasticidad es la propiedad de un material para deformarse bajo un esfuerzo y recuperar sus dimensiones originales cuando el esfuerzo se retira.

PLASTICIDAD. Plasticidad es la propiedad de un material para deformarse bajo un esfuerzo y retener esta deformación después de haber retirado el esfuerzo.

LIMITE ELASTICO. El límite elástico es el más grande esfuerzo que un material puede soportar elásticamente. Así el límite elástico es el más grande esfuerzo que un material puede soportar sin lograr deformación plástica. Raras veces es medido realmente el límite elástico, puesto que hacerlo requiere un gran número de operaciones de carga y descarga sucesivas en el material. Este procedimiento de carga y descarga tendrá que ser continuado siendo cada etapa de carga ligeramente mayor que la previa hasta que se logre una deformación mensurable estando el material no esforzado.

Esta deformación residual o plástica se conoce como mínima deformación permanente. Afortunadamente el límite elástico es igual al límite de proporcionalidad para todos los propósitos prácticos, para la mayoría de los materiales de ingeniería. Este hecho da lugar al uso de término límite elástico-proporcional.

#### 4.- DESCRIPCIÓN

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

### **A) PROCEDIMIENTO Y DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:**

Con los datos del ensayo de tensión, se procesan para obtener los esfuerzos normales correspondientes a cada valor de carga registrada y las correspondientes deformaciones unitarias. Con esos valores se traza entonces la curva esfuerzo deformación unitaria. Puede trazarse a mano en papel milimétrico o bien con el mismo programa de registro de datos (MS Excel). Sobre esta grafica se obtienen los valores del modulo de elasticidad (pendiente del diagrama, en el tramo elástico), y las demás propiedades, como esfuerzo de fluencia al 0.2%, esfuerzo máximo o ultimo y esfuerzo de ruptura. También se puede calcular el área bajo la curva para los módulos de tenacidad y resiliencia.

### **B) CÁLCULOS Y REPORTE:**

(Anota aquí tus cálculos)

### **C) RESULTADOS:**

Reporta tus resultados aquí.

### **D) CONCLUSIONES:**

(Anota aquí tus conclusiones)

### **5.- BIBLIOGRAFÍA:**

### **6.- ANEXOS: (Incluye aquí fotos o gráficas)**

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	5	PRUEBA DE COMPRESIÓN EN METALES	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Probetas metálicas	4

EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Banco universal de ensaye STC700	1

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

## 1. - INTRODUCCIÓN:

La prueba de compresión es otro ensayo importante en la Resistencia de Materiales, ya que sirve también para obtener propiedades mecánicas de materiales. Esta prueba se realiza sobre todo en materiales no metálicos como en el caso de materiales cerámicos y otros como madera, concreto, etc. Aquí se utilizara en metales para verificar algunas propiedades obtenidas con el ensayo de tensión.

## 2.- OBJETIVO:

Verificar propiedades mecánicas básicas en metales y ver la forma de utilizar el equipo STC 700 para aplicar compresión a probetas.

## 3.-TEORÍA:

El ensayo de compresión de metales consiste en someter una probeta metálica normalizada a fuerzas que tienden a acortar su longitud hasta romperla o hasta que falle por deformación. Algunos materiales frágiles (fundición, ladrillo, productos cerámicos) tienen una resistencia mecánica a la tensión muy baja al compararla con la resistencia a la compresión. Esto motiva que el ensayo de compresión sea de gran utilidad para determinar las principales propiedades mecánicas de éstos materiales.

El término compresión usualmente se usa para referirse a ensayos en los cuales una probeta preparada es sometida a una carga monoaxial gradualmente creciente (es decir, estática) hasta que ocurre la falla. En un ensayo de compresión, se logra sometiendo una pieza de material a una carga en los extremos que produce una acción aplastante. Con excepción de algunas piezas de ensayo arbitrariamente formadas, las probetas son cilíndrica o prismáticas en su forma y de sección transversal constante a lo largo del tramo dentro del cual las mediciones se toman. Las probetas en compresión quedan limitadas a una longitud tal que el flambeo debido a la acción columnar no constituya un factor . Así (con ciertas excepciones), se hace un intento para obtener una distribución uniforme del esfuerzo directo sobre secciones críticas normales a la dirección de la carga. El logro de estas condiciones ideales está limitado por la forma y su fidelidad de la pieza de ensayo, por la efectividad de los dispositivos de sujeción y apoyo, y por la acción de la máquina de ensaye. Aunque, por lo que respecta al sentido y a la dirección del esfuerzo, la compresión es meramente lo contrario de la tensión, existen varios factores que toman el ensayo de tensión, o compresión más deseable en un caso específico. Los más importantes de estos factores son los siguientes:

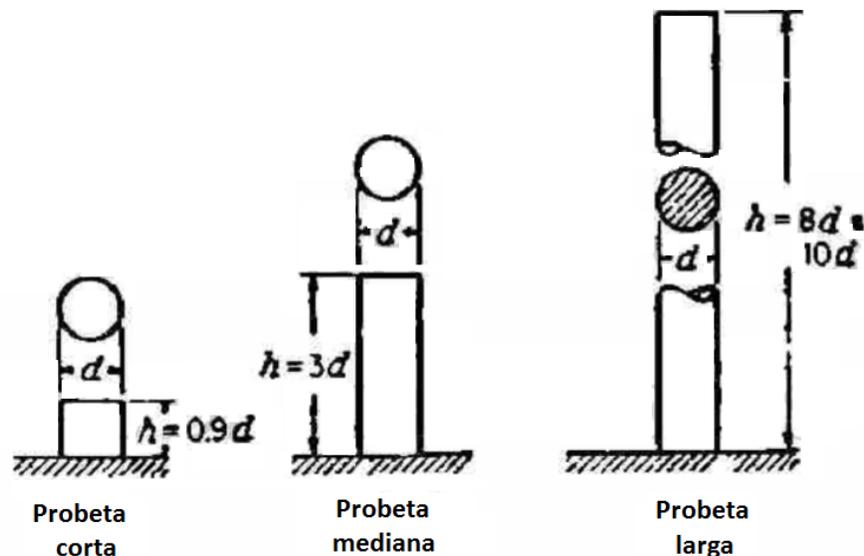
ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

1.- La dificultad de aplicar una carga verdaderamente concéntrica o axial.

2.- El carácter relativamente inestable de este tipo de carga en contraste con la carga de tensión. Existe siempre una tendencia al establecimiento de esfuerzos flexionantes ya que el efecto de las irregularidades de alineación accidentales dentro de la probeta se acentúa a medida que la carga prosigue.

3.- La fricción entre los puentes de la máquina de ensaye o las placas de apoyo y las superficies de los extremos de la probeta debido a la expansión lateral de ésta. Esto puede alterar considerablemente los resultados que se obtendrían si tal condición de ensayo no estuviera presente. Las áreas seccionales, relativamente mayores de la probeta para ensayo de compresión para obtener un grado apropiado de estabilidad de la pieza. Esto se traduce en la necesidad de una máquina de ensaye de capacidad relativamente grande o probetas tan pequeñas y, por lo tanto, tan cortas que resulta difícil obtener de ellas mediciones de deformación de precisión adecuada.

Las probetas para ensayos de compresión de materiales metálicos recomendados por la (ASTM E9) se muestran en la figura. Las probetas cortas son para usarse con metales antifricción, las de longitud mediana para uso general y las largas para ensayos que determinen el módulo de elasticidad.



ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

#### 4.- PROCEDIMIENTO:

##### A).- EQUIPO:

Se usara el banco universal de ensayos STC700, con los aditamentos para compresión.

##### B).- MATERIAL:

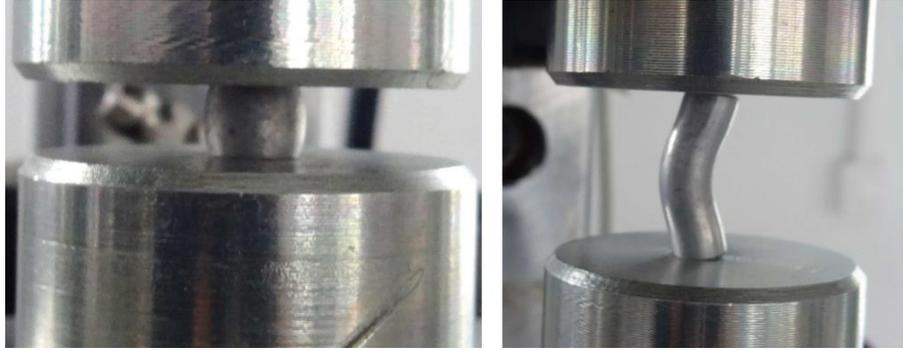
Probetas metálicas de diferente material. Con el equipo se proveen probetas de aluminio de 5 mm de diámetro y de 10 mm y 20 mm de longitud.

##### C) DESARROLLO:

Con el vernier se miden las características de las probetas a utilizar, anotando tanto la longitud como el diámetro de la probeta. Con esta última se calcula el área de la sección transversa inicial. Luego de acoplar el dispositivo para compresión al equipo STC700, se coloca la probeta en la parte central. Se ajusta el equipo a ceros y se conecta la laptop para el registro de los datos



ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**5.- RESULTADOS:**



Vista final de una probeta de aluminio  
de 5 mm de diametro  
y 10 mm de largo

Vista final de una probeta de aluminio  
de 5 mm de diametro  
y 20 mm de largo

**6.- CONCLUSIONES:**

(Anote aquí sus conclusiones)

**7.- BIBLIOGRAFÍA o CONSULTAS:**

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	6	PRUEBA DE COMPRESIÓN EN MADERA	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b>	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b>
Profesor(es)	Coordinador de Programa Educativo

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Probetas de madera	4

EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Prensa Versatest	1

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

## 1. - INTRODUCCIÓN

Para el caso de la madera, la prueba de compresión es quizá la principal prueba de caracterización de propiedades mecánicas, y siempre se hace referencia a la resistencia a compresión paralelo a la fibra o perpendicular a la fibra. Aquí se trabajara para la determinación de ambas en diferentes probetas.

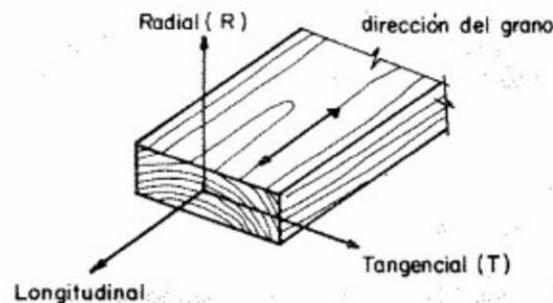
## 2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Estudiar la prueba de compresión en la madera y determinar la resistencia a la compresión máxima y rotura de diferentes piezas de madera.

## 3.-TEORÍA:

### Resistencia a compresión paralela a las fibras

La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralelos a sus fibras. Esto proviene del hecho que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide o está muy cerca de la orientación de las microfibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. Esta es la capa de mayor espesor de las fibras.



Direcciones ortogonales de la madera

La capacidad está limitada por el pandeo de las fibras más que por su propia resistencia de aplastamiento. Cuando se trata de elementos a escala natural como columnas solamente aquellas de una relación de esbeltez (longitud-ancho) menor que 10 desarrollan toda su resistencia al esforzar la sección a su máxima capacidad. Para elementos más esbeltos

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

que son los más comunes, la resistencia está determinada por su capacidad a resistir el pandeo lateral que depende mayormente de la geometría de la pieza más que de la capacidad resistente de la madera que la constituye.

La resistencia a la compresión paralela a las fibras en la madera es aproximadamente la mitad de su resistencia a la tensión.

Valores del esfuerzo de rotura en compresión paralela a las fibras para ensayos con probetas de laboratorio varían entre 100 y 900 kg/cm<sup>2</sup>, para maderas tropicales. Esta variación es función de la densidad (entre 0.2 y 0.8 de D.B.). El esfuerzo en el límite proporcional es aproximadamente el 75% del esfuerzo máximo y la deformación es del orden del 60% de la máxima.<sup>1</sup>

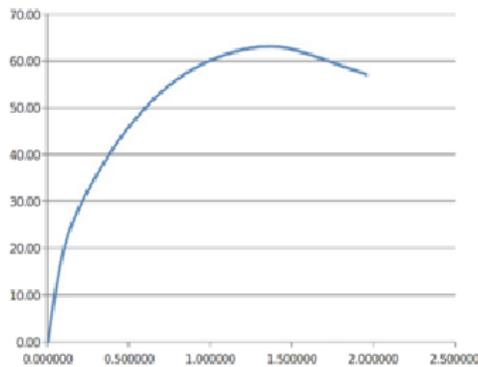


Probetas de madera



Forma de colocar la probeta para compresión paralela al grano

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**Curva Esfuerzo-deformación unitaria de una pieza de madera**

**4.- PROCEDIMIENTO:**

**A) EQUIPO:**

Se usara la prensa Versatest, tanto para compresión paralela a la fibra como perpendicular a esta.

**B).- MATERIAL:**

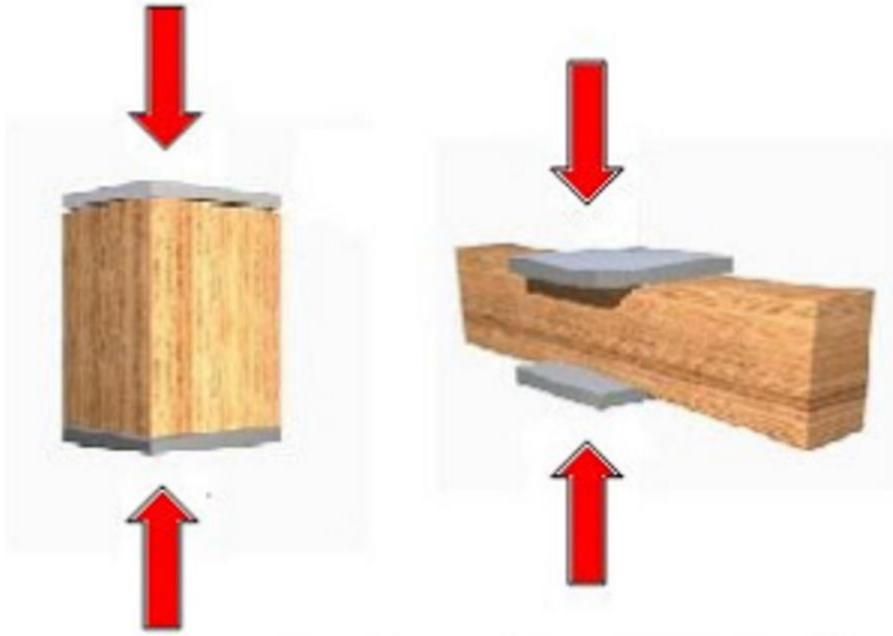
Antes de iniciar el ensayo se deben tener preparadas las muestras de madera, para el caso de compresión paralela al grano, debe de tenerse en cuenta que el sentido de la fibra sea en dirección perpendicular a las caras que serán sometidas a compresión, o la dirección del grano debe ser paralela a la aplicación de carga en el equipo. En este caso las muestras de madera deben ser de 5cm x 5cm x 15cm, la muestra será aprobada siempre y cuando el tallado genere caras totalmente paralelas entre sí, y perpendiculares a su altura.

Para compresión perpendicular al grano, las muestras pueden ser más pequeñas, generalmente de 2.5cm x 2.5 cm x 10 cm.

**C).- DESARROLLO:**

Coloque la probeta en la placa base del equipo y ajuste la altura del marco de carga, hasta que el cabezal toque ligeramente la parte superior de la probeta. Enseguida ajuste a ceros los indicadores de carga y encienda el equipo para proceder a aplicar la carga de compresión hasta que la probeta falle. Para compresión perpendicular al grano coloque la probeta “acostada” y utilice una placa, colocada en el tercio medio de la longitud, para aplicar sobre esta la carga de compresión.

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------



**5.- RESULTADOS:**

**6.- CONCLUSIONES:**

(Anote aquí sus conclusiones)

**7.- BIBLIOGRAFÍA o CONSULTAS:**

<sup>1</sup>Angulo G. Ensayo de Compresión en la Madera. Tomado de:  
[http://www.academia.edu/18616693/ENSAYO\\_DE\\_COMPRESION\\_PARA\\_MADERA](http://www.academia.edu/18616693/ENSAYO_DE_COMPRESION_PARA_MADERA)

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	7	ESFUERZO CORTANTE EN METALES	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Probetas metálicas	4

EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Banco universal de ensaye STC700	1

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

## 1. - INTRODUCCIÓN:

El ensaye a cortante permite determinar la resistencia del material al cortante, es decir el esfuerzo cortante máximo y sirve para complementar la información obtenida a través de otras pruebas o ensayos.

## 2.- OBJETIVO:

Observar la forma de realizar esta prueba y obtener el esfuerzo máximo.

## 3.-TEORÍA:

En el ensayo de corte directo ocasionalmente llamado ensayo de corte "transversal", usualmente se procede a sujetar o apoyar un prisma del material, de tal modo que los esfuerzos flexionantes se minimicen a través del plano a lo largo del cual la carga cortante se aplique. Aunque el método basta para una indicación de la resistencia al esfuerzo que puede esperarse en remaches, pernos de palanca, bloques de madera, etc. Sin embargo, debido a la flexión o la fricción entre las partes de la herramienta o a ambas, da una aproximación de los valores correctos de la resistencia al corte. Los - resultados de esa prueba dependen en un grado considerable de la dureza y el filo de los bordes de las palancas endurecidas que descansan sobre la probeta. El ensayo de corte transversal posee la limitación adicional de ser completamente inútil para la determinación de la resistencia elástica o del módulo de rigidez debido a la imposibilidad de medir las deformaciones.

En el ensayo de corte directo, el dispositivo de ensaye debe sujetar la probeta firmemente y conservar la buena alineación, y la carga debe aplicarse uniformemente en forma perpendicular al eje de la pieza. En un ensayo de corte simple, cuando se usa equipo similar al mostrado en la figura, la probeta debe extenderse suficientemente por debajo de la herramienta de carga, para evitar los esfuerzos de compresión altos. Asimismo, en el ensayo de corte doble la probeta debe empalmarse sobre el segundo dado para evitar los altos esfuerzos de compresión. La velocidad del puente para aplicar la carga no debe exceder 0.05 plg por mín. para metales. En el ensayo de corte directo, el único valor crítico que puede observarse es la carga máxima  $P$ . Si  $A$  es el área sometida a la fuerza entonces la resistencia promedio al corte es tomada simplemente como  $P/A$ . La forma y textura de la superficie fracturada debe ser reportada.

## 4.- PROCEDIMIENTO:

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

**A) EQUIPO:**

El equipo a usar es el STC700 de Didatec, preparado con los dispositivos para este ensayo de cortante en metales, como se muestra en la figura



**B) MATERIAL:**

Para este ensayo se pueden utilizar pernos o piezas de sección transversal circular, pudiendo ser de cualquier material, como metales, madera, cerámicos, etc. El máximo diámetro que se puede utilizar es de 5 mm

**C) DESARROLLO:**

Coloque el dispositivo para cortante en la parte baja del marco de carga del equipo, asegurándolo con los tornillos respectivos. En la parte superior del marco coloque la barra o punzón que servirá para aplicar la carga. Enseguida coloque la probeta, descienda manualmente el punzón de carga y ajuste el equipo a cero y conecte la pc a la salida usb y abra el archivo para el registro de datos. Aplique la carga gradualmente hasta que la probeta falle. Revise el archivo de datos y haga los cálculos correspondientes para obtener los esfuerzos y deformaciones de la probeta.

**5.- RESULTADOS:**

**6.- CONCLUSIONES:**

(Anote aquí sus conclusiones)

**7.- BIBLIOGRAFÍA o CONSULTAS:**

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

ALUMNO

.....

MATRÍCULA

.....



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	8	ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE ORIGEN TÉRMICO (VIDEO PUENTE SETO OHASHI)	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b>	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b>
Profesor(es)	Coordinador de Programa Educativo

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
DVD con la película del puente Seto Ohashi	1

EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Reproductor de DVD	1
TV	1
O bien cañón y laptop	1

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

### 1. - INTRODUCCIÓN:

En toda obra de construcción, pequeñas imperfecciones en los materiales y variaciones de temperatura y carga, pueden ocasionar serios problemas estructurales. En una gran obra como en la construcción del puente Seto-Hashi de Japón, se debieron tomar medidas importantes para lograr una estructura segura y funcional.

Como parte de esta práctica, se proyectó un video sobre la construcción de este puente. En él se observan pruebas de laboratorio, proceso constructivo y cuidados especiales, necesarios para evitar concentraciones de esfuerzos, transmisión adecuada de cargas, desplazamientos por sismo, viento, cambios de temperatura, tráfico pesado, etc.

### 2.- OBJETIVO:

Observar los procesos que fueron utilizados para la construcción del puente Seto-Hashi, las previsiones por las posibles afectaciones durante la construcción y operación, incluyendo todas las acciones dinámicas de un puente de este tipo.

### 3.-TEORÍA:

El puente Seto-Hashi, también conocido como el Gran Puente de Seto, es en realidad una serie de puentes que conectan la ciudad de Kurashiki, en la isla de Honshu, con Sakaide, en la isla de Shikoku. Constituye la primera de las tres vías de unión entre las islas japonesas de Honshu y Shikoku abierta al tráfico. Une las dos grandes islas apoyándose en cinco pequeñas islas intermedias, situadas en el mar interior de Seto.

El puente tiene dos pisos a lo largo de sus 13.1 km de longitud, lo cual lo convierte en el puente de este tipo más largo del mundo. El tablero superior aloja una autopista de peaje, mientras que el inferior es usado para el tráfico de trenes, albergando una línea férrea ordinaria así como espacio reservado para albergar una línea de alta velocidad (Shinkansen) en el futuro.

El completo está compuesto en realidad de 5 viaductos sobre las islas y 6 puentes, nombrados cada uno con su nombre propio: Shimotsui-Seto, KitaBisen-Seto y Minami Bisan-Seto, de tipo colgante o suspensión; Hitsuishijima e Iwakurojima, de tipo atirantado y el Yoshima, puente de armaduras.

Las obras comenzaron el octubre de 1978 y terminaron en abril de 1988, diez años mas tarde. Su costo fue de 7, 692 millones de dólares. En teoría está preparado para soportar vientos de hasta 150 km/h y terremotos de hasta 8.5 grados.

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Ya desde 1889 había ideas para atravesar el mar en el sitio del puente actual, pero no sería hasta 1955, fecha en la que fallecieron 171 personas en un accidente de ferry, cuando esas ideas ganaron fuerza. A partir de 1959 se organizaron conferencias para hacer publicidad sobre el proyecto, a la vez que ingenieros comenzaban a planificar el proyecto. En 1970 se creó la Sociedad del Puente Honshu-Shikoku para la coordinación de la obra. Sin embargo, la planificación se paralizó debido a la crisis del petróleo en 1973. Años más tarde, se realizaron estudios de impacto al medio ambiente, además de estudios del diseño en túneles de viento y de tramos de las armaduras en tamaño real, y finalmente en 1978 se inició la construcción.

Se requirió hundir en el mar, pilas de cimentación y luego rellenarlas de concreto. La pila más grande midió 55 metros de altura, con un peso aproximado de 180 000 toneladas. Antes de su colocación, se preparó la superficie del fondo marino, extrayendo del fondo toneladas de material suelto y haciendo una especie de pulido del fondo. Cuando se colocó la pila, el margen de error en la localización era de solamente 15 cm. La superficie superior de la pila (de concreto), se pulió para dar un acabado casi de espejo para evitar cualquier imperfección que diera lugar a concentraciones de esfuerzos. Luego se colocó una placa de cimentación de acero, cuya función era la de transmitir las grandes cargas de la torre a la cimentación.

Las torres de acero, fueron construidas para soportar cargas de 80 mil toneladas, tienen una altura de 180 m y debían ser totalmente verticales. La conexión de las diferentes placas debía ser tan precisa que cada vez que colocaban una, se verificaba con laminillas delgadas para dar la tolerancia.

Los cables principales de suspensión están formados por alambres trenzados, formando torones de gran capacidad. Cada torón está formado por 127 cables. Para el anclaje de los cables fue necesario que se hiciera durante las noches cuando la temperatura se mantiene relativamente estable y no hay dilatación del acero.

Para la estructura del puente se usaron armaduras de acero, que permiten la circulación del viento. Debido a que este puente está expuesto a grandes ráfagas, que pueden provocar oscilaciones en la estructura, se llevaron a cabo estudios en laboratorio en túnel de viento, para determinar hasta cuánto podría oscilar y los esfuerzos correspondientes en los diferentes elementos. También se realizaron estudios de efecto del viento en secciones de las armaduras a escala natural.

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

Otro aspecto que se estudió en laboratorio fue el efecto de cargas repetitivas por la acción continua de viento y de la carga dinámica por el paso de vehículos (autos y trenes), llegando a detectarse que las armaduras empezaban a fallar en una etapa temprana, debido a un problema en la soldadura de las piezas, se detectó que la falla empezaba en un pequeño hueco (llamada sopladura). Ello se solucionó al realizar la soldadura bajo estrictas condiciones controladas (evitar entrada de polvo e impurezas al sitio de soldadura, efectuar buen pulido de las piezas a soldar, realizar la soldadura con máquinas automatizadas y uso de los mejores soldadores de cada planta en sitios donde las maquinas no podían entrar).

Otro aspecto que se consideró en la construcción de este puente es que las cargas, generan deformaciones y desplazamientos, por ello en los extremos se usaron estructuras especiales que pueden tomar dichos desplazamientos.

En el video también se observa el efecto que los cambios de temperatura pueden provocar en una estructura tan grande. Por efecto de la variación térmica, el puente puede expandirse o contraerse hasta un cm por cada grado de cambio de temperatura. Ello queda plasmado en el momento de conexión del último tramo del puente, donde los trabajadores esperan a una determinada hora a que la acción del sol expanda la estructura y pueda hacerse la conexión apropiadamente.

Finalmente, se observa cómo se hace una prueba de carga con un tren de 1000 toneladas y como el puente reacciona rápidamente, deformándose y desplazándose sobre los apoyos, pero manteniéndose en perfectas condiciones, según lo previsto.

El puente fue inaugurado finalmente en abril de 1988, convirtiéndose en lo que los japoneses llamaron un puente de ensueño, luego de varias décadas de estudios y diseño.

#### **4.- PROCEDIMIENTO:**

**A) EQUIPO:**

**B) MATERIAL:**

**C) DESARROLLO:**

Observe cuidadosamente el video, poniendo especial atención a los aspectos que el profesor le indique y al finalizar, responda a las siguientes preguntas:

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

## 5.- RESULTADOS:

Reporte sus respuestas aquí y en la hoja anexa:

1. ¿Por qué se limpió tan bien la superficie de desplante en el fondo marino?
2. ¿Por qué se pulió la superficie superior de la pila principal?
3. ¿Por qué la placa de cimentación fue pulida hasta lograr una superficie tipo espejo?
4. ¿Cuál fue uno de los problemas que surgieron con las soldaduras del puente?
5. ¿Por qué era necesario esperar la noche para realizar el anclaje de cables?
6. ¿Cómo se solucionó el problema de sopladuras en las soldaduras?
7. ¿Cómo se puede evitar la formación de sopladuras en la soldadura?
8. ¿Qué ocasiona la variación de temperatura en las estructuras?
9. ¿Por qué eran importantes las vigas de conexión (llamadas en el video "traviesas")?
10. ¿Por qué se utilizaron armaduras para la estructura del puente?
11. ¿Qué tipo de estudios de laboratorio se pueden usar en las diferentes fases de un proyecto?

## 6.- CONCLUSIONES:

(Anote aquí sus conclusiones)

## 7.- BIBLIOGRAFÍA o CONSULTAS:

[http://www.geocities.jp/general\\_sasaki/puente-mundo.html](http://www.geocities.jp/general_sasaki/puente-mundo.html)

<http://urbanity.blogspot.com/2006/06/27/el-puente-seto-ohasi-japon/>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Gran\\_puente\\_de\\_Seto](http://es.wikipedia.org/wiki/Gran_puente_de_Seto)

	<b>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO</b>			
<b>LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES</b> <b>MANUAL DE PRÁCTICAS</b>				
<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b>	<b>CLAVE ASIGNATURA</b>	<b>CARRERA</b>	<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>PERIODO ESCOLAR</b>
<b>ALUMNO</b>	.....		<b>MATRÍCULA</b>	.....

<b>RESISTENCIA DE MATERIALES</b>	<b>11939</b>	<b>INGENIERÍA CIVIL</b>	<b>2009-2</b>	<b>2017-2</b>
----------------------------------	--------------	-------------------------	---------------	---------------

<b>SUBGRUPO</b>	<b>PRÁCTICA No.</b>	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA</b>	<b>DURACIÓN (HORAS)</b>
<b>#</b>	<b>9</b>	<b>DEFLEXIONES I</b>	<b>2</b>

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b>	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b>
Profesor(es)	Coordinador de Programa Educativo

<b>MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Probetas metálicas	4
Probetas de madera	2

## 1. - INTRODUCCIÓN:

Para vigas isostáticas, además de evaluar las reacciones y obtener los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante, para su diseño, a menudo hay que revisar las secciones propuestas por deformación, por ello es necesario saber evaluar las deflexiones en vigas. Además existen métodos para evaluar las reacciones de vigas estáticamente indeterminadas basados en condiciones de deformación.

<b>EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Banco universal de ensayos STC700	1
Vernier	1
laptop	1

## 2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

Se medirán deflexiones en “vigas” de diferentes materiales.

### 3.- TEORÍA:

La deflexión  $\Delta$  en un punto cualquiera de una viga sujeta a cualquier carga, depende directamente de la carga  $P$  o  $w$ , la longitud  $L$  de la viga, e inversamente a la rigidez de la viga, de modo que:

$\Delta$  se incrementa si  $w$  se incrementa

$\Delta$  se incrementa si  $L$  se incrementa

$\Delta$  decrece si  $I$  se incrementa

$\Delta$  decrece si  $E$  se incrementa

Así que:  $\delta = C_1 (wL^4/EI)$  o

$$\Delta = C_2 (PL^3/EI)$$

Donde  $C_1$  y  $C_2$ , dependen del tipo de apoyos de la viga principalmente.

En el diseño de vigas, el controlar la magnitud de las deflexiones puede ser un problema. Es difícil establecer lo que constituye una deflexión aceptable en una viga. Por ello se establece un criterio objetivo. Si una viga se deflece de modo que esto afecte el funcionamiento de otro elemento, la deflexión aceptable debe basarse en la tolerancia de otros sistemas. En otros casos el problema es más subjetivo. Muchas vigas son por ejemplo, perfectamente seguras desde el punto de vista de resistencia, pero estéticamente se deflecan de modo que puede deberse a que las vigas de soporte se deflequen mucho. Una forma empírica de controlar eso es limitar la deflexión a  $1/360$  del claro para cargas vivas solamente. Para cargas muertas y vivas las deflexiones típicamente se limitan a  $L/240$ . Existen varios métodos para calcular las deflexiones en vigas. En la presente práctica se medirán pendientes y deflexiones en “vigas” de madera.

### 4.- DESCRIPCIÓN

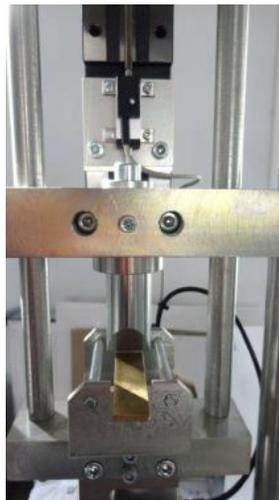
#### A) PROCEDIMIENTO Y DURACION DE LA PRÁCTICA:

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Una barra de cierto material se colocara de forma que se sostenga de dos de sus extremos de forma horizontal y se someterá a una carga en un punto medio de su longitud. Se observara como la barra se flexiona con respecto a la cantidad de carga que está soportando. Para ello se utilizara el banco universal STC700, usando los aditamentos para flexión, colocando primero la base, que es una U con una ranura para colocar la probeta, fijándola con los tornillos apropiados y en seguida hay que acoplar la barra superior con la que se aplicara o trasmitirá la carga.

Las barras a utilizar pueden ser de 150 mm de largo mínimo y de 25 mm de ancho máximo, pudiendo ser de cualquier material. Aquí se utilizaran barras metálicas de aluminio, cobre, latón y acero, además de barras de madera. Las barras se colocaran sobre su ancho es decir la flexión ocurrirá en torno de su eje débil.

Luego de colocar la probeta sobre la herramienta inferior, se ajusta el sensor de desplazamiento y el sensor de fuerza y una vez puesto en ceros y conectada la laptop, para registro de datos, se procede a aplicar la carga con velocidad constante.



Equipo con dispositivo para ensayo de flexión

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



Detalle de la base

**B) CÁLCULOS Y REPORTE:**

(Anota aquí tus cálculos)

**C) RESULTADOS:**

Reporta tus resultados aquí y en la hoja anexa: (Haz diagramas que indiquen la deflexión en los diferentes casos).

**D) CONCLUSIONES:**

(Anota aquí tus conclusiones)

**5.- BIBLIOGRAFÍA:**

Singer, F. y A. Pytel. Resistencia de Materiales. 3ª. Ed. Harla. 1995.

**6.- ANEXOS:** (Incluye aquí fotos o gráficas)

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	10	DEFLEXIONES EN VIGAS II	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Barras metálicas de diferente material	4
EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Equipo STM 500 con aditamentos para flexión	1
Deformímetro	1

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

## 1.- INTRODUCCIÓN:

Se continuará el estudio de deflexiones en vigas.

## 2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Se medirán deflexiones en barras simplemente apoyadas con carga puntual al centro, de diferentes materiales. Además se determinará el módulo de elasticidad de diversos materiales de manera alterna por vía de deflexiones.

## 3.- TEORÍA:

La teoría de flexión en vigas establece que dentro del rango elástico las pendientes y deflexiones son directamente proporcionales a los momentos de flexión aplicados (o desarrollados) a la viga e inversamente proporcional a la rigidez a la flexión. Esta rigidez está dada por el producto del módulo de elasticidad del material usado, por el momento de inercia de la sección:

$$\delta \sim \frac{M}{EI}$$

Entonces a mayor rigidez, menor deflexión y viceversa. Así, para casos específicos como viga simplemente apoyada con carga puntual al centro del claro, la deflexión máxima estará dada por:

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

Luego si se conoce la carga aplicada y la deflexión resultante, es posible determinar un valor aproximado del módulo de elasticidad.

En esta práctica cada equipo medirá varios valores de deflexión y carga llevando un registro de ellos, para calcular el módulo de elasticidad E.

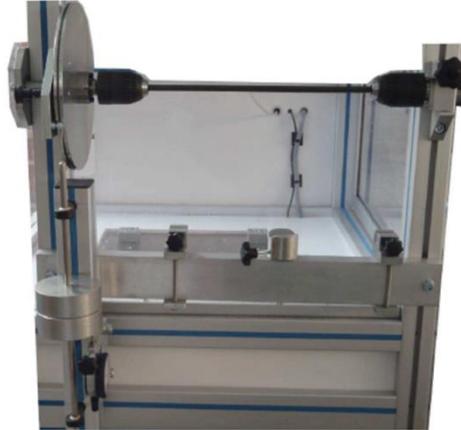
## 4.- DESCRIPCIÓN

### A) PROCEDIMIENTO Y DURACION DE LA PRÁCTICA:

Se formarán varios equipos para someter a diferentes “vigas” a cargas y medir las deflexiones, comparando la rigidez a la flexión para diferentes materiales y secciones.

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Se hará uso del equipo STM 500. Este equipo permite el estudio de la respuesta de estructuras modeladas bajo sollicitación sísmica, evidenciar los efectos de la rigidez de estructuras metálicas, visualizar los modos de resonancia de estructuras a través de su base móvil. También permite estudiar el comportamiento mecánico de barras sujetas a torsión, flexión y pandeo, y esto se lleva a cabo en la parte exterior derecha del equipo.



Vista lateral del equipo con área de pruebas de flexión, torsión y pandeo, para barras, vigas y marcos bidimensionales.

Para ensaye de flexión, se cuenta con dos apoyos donde se colocan las barras (que pueden ser metálicas, de madera o plástico), una barra de extensión con punta, para aplicar la carga a través de diferentes masas a colocarse en su parte superior, y de un deformímetro para medir la flexión o deformación de las diferentes barras.

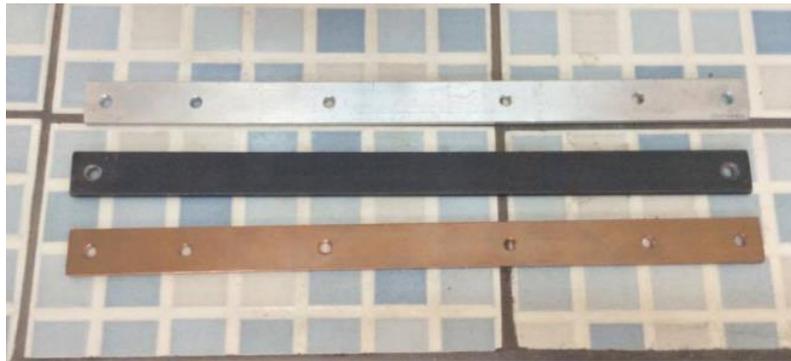


Se muestra la configuración para ensayo a flexión.

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Para caso de flexión, se coloca la probeta horizontalmente, en los apoyos (se consideraran como barras simplemente apoyadas), luego se coloca la barra para transmisión de carga, ajustando su longitud hasta que entre en contacto con la barra (carga puntual al centro del claro), se coloca el deformímetro en la parte superior y enseguida se van aplicando las cargas a través de las diferentes masas graduadas, para ir leyendo en el deformímetro las deflexiones.

Se usan barras de aluminio, acero y cobre, como las mostradas en la figura. También se pueden usar barras de madera de diferente tipo y tamaño.



Barras metálicas para ensayo de flexión

A cada una de las barras, se le aplican las mismas cargas y se consideran dos orientaciones de la sección transversal, una apoyada sobre el ancho y otra apoyada sobre el espesor de la barra, es decir con diferente momento de inercia, ello para ver la influencia de este elemento en la resistencia o rigidez a la flexión.

Se utilizarán cuatro masas, una de 500 gr. y tres de 1000 gr., que se irán agregando una tras otra. Los valores de carga y deflexión obtenidos para cada caso se tabulan.

### **B) CÁLCULOS Y REPORTE:**

(Anota aquí tus cálculos)

### **C) RESULTADOS:**

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

Reporta tus resultados aquí y en la hoja anexa: (Haz diagramas que indiquen la deflexión en los diferentes casos).

**D) CONCLUSIONES:**

(Anota aquí tus conclusiones)

**5.- BIBLIOGRAFÍA:**

Singer, F. y A. Pytel. Resistencia de Materiales. 3ª. Ed. Harla. 1995.

Beer, A. y F Johnston. Mecánica Vectorial Para Ingenieros. Estática. Mc Graw-Hill

Juárez, M. et al. STM 500 y algunos usos didácticos. Libro de Artículos de las XXIII Jornadas de Ingeniería, Arquitectura y Diseño y de la XXXIII Semana de Ciencias. págs. 175-179. Diciembre de 2016. ISBN: 978-0-692-82900-4.

**6.- ANEXOS:** (Incluye aquí fotos o gráficas)

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	11	DEFLEXIONES EN VIGAS III	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b>	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b>
Profesor(es)	Coordinador de Programa Educativo

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Tiras de madera de 1 $\frac{5}{8}$ " x 1" x 5'	4
Barrote de 1 $\frac{5}{8}$ " x 4" x 5' formado con tiras pegadas	1
Barrote de 2" x 4" x 5'	1

EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Marco de carga	1
Deformímetro	1
Anillo de carga	1
Microsoft Excell	

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

## 1.- INTRODUCCIÓN:

Una viga formada por varias capas delgadas colocadas una sobre otra al ser sometidas a cargas, se deflectará, de manera diferente a una de sección sólida. La resistencia total de la primera viga sería la suma de la resistencia de las diferentes capas. ¿Es esa resistencia mayor o menor que la de una sección sólida?

## 2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Se estudiará el comportamiento de vigas de madera formadas uniendo diferentes tablonos, comparándose con vigas de sección sólida.

## 3.- TEORÍA:

Las acciones principales en una viga con carga transversal al eje de la barra son de flexión básicamente, donde los esfuerzos normales están en función del momento flexionante aplicado. También existe el desarrollo de esfuerzos cortantes, aunque estos en la mayoría de los casos son de menor importancia, predominando para efectos de diseño la consideración de los esfuerzos normales. En la presente práctica se visualizará el efecto de los esfuerzos cortantes y se comparará el comportamiento de vigas de secciones equivalentes pero formadas de diferente forma.

## 4.- DESCRIPCIÓN

### A) PROCEDIMIENTO Y DURACION DE LA PRÁCTICA:

Se formarán varios equipos para someter a diferentes “vigas” a cargas y observar las deflexiones, comparando la rigidez a la flexión para diferentes casos.

Se unirán diferentes tiras de madera para formar una “viga”, sin que estas estén pegadas. Se colocará en el vigatest, como viga simplemente apoyada y se le aplicará una carga al centro del claro.

Observe como se deflecta la viga y haga una descripción de ésta.

¿Qué sucede entre las diferentes capas o tiras?. ¿Por que sucede esto?

Haga lo mismo pero ahora con una viga formada con tiras delgadas pero pegadas una a otra.

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

¿Qué diferencia encuentra con el caso anterior?

Haga la misma prueba pero con una viga de sección formada con dos tiras y además otra de sección sólida.

¿Cómo compararía la resistencia en los cuatro casos?

Calcule la resistencia de cada caso y reporte sus resultados y conclusiones.

**B) CÁLCULOS Y REPORTE:**

(Anota aquí tus cálculos)

**C) RESULTADOS:**

Reporta tus resultados aquí y en la hoja anexa: (Haz diagramas que indiquen la deflexión en los diferentes casos).

**D) CONCLUSIONES:**

(Anota aquí tus conclusiones)

**5.- BIBLIOGRAFÍA:**

Singer, F. y A. Pytel. Resistencia de Materiales. 3ª. Ed. Harla. 1995.

**6.- ANEXOS:** (Incluye aquí fotos o gráficas)

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	12	COLUMNAS I	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Varillas de plástico	varias
Tarugos de madera de diferente diámetro	varios
Tiras de madera de diferente espesor	varias

EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
STM 500 y dispositivo para pandeo con diferentes masas	1

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

### 1.- INTRODUCCIÓN:

Las columnas, junto con los muros de carga son los elementos estructurales más comunes de soporte vertical. Cuando una columna se somete a carga vertical creciente, a cierto nivel de carga la columna súbitamente se deforma (se pandea). Para evitar eso, la carga se debe limitar a valores menores de la llamada carga crítica de pandeo.

### 2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Observar las deformaciones de varias columnas bajo diferentes tipos de apoyo.

### 3.- TEORÍA:

Las columnas se clasifican en términos de su longitud como cortas y largas. La falla de las columnas cortas generalmente es por aplastamiento y la de las largas por pandeo, que es una falla por inestabilidad más que por resistencia. Las columnas largas son miembros en los cuales la longitud del elemento es relativamente mayor comparada con su menor dimensión lateral.

Si una carga pequeña se aplica a una columna, esta mantiene su forma lineal y continúa así a medida que la carga se incrementa. A un cierto nivel de carga la columna súbitamente se vuelve inestable y se pandea o deforma. Cuando la columna se ha pandeado ya no es capaz de soportar carga adicional. Si se incrementa la carga, causará más pandeo y llevará al rompimiento de la columna. Esto se conoce como segunda falla de la columna, ya que la máxima capacidad de carga de ésta es la asociada al pandeo inicial. Una columna en pandeo está fuera de servicio.

El fenómeno del pandeo está asociado con la rigidez del elemento. Una columna con baja rigidez se pandeará antes que una con mayor rigidez. Un incremento en la longitud de la columna hará que a una menor carga se pandee.

La carga crítica de pandeo depende directamente de la rigidez de la columna e inversamente del cuadrado de la longitud:

$$P_{cr} = \pi^2 EI / L^2$$

Esto es lo que se conoce como carga crítica de Euler.

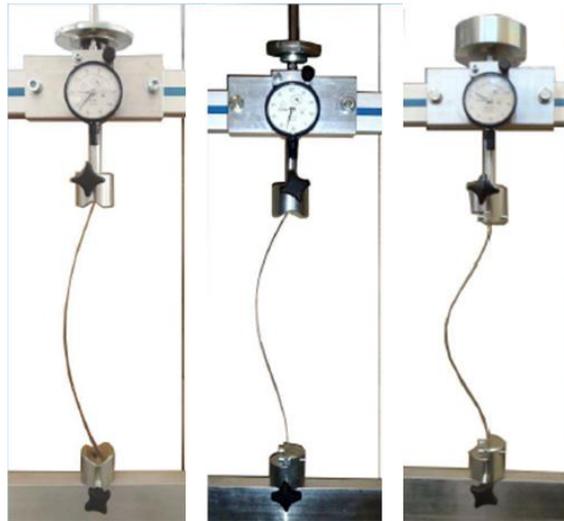
ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

La forma de pandeo depende de las condiciones de apoyo de la columna y de su geometría. En la presente práctica se tratará de visualizar las formas de pandeo de diferentes “columnas”

#### 4.- DESCRIPCIÓN

##### A) PROCEDIMIENTO Y DURACION DE LA PRÁCTICA:

Se usara el equipo STM 500. Para el estudio de pandeo, asociado a columnas, el equipo consta de dos apoyos, un soporte para masas y un deformímetro. Los apoyos se pueden cambiar para dar tres posibles configuraciones del ensayo de pandeo (diferentes puntas), de modo que se pueden considerar las barras doblemente articuladas, articulada y fija, o doblemente fija o empotrada. Las masas se colocan en la parte superior para estudiar el pandeo de las barras.



Diferentes arreglos para pandeo.

Se formarán varios equipos para someter a diferentes “columnas” a cargas y observar las deflexiones, comparando el pandeo para diferentes casos.

Un primer equipo trabajará “columnas” doblemente articuladas, colocando en la parte superior, pesas hasta que cada columna se defleccione.

Otro equipo usará la opción de doble empotramiento.

Otro equipo trabajara con “columnas” doblemente empotradas.

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Cada equipo usará tarugos de diferente diámetro y tiras de diferente ancho. Debiendo anotar cada disposición y reportando sus resultados y conclusiones

**B) CÁLCULOS Y REPORTE:**

(Anota aquí tus cálculos)

**C) RESULTADOS:**

Reporta tus resultados aquí y en la hoja anexa:

**D) CONCLUSIONES:**

(Anota aquí tus conclusiones)

**5.- BIBLIOGRAFÍA:**

(Anota aquí la bibliografía consultada)

**6.- ANEXOS:** (Incluye aquí fotos o gráficas)

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	13	COLUMNAS II	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Tarugos de madera de diferente diámetro	varias
EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Versatester	1

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

## 1.- INTRODUCCIÓN:

Las columnas de madera son elementos estructurales muy usados en nuestro medio, tanto como elementos de soporte de sistemas temporales (cimbra) como permanentes. Su capacidad de carga depende del módulo de elasticidad así como de la relación de esbeltez. En la presente práctica se estudiara la variación de la resistencia de elementos circulares de madera sometidos a carga axial, para diferentes diámetros.

## 2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Medir capacidad de carga de "columnas" de madera de diferente diámetro.

## 3.- TEORÍA:

La relación de esbeltez es el cociente de la longitud efectiva de una columna entre el radio de giro de la sección transversal, siendo esta posible de determinarse a través de la raíz cuadrada del cociente del momento de inercia entre el área de la sección. Obviamente a mayor diámetro, para una misma longitud, se tendrá una menor relación de esbeltez y por tanto una carga crítica mayor. Es decir se requerirá una mayor fuerza o carga axial para producir pandeo en una barra.

## 4.- DESCRIPCIÓN

### A) PROCEDIMIENTO Y DURACION DE LA PRÁCTICA:

Se formarán varios equipos para someter a diferentes "columnas" a carga, hasta que se presente el pandeo en cada una, registrando el valor máximo de carga. Cada columna se considerará como articulada en los extremos..

Cada equipo usará tarugos de diferente diámetro, debiendo anotar sus características y reportando sus resultados y conclusiones

### B) CÁLCULOS Y REPORTE:

(Anota aquí tus cálculos)

### C) RESULTADOS:

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Reporta tus resultados aquí y en la hoja anexa:

**D) CONCLUSIONES:**

(Anota aquí tus conclusiones)

**5.- BIBLIOGRAFÍA:**

(Anota aquí la bibliografía consultada)

**6.- ANEXOS:** (Incluye aquí fotos o gráficas)

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**MANUAL DE PRÁCTICAS**

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CLAVE ASIGNATURA	CARRERA	PLAN DE ESTUDIOS	PERIODO ESCOLAR
RESISTENCIA DE MATERIALES	11939	INGENIERÍA CIVIL	2009-2	2017-2

SUBGRUPO	PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN (HORAS)
#	14	COLUMNAS III	2

<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA PRÁCTICA</b>	.....
<b>MAESTRO QUE IMPARTE LA TEORÍA</b>	.....

Elaboración del manual: <b>M.C. MIGUEL MARIO JUÁREZ VILLARREAL</b> <b>M.C. ALBERTO PARRA MEZA</b> <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Profesor(es)	Revisó: <b>M.I. RICARDO SÁNCHEZ VERGARA</b> Coordinador de Programa Educativo
--	---

MATERIAL-REACTIVO REQUERIDO	CANTIDAD
Tubos de cartón de diferente diámetro	varias

EQUIPO-HERRAMIENTA- SOFTWARE REQUERIDO	CANTIDAD
Versatester	1

**1.- INTRODUCCIÓN:**

<b>ALUMNO</b>	.....	<b>MATRÍCULA</b>	.....
---------------	-------	------------------	-------

La capacidad de carga de columnas aumenta al aumentar su momento de inercia y por tanto su radio giro. Esto se consigue separando lo mas posible su area del centroide. En el caso de piezas circulares esto se logra a traves de hacer "hueca" la sección.

## 2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Comparar la capacidad de carga de "columnas" huecas con columnas macizas

## 3.- TEORÍA:

La carga admisible para una columna es el cociente que resulta de dividir la carga critica de pandeo entre el factor de seguridad. Y como la carga critica depende de la relación de esbeltez, a menor relación de esbeltez, mayor capacidad de carga de la columna, según la expresión:

$$P_{cri} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} A$$

Y para una sección circular, mientras más alejada este la masa del centro de la sección, mayor sera el momento de inercia y por ende mayor el radio de giro, por lo que las secciones circulares huecas son muy efectivas para tomar flexión y popr ende para tener mayor resistencia al pandeo. Asi, para una seccion circular hueca y considerando R como el radio mayor de la sección y r el radio menor, la carga crítica puede expresarse como:

$$P_{cri} = \frac{\pi^3 E (R-r)^4}{L^2}$$

Y entonces, para una mismo material, misma longitud, a mayor valor de (R – r), mayor carga crítica.

## 4.- DESCRIPCIÓN

### A) PROCEDIMIENTO Y DURACION DE LA PRÁCTICA:

Se formarán varios equipos para someter a diferentes "columnas" a carga, hasta que se presente el pandeo en cada una, registrando el valor máximo de carga Cada columna se considerara como articulada en los extremos..

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------

Cada equipo usará tubos de cartón de diferente diámetro, debiendo anotar sus características y reportando sus resultados y conclusiones

**B) CÁLCULOS Y REPORTE:**

(Anota aquí tus cálculos)

**C) RESULTADOS:**

Reporta tus resultados aquí y en la hoja anexa:

**D) CONCLUSIONES:**

(Anota aquí tus conclusiones)

**5.- BIBLIOGRAFÍA:**

(Anota aquí la bibliografía consultada)

**6.- ANEXOS:** (Incluye aquí fotos o gráficas)

ALUMNO	.....	MATRÍCULA	.....
--------	-------	-----------	-------