

**MANUAL DE PRACTICAS**

**DE**

**RESISTENCIA DE MATERIALES**

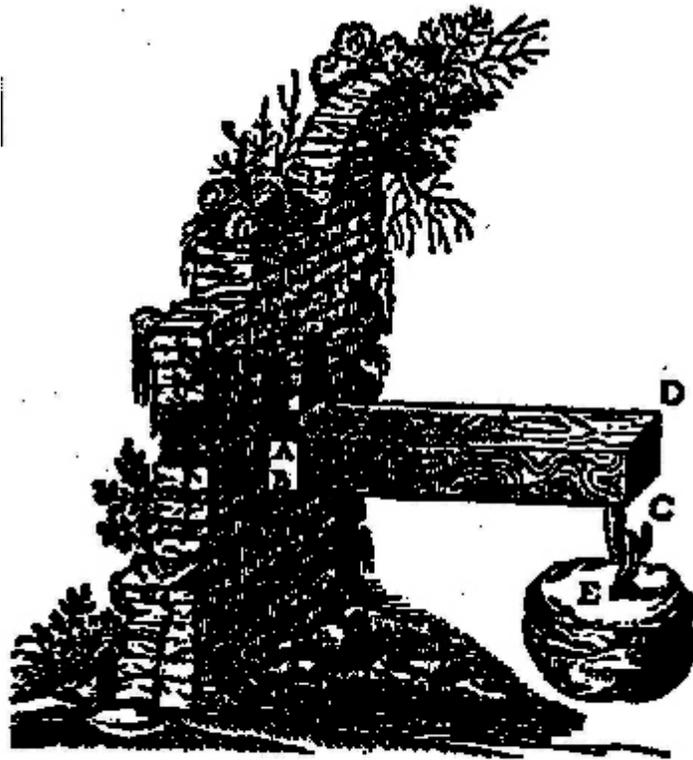


Ilustración del ensayo de flexión de Galileo

*Ing. Julio César Conde Barajas*  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
Universidad Autónoma Guadalajara

## ***INTRODUCCIÓN***

La Mecánica de Materiales trata del comportamiento de los cuerpos sólidos que se someten a diferentes tipos de cargas.

Como objetivo principal de esta rama aplicada, se encuentra la de determinar los esfuerzos, deformaciones unitarias y desplazamientos en los componentes de una estructura como consecuencia de las acciones de las fuerzas, que actúan sobre ellas. Por lo tanto, tratar de comprender el comportamiento mecánico, se hace necesario para establecer la posibilidad de tener diseños seguros en todos los tipos de estructuras sean estos aeroplanos, barcos, edificios, muebles de oficina, máquinas, motores, puentes, torres de transmisión y/o de comunicación y diversos productos manufacturados para el servicio del hombre.

Por lo tanto podemos considerar que la Física aporta una valiosa ayuda en la aplicación de los conceptos teóricos y en buena medida, su parte analítica de los resultados experimentales, en el conocimiento de las propiedades de los materiales a emplearse, así como sus características más importantes (Esfuerzo Normal, deformación, torsión, flexión, etc).

El presente manual se elabora con el propósito de que el estudiante pueda llevar a cabo esta interesante labor en la aplicación de los fundamentos básicos y el análisis imprescindible, generado por la necesidad de experimentar, intuir y despertar de una necesidad, por mejorar lo que se tiene ante sí mismo.

## ***INDICE***

### ***PRACTICA I***

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

### ***PRACTICA II***

ESFUERZO CORTANTE EN SECCIONES CILÍNDRICAS SÓLIDAS

### ***PRACTICA III***

ESFUERZO DE APLASTAMIENTO DE CONTACTO ENTRE DOS CUERPOS

### ***PRACTICA IV***

ESFUERZO DE TENSIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS

### ***PRACTICA V***

ESFUERZO CORTANTE DE ELEMENTOS CILÍNDRICOS DE SECCIÓN SÓLIDA SOMETIDOS A TORSIÓN

### ***PRACTICA VI***

ESFUERZO DE FLEXIÓN EN SECCIONES PRISMÁTICAS CON CARGAS EN EL TERCIO DEL CLARO

### ***PRACTICA VII***

ESTABILIDAD DE COLUMNAS. CARGA CRÍTICA.

### ***PRACTICA VIII***

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL CONCRETO Ó SUPERFICIES DE MORTERO POR EL MÉTODO DE CORTE POR ROTACIÓN

### ***PRACTICA IX***

PRUEBA DE DUREZA EN METALES

## ***PRACTICA I***

***TITULO:*** DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.

***OBJETIVO:*** Determinar la resistencia a la compresión simple en probetas cilíndricas de materiales como el concreto.

### ***PREGUNTAS PREVIAS:***

- 1).-¿Qué es un esfuerzo?
- 2).-¿Qué es un esfuerzo Normal y que tipos existen?
- 3).-¿Qué condiciones debe reunir la probeta para su ensaye?
- 4).-¿Cómo debe actuar la carga aplicada en el espécimen?

### ***EQUIPO Y MATERIALES:***

1 Prensa Hidráulica con capacidad de 120 Toneladas

1 Estufa con quemador

1 Báscula con capacidad no menor de 20 Kg.

1 Barra de acero para homogenizar la mezcla de flor de azufre y arena

Azufre

2 Recipientes resistentes al calor.

1 Termómetro

1 Instrumento de medición (regla, cinta métrica, vernier)

1 Colador metálico

Estopa ó lienzo de tela seca

Plato cabeceador metálico con su guía

aceite desmoldante.

1 Marro

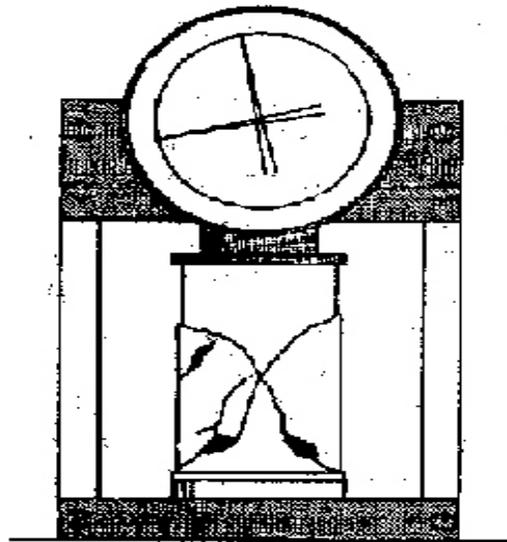
1 Libreta de registro y calculadora

## **ENSAYE DE UNA MUESTRA CILÍNDRICA DE CONCRETO**

### ***PROCEDIMIENTO:***

- 1).- Retirar la probeta del lugar de depósito y colocarla sobre la mesa de trabajo.
- 2).- Determinar las dimensiones del espécimen con el instrumento de medición. Estas medidas son el diámetro y la altura.
- 3).- Se determina el diámetro promedio considerando dos medidas opuestas y perpendiculares en la base superior e inferior y se anota en un registro previamente elaborado, anotando su promedio. Se mide la altura del espécimen con dos medidas diametralmente opuesta, se anota este dato en su registro y se obtiene un promedio y se registra. Así mismo se obtiene el valor de la masa del espécimen pesando este en la báscula registrándola.
- 4).- Se prepara una superficie de contacto elaborando una mezcla de azufre y arena calentada a fuego directo a una temperatura de  $130 \pm 10$  °C. homogeneizando la mezcla adecuadamente hasta que esta se encuentre fluida y se pasa por un colador metálico para eliminar las impurezas que pueda contener la mezcla. Se coloca previamente el aceite desmoldante en el plato cabeceador ligeramente y se vierte en este, en estado fluido, la mezcla de azufre y arena. Se coloca el cilindro considerando las guías para tal efecto y cuando se haya solidificado la mezcla, se retira la probeta del plato y se repite el procedimiento en la otra base.
- 5).- Se considera un tiempo de espera de aproximadamente de 45 a 60 minutos para que los dispositivos de cabeceo hayan adquirido la resistencia necesaria ( $350 \text{ Kg/cm}^2$ ) para posteriormente proceder a la prueba de compresión simple.
- 6).- Limpiar de aceite e impurezas las bases de cabeceo y las placas de apoyo con la estopa y colocar la pieza de ensaye en la máquina de compresión, se coloca este último sobre la placa inferior, alineando su eje cuidadosamente con el centro de la placa de carga con asiento esférico; mientras la placa superior se baja hacia el espécimen asegurándose que se tenga un contacto suave y uniforme.
- 7).- Ejecutada la prueba llevada esta hasta su ruptura se retira y se observa las condiciones presentadas posteriores a la prueba (tipo de ruptura, estado de adherencia de los agregados, datos observados en sus cabezas, etc ). (ver figura 1 , 2 y 3 )

Fig. 1



Falla en compresión de un cilindro de concreto.

Fig  
2



8).- Se anotan estos datos en la libreta de registro para su evaluación de su índice de resistencia. al ejecutar la prueba se prepara un informe detallado de los resultados incluyendo con los datos siguientes:

- a).- Clave de identificación del espécimen
- b).- Edad nominal del espécimen
- c).- Diámetro y altura en centímetros, con aproximación a milímetros.
- d).- Área de la sección transversal en centímetros cuadrados con aproximación del décimo.
- e).- Masa del espécimen en Kg.
- f).- Carga máxima en Kg
- g).- Resistencia a la compresión calculada con aproximación a 1 Kg/cm<sup>2</sup>.
- h).- Descripción de la falla.

***CALCULO:***

$$f = P / A$$

donde

f = Esfuerzo a compresión simple en Kg/cm<sup>2</sup>

P = Carga aplicada en Kg

A = Área de la sección transversal en cm<sup>2</sup>

***PRECAUCIONES.***

- 1) Vigile que la colocación del espécimen sea dentro de los círculos concéntricos para evitar efectos de carga excéntrica y que la carga de aplicación sea aplicada a lo largo de todo el eje longitudinal de la muestra y perpendicularmente de la sección transversal.
- 2).- Después de haber iniciada la carga de aplicación evite tratar de retirar la muestra de la máquina de ensaye,
- 3).- Durante el ensaye asegúrese de que la máquina a utilizar cuente con un dispositivo de seguridad para evitar que la muestra al momento de su ruptura arroje fragmentos de la misma que pueda dañar al operador (este puede ser una puerta metálica colocada en el marco de carga).

***RECOMENDACIONES.***

- 1).- Lleve el ensaye hasta la ruptura misma del espécimen ( ver figura 1 y 3 ).
- 2).- Observe en el interior de la muestra después del ensaye aspectos inherentes a la calidad misma de la fabricación de esta, como, adherencia del agregado grueso con la pasta del aglutinante (cemento), el tipo de agregado, homogeneidad del agregado en toda la masa de la probeta, oquedades ó cavidades en la elaboración de la muestra y describa el tipo de falla presentado ( ver figura 2 y 3 ).
- 3).- La relación de esbeltez de la probeta cilíndrica preferentemente debe ser 2:1, es decir dos veces la longitud de la pieza a ensayar por una del diámetro. (relación longitud-diámetro) ó al menos que

se guarde una relación de 1:1.

4).- En el caso de que no se pueda tener una relación 2:1 (altura- diámetro) se deberá corregir la resistencia multiplicando por un factor de corrección según tabla siguiente, para obtener la resistencia corregida por este efecto cuando al menos se tenga una relación de 1:1. (Ver tabla 1 ).

**Tabla 1.- Factores de Corrección por Esbeltez.**

<b>Relación altura - diámetro del espécimen</b>	<b>Factor de corrección a la resistencia.</b>
<b>2.00</b>	<b>1.00</b>
<b>1.75</b>	<b>0.99</b>
<b>1.5</b>	<b>0.97</b>
<b>1.25</b>	<b>0.94</b>
<b>1.00</b>	<b>0.91</b>

5).- Consulte la siguiente Bibliografía:

MECÁNICA DE MATERIALES

Gere Timoshenko

Edit:International Thompson Editores

4ª. Edición

pp.3 - 6

NORMA MEXICANA ( NMX - C - 083 - 1997 - ONNCCE)

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.

NORMA MEXICANA

NMX - C - 109 - 1997 - ONNCCE

CONCRETO- CABECEO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS.

## **TITULO:** ESFUERZO CORTANTE EN SECCIONES CILÍNDRICAS SÓLIDAS

**OBJETIVO:** Determinación de la resistencia al corte de una pieza de sección circular .

### **PREGUNTAS PREVIAS:**

- 1).- ¿Que es un Esfuerzo?
- 2).- ¿Qué es el Esfuerzo Cortante?
- 3).- ¿De que otra nombre se le conoce ?
- 4).- ¿Cuántos tipos de Esfuerzos Cortantes se conocen ?

### **EQUIPO Y MATERIALES**

- 1 Prensa Hidráulica Capacidad de 7000 Kg., ó mayor
- 1 Dispositivo en forma de Horquilla para sujeción de la probeta a ensayar
- 1 Barra de acero de diámetro necesario para adaptarse al dispositivo
- 1 Vernier ó cinta métrica
- 1 Libreta de Registro y calculadora
- 1 Probeta cilíndrica

### **PROCEDIMIENTO:**

Para la obtención y evaluación de la resistencia al corte implemente los siguientes pasos:

- 1).- Mida la sección de prueba (diámetro) con aproximación al mm utilizando el Vernier ó cinta métrica. Anotelo en un registro y calcule el área de esta.

2).- La máquina de prueba se enciende y se calibra para su inicio de ensaye

3).- Coloque la probeta en el dispositivo que se muestra (ver fig.1 y 2).

Fig 1

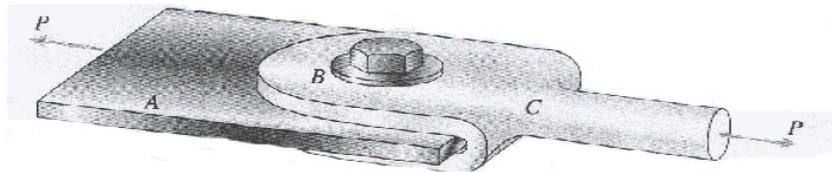
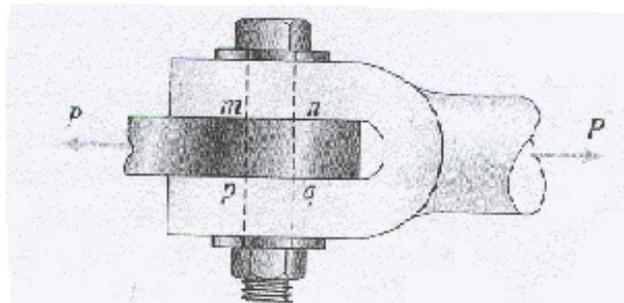


Fig 2



4).- Sujete adecuadamente el dispositivo en las mordazas de la máquina.

5).- Inicie el ensaye a una velocidad de 30 Kgf/ seg., aproximadamente.

6).- Se registra el valor señalado en la máquina de prueba en el momento de ruptura de la pieza , anotandolo en la libreta de registro.

7).- Retire la pieza de la máquina y observe la forma de ruptura de la probeta e indique el tipo de Esfuerzo Cortante presentado.

8).- Calcule el valor del Esfuerzo Cortante.

## ***CALCULO***

El Cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$T = \frac{V}{A}$$

donde

T= Esfuerzo Cortante en Kg/cm<sup>2</sup>

V = Fuerza de Corte en Kgf

A = Area de la sección Transversal en cm<sup>2</sup>

## ***PRECAUCIONES***

- 1).- Coloque la pieza a probar en el dispositivo y vigile que este sea posicionado entre las dos placas de prueba .
- 2).- Vigile que al inicio de la prueba la prensa se encuentre calibrada.
- 3).- No trate de retirar la muestra de prueba cuando sea iniciada el ensaye.

## ***RECOMENDACIONES***

- 1).- Lleve la prueba hasta su ruptura.
- 2).- Al término de la prueba observe principalmente si existen defectos de fabricación ó manufactura en la probeta.. Anote un comentario sobre este aspecto.
- 3).-Estime el cálculo con aproximación de  $1 \text{ Kg/cm}^2$ .
- 4).- Consulte la siguiente bibliografía:

### **MECÁNICA DE MATERIALES**

Gere & Timoshenko

Edit:International Thompson Editores México 1998

4ª. Edición

pp. 27 - 31

### ***PRACTICA III***

***TITULO:*** ESFUERZO DE APLASTAMIENTO Ó DE CONTACTO ENTRE DOS CUERPOS.

***OBJETIVO:*** Determinar el esfuerzo de Aplastamiento ó de contacto entre una placa y una pieza de sección circular.

#### ***PREGUNTAS PREVIAS:***

- 1).- ¿Qué es un Esfuerzo?
- 2).- ¿Qué es un Esfuerzo de Contacto?
- 3).- ¿Cómo se define el Área de Aplastamiento?

#### ***EQUIPO Y MATERIALES:***

1 Prensa Hidráulica con capacidad de 7000 Kg ó mayor

1 dispositivo en forma de horquilla para sujeción de los cuerpos a ensayar de menor capacidad de resistencia que la probeta cilíndrica

1 Vernier ó cinta métrica

1 Libreta de registro y calculadora

1 Probeta cilíndrica

#### ***PROCEDIMIENTO:***

Para la obtención y evaluación del esfuerzo de Aplastamiento se implementan los siguientes pasos:

1).- Mida la sección cilíndrica (diámetro) con aproximación al mm, utilizando el vernier, además de la sección transversal de la placa que se coloca en la horquilla en contacto con la probeta cilíndrica.

2) Se anota en un registro y se calcula el área de aplastamiento.

3).- La máquina de prueba se enciende y se calibra para su inicio de ensaye.

4).- Coloque la probeta en el dispositivo que se muestra (ver figura 1 y 2 )

Fig 1

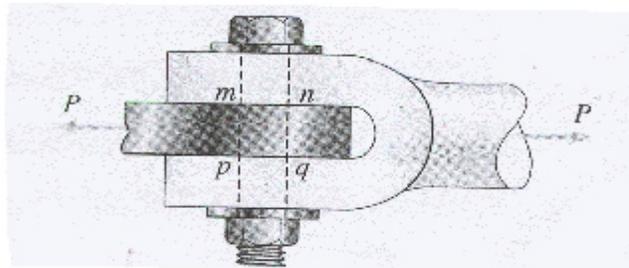
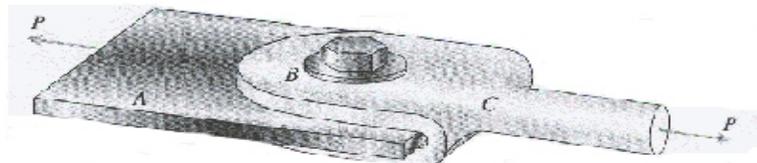


Fig 2



5).- Sujete adecuadamente el dispositivo en las mordazas de la máquina.

6).- Inicie el ensaye

7).- Se registra el valor señalado en la máquina de prueba en el momento de ruptura de la placa, anotelo en la libreta de registro.

8).- Calcule el valor del Esfuerzo de Contacto.

**CALCULO:**

El cálculo se realiza como sigue:

$$f_c = \frac{F}{Ac} \quad ; \quad Ac = t \times d$$

donde

$f_c$  = Esfuerzo de contacto en Kg/cm<sup>2</sup>

F = Fuerza máxima aplicada en Kg

Ac = Area de contacto entre dos cuerpos en cm<sup>2</sup>

t = Espesor de la placa en cm

d = Diámetro de la sección circular en cm

**PRECAUCIONES:**

- 1).- Coloque la pieza a probar en el dispositivo y vigile que este sea posicionado entre las dos placas de prueba ( ver figura 1 y 2 ).
- 2).- Vigile que al inicio de la prueba la prensa se encuentre calibrada.
- 3).- No trate de retirar la muestra de prueba cuando sea iniciada el ensaye.

## RECOMENDACIONES

- 1).- Lleve la prueba hasta su ruptura
- 2).- Al término de la prueba observe el tipo de falla. anote sus comentarios sobre este aspecto. ( Ver figura 3 ).

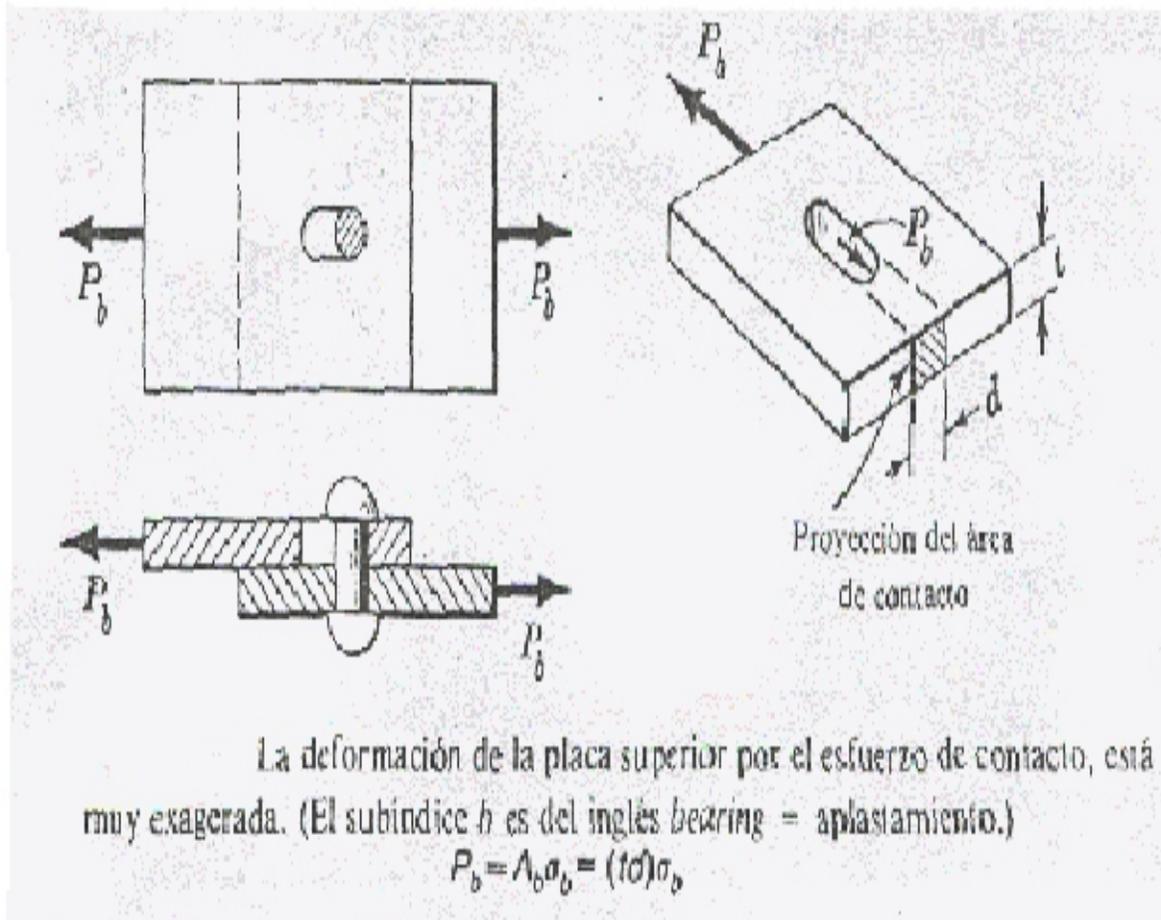


Fig 3

3).- Estime el cálculo con aproximación al 1 Kg/cm<sup>2</sup>

4).- Consulte la siguiente bibliografía:

### MECÁNICA DE MATERIALES

Gere & Timoshenko

Edit:International Thompson Editores México 1998

4ª. Edición

pp. 28 - 29

### RESISTENCIA DE MATERIALES

Ferdinand L. Singer

Andrew Pytel

Tercera Edición

Editorial HARLA ( HARPER & ROW LATINOAMERICANA)

MÉXICO 1982

pp. 16

## ***PRACTICA IV***

### ***TITULO: ESFUERZO DE TENSION EN PROBETAS CILINDRICAS***

***OBJETIVO:*** Determinar el Esfuerzo de Tensión en el límite de proporcionalidad, Esfuerzo de fluencia, módulo elástico, porcentaje de alargamiento y porcentaje de reducción de área.

### ***PREGUNTAS PREVIAS:***

- 1).- ¿Qué es un Esfuerzo?
- 2).- ¿Qué es un Esfuerzo de Fluencia?
- 3).- ¿Qué es un Esfuerzo máximo?
- 4).- ¿Qué es el Módulo Elástico?
- 5).- ¿ En que consiste el efecto de Estricción ?
- 6).- ¿Qué es una deformación unitaria ?

### ***EQUIPO Y MATERIALES***

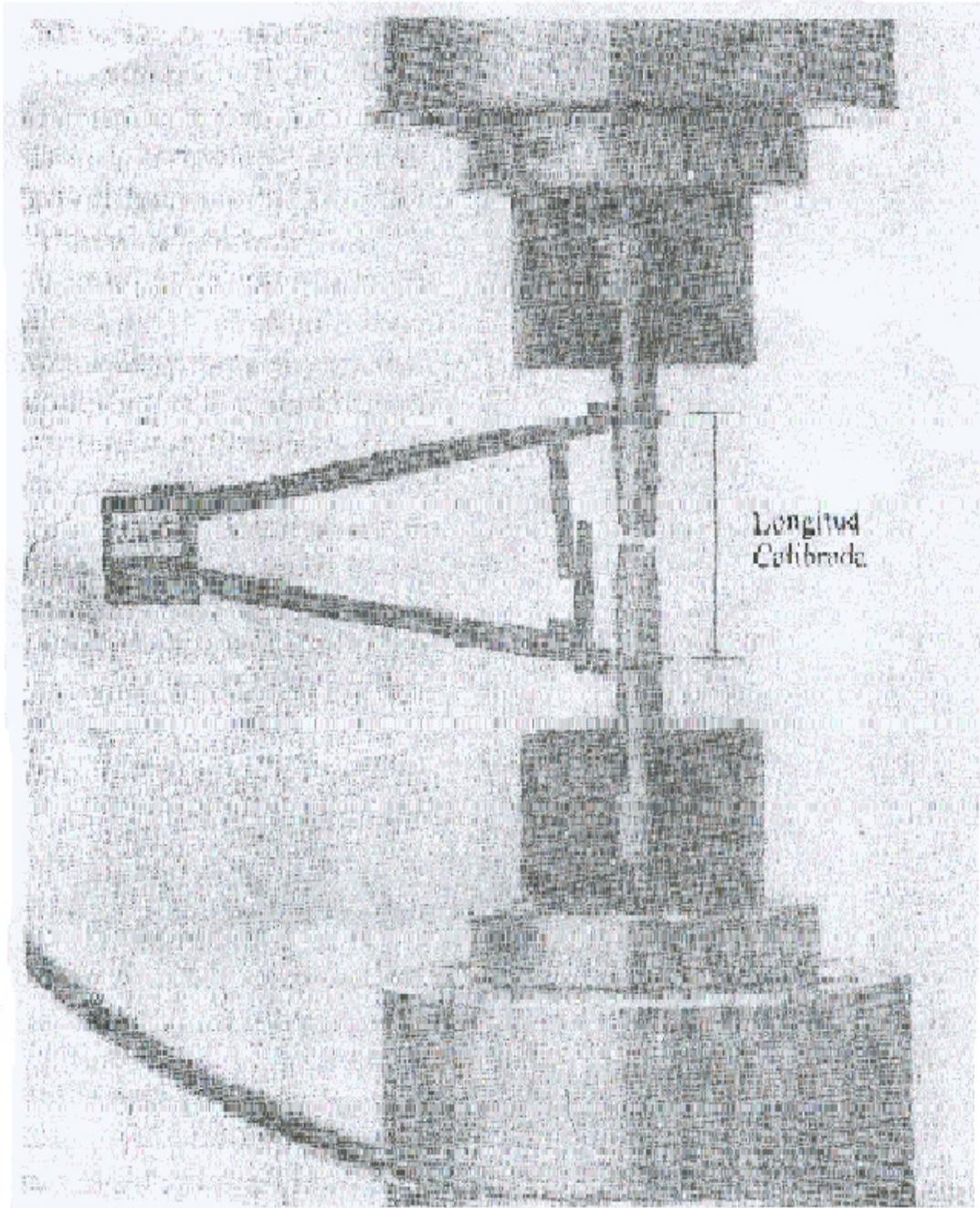
- 1 Prensa Hidráulica con capacidad de 30 000 Kg ó mayor.
- 1 Vernier ó cinta métrica
- 1 Balanza con aproximación al gramo
- 1 Libreta de registro y calculadora
- 1 probeta cilíndrica de acero ó aluminio ó cobre.
- 1 Extensómetro

### ***PROCEDIMIENTO:***

- 1).- Mida la sección de prueba ( diámetro y longitud ) con aproximación al mm utilizando el Vernier ó cinta métrica. Anotelo en un registro y calcule el área de esta.

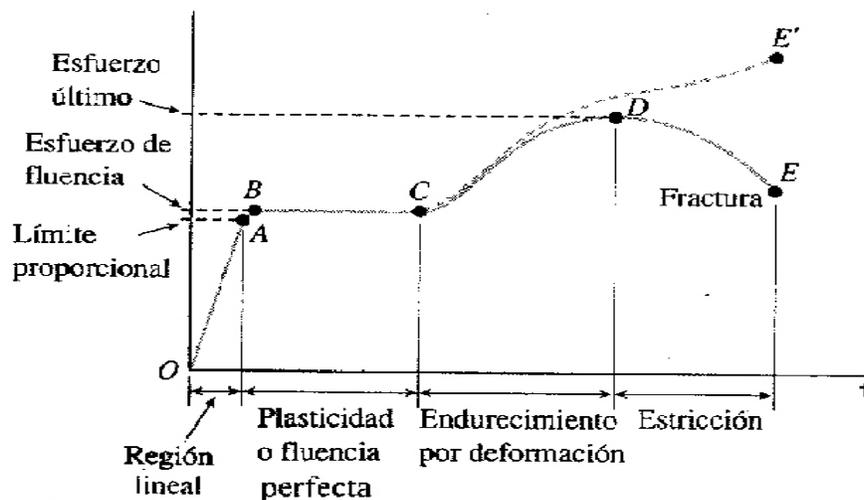
- 2).- La máquina de prueba se enciende y se calibra para su inicio de ensaye
- 3).- Coloque la probeta en la máquina de ensaye como se muestra en la figura 1.

Fig 1



- 4).- Vigile que al inicio de la prueba la prensa se encuentre calibrada
- 5).- Mida la longitud de la prueba siendo esta la distancia existente entre mordaza y mordaza de la máquina de ensaye. Anotelo en su registro.
- 6).- Inicie el ensaye con una velocidad moderada y termine de igual forma
- 7).- Se registra el valor del esfuerzo en el límite de proporcionalidad, así como la lectura de deformación desde el inicio del ensaye.
- 8).- Se continua con la aplicación de la carga y la lectura de las deformaciones hasta su ruptura. se detiene la prueba y se apaga la máquina.
- 9).- Se retira la pieza y se mide la longitud registrándola en cm. En la zona de ruptura se determina el área reducida considerando la medida del diámetro después de la prueba.
- 10).- Se grafican los valores obtenidos mediante el procedimiento del apartado de cálculo, esperando un comportamiento similar al de la figura 2 .

Fig. 2



11).- Los cálculos se realizan de la siguiente forma:

### ***ESFUERZO DE TENSION***

$$F_t = P / A$$

donde

F<sub>t</sub> = Esfuerzo de Tensión en Kg/cm<sup>2</sup>

P = Fuerza aplicada en Kg

A = Área de la sección transversal en cm<sup>2</sup>

### ***PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO (ELONGACIÓN)***

$$\%A = ((L_f - L_o) / L_p) (100)$$

donde

A = Alargamiento en por ciento (%)

L<sub>f</sub> = Longitud final en cm

L<sub>o</sub> = Longitud inicial en cm

L<sub>p</sub> = Longitud de Prueba en cm

### ***PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE ÁREA***

$$\%R = \frac{A_o - A_f}{A_o} (100)$$

donde

R = Reducción de área en por ciento( % )

A<sub>o</sub> = Área inicial en cm<sup>2</sup> (antes de la prueba)

A<sub>f</sub> = Área final en cm<sup>2</sup> (posterior al ensaye)

## ***MÓDULO ELÁSTICO***

$$\mathbf{E = F_p / \epsilon}$$

donde

E = módulo Elástico en Kg/cm<sup>2</sup>

F<sub>p</sub> = Esfuerzo en el límite de proporcionalidad

ε = Deformación Unitaria en mm/mm ó cm/cm ó adimensional

## ***ESFUERZO EN EL LIMITE DE PROPORCIONALIDAD***

$$\mathbf{F_p = C / A}$$

donde

F<sub>p</sub> = Esfuerzo en el Límite de proporcionalidad en kg/cm<sup>2</sup>

C = Carga aplicada en el límite de proporcionalidad en Kg

A = Área de la sección transversal

## ***DEFORMACIÓN UNITARIA***

$$\epsilon = \Delta L / L$$

donde

ε = Deformación unitaria en cm/cm , m/m ó adimensional

ΔL = Deformación ó desplazamiento debido a la acción de una fuerza en cm ó m

L = Longitud total de la sección en cm ó m

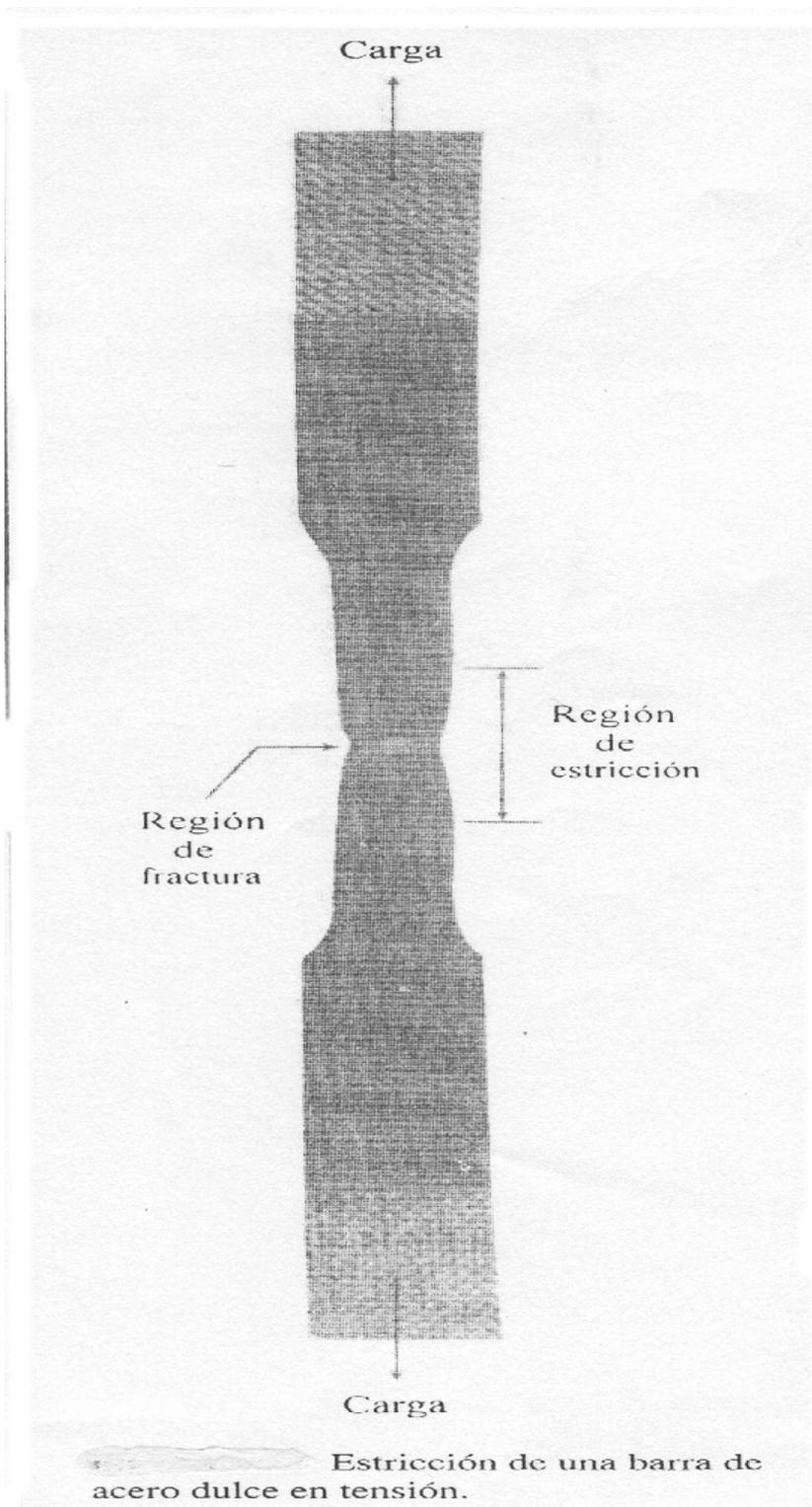
## ***PRECAUCIONES:***

- 1).- Al colocar la pieza en la máquina de ensaye asegúrese de medir la longitud inicial y de prueba antes de comenzar el ensaye.
- 2).- Vigile que al inicio de la prueba la prensa se encuentre calibrada
- 3).- No trate de retirar la muestra de prueba durante el ensaye.

## RECOMENDACIONES

1).- Lleve la prueba hasta su ruptura. Observe así mismo, el efecto de Estricción durante todo el proceso de ensaye ( ver figura 3)

Fig. 3



2).- Obtenga la gráfica de Esfuerzo - Deformaciones.

3).- Compare estos resultados con mediciones establecidas de manera estándar con otro material similar ó normalizado por especificaciones nacionales.

4).- Estime el cálculo con aproximación de 1 Kg/cm<sup>2</sup>

5).- Consulte la siguiente bibliografía:

#### MECÁNICA DE MATERIALES

Gere & Timoshenko

Edit: International Thompson Editores México 1998

4<sup>a</sup>. Edición

pp. 9 - 23

#### RESISTENCIA DE MATERIALES

Ferdinand L. Singer

Andrew Pytel

Tercera Edición

Editorial HARLA ( HARPER & ROW LATINOAMERICANA)

MÉXICO 1982

pp. 4 - 7 y 27 - 32

6).- Utilice un software existente como el PACAM-CONTROLS, por ejemplo, ó algún otro en el mercado.

## **PRACTICA V**

### **TÍTULO:** ESFUERZO CORTANTE DE ELEMENTOS CILÍNDRICOS DE SECCIÓN SÓLIDA SOMETIDOS A TORSIÓN

**OBJETIVO:** Determinar el Esfuerzo Cortante Máximo de una sección circular mediante la teoría de Torsión en el rango Elástico.

### **PREGUNTAS PREVIAS:**

- 1).- ¿Qué es un esfuerzo?
- 2).- ¿Qué es la Torsión?
- 3).- ¿Qué es el ángulo de Torsión?
- 4).- ¿Qué limitaciones se tienen para la aplicación de la Fórmula de Torsión así conocida para la determinación de Esfuerzos Cortantes?

### **EQUIPO Y MATERIALES:**

- 1 Balanza con aproximación al gramo.
- 1 Cinta Métrica
- 1 Vernier
- 1 Equipo de Torsión provisto de pesas
- 1 Libreta de Registro y Calculadora

### **PROCEDIMIENTO:**

Para obtener el valor del esfuerzo cortante es preciso determinar el par Torsor como sigue:

- 1).- Mida la sección de prueba (diámetro) y la longitud total con aproximación al mm. Anótelos en un registro y determine el momento polar de Inercia y el módulo de rigidez (característica física del material), este último consultando el libro de

Mecánica de Materiales que se propone en el apartado de RECOMENDACIONES.

2).- Se coloca la pieza de prueba en el equipo de ensaye vigilando que el disco graduado inicie para su prueba en cero grados de giro. Al colocar la pieza se asegura que los extremos se encuentren fijos adecuadamente (ver figura 1).

Fig. 1

