

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE BOLÍVAR**  
**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO PARA LAS PRÁCTICAS DE ENSAYO DE  
COMPRESIÓN DE METALES Y FLEXIÓN PARA EL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO  
PRESENTADO POR EL  
BACHILLER GIANNI  
MICHELANGELO GRIECO  
PINTO. PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.**

**CIUDAD BOLÍVAR, 10 de AGOSTO de 2023**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO BOLÍVAR**  
**ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este trabajo de grado, titulado “**DISEÑO PARA LAS PRÁCTICAS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DE METALES Y FLEXIÓN PARA EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES.**”, presentado por el bachiller GIANNI MICHELANGELO GRIECO PINTO. cédula de identidad N° 27.255.596 ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Prof. Giovanni Grieco

(Asesor)

Prof. Antonio Sequera

(Jurado)

Prof. Edgar Márquez

(Jurado)

\_\_\_\_\_  
 Prof. Rodolfo González

Jefe del Departamento de Ing. Civil

\_\_\_\_\_  
 Prof. Francisco Monteverde

Director Escuela Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, 10 de Agosto de 2023

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen María, por la oportunidad de crecer cada día en el ámbito estudiantil y en esa fuerza espiritual y amor hacia ellos.

A mis padres, y hermanos; a mi padrino Alfonso Miraglia, a mi madrina Mercedes García De Miraglia, a sus hijos Vincenzo Miraglia y Luigi Miraglia, por su apoyo y ayudarme a crecer cada día y dar lo mejor hacia ellos.

A la Magna Universidad de Oriente, mi Casa de Estudio, porque en sus aulas aprendí conocimiento que me harán un profesional exitoso y por la cantidad de buenas amistades que en ella encontré; Helymar Cedeño, Francis Figueredo, Geilys Cabrerías, Karielys Piñero, Yurianny Botino, Carlymar García, Angiluz Díaz.

A mi tutor padre el Profesor Giovanni Grieco, por brindarme toda su dedicación sus valiosos conocimientos y experiencias durante el desarrollo de este Trabajo de Investigación.

A la empresa del turno ASOCIACION COOPERATIVA RIO AZUL 07, R.L, del señor Pedro Dos Santos Por brindarme la oportunidad de realizar los ensayos con el personal técnico.

Mil gracias...

## **DEDICATORIA**

Este logro se lo dedico ante todo a DIOS, la guía de Gesú, Virgen María y José que siempre están en mi corazón.

A mis padres por su apoyo incondicional en el logro de todas mis metas y por estar a mi lado en todo momento.

A mis hermanos, por ser ustedes muy especiales y a mis compañeros por todo el apoyo, confianza, respeto y sobre todo, por ese compartir.

## RESUMEN

El estudio realizado de las practicas se planteó como objetivo general “Diseñar las prácticas de ensayo de compresión de metales y flexión para el laboratorio de mecánica de materiales”. Esta práctica de compresión de metales es realizar un ensayo mecánico a una probeta de aluminio a temperatura ambiente, en este caso el de compresión para observar su resistencia bajo la norma ASTM, logrando obtener un análisis de datos y encontrar la importancia que tienen en la industria. La siguiente practica de flexión de vigas, para realizarlo se tomó una probeta de acero, a esta se le aplico una carga que era incrementada progresivamente, a medida que se incrementaba la carga se observaba cómo se comportaba el material. De esta forma se observó que bajo cargas flexionantes, particularmente para determinar los límites de la estabilidad estructural de la viga de varios tamaños y forma.

## CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
RESUMEN.....	v
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABLAS .....	xii
LISTA DE APENDICES .....	xiii
LISTA DE ANEXOS.....	xiv
INTRODUCCIÓN. SITUACIÓN A INVESTIGAR .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>3</b>
1.2 Objetivos de la investigación .....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos .....	5
1.3 Objetivos de la investigación .....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos .....	6

1.4	Justificación de la investigación.....	6
1.5	Alcance de la investigación.....	6
<b>CAPÍTULO II. GENERALIDADES.....</b>		<b>7</b>
2.2	Acceso al área de estudio .....	8
2.3	Características físico-naturales de la zona .....	8
2.3.1	Clima.....	8
2.3.2	Precipitación.....	9
2.3.3	Evaporación.....	9
2.3.5	Geología regional .....	10
<b>CAPITULO III. MARCO TEÓRICO .....</b>		<b>11</b>
3.1	Antecedentes de la investigación: .....	11
3.2	Fundamentos teóricos.....	12
3.2.1	Punto de cedencia de los metales dúctiles.....	13
3.2.3	Medidas de resistencia última .....	13
3.2.4	Esfuerzos de compresión: .....	20

3.2.5	Diagramas de comportamiento mecánico .....	20
3.2.6	Cálculo de las propiedades mecánicas por compresión .....	23
3.2.7	Comportamiento Mecánico:.....	23
3.2.7.1	Determinación de ductilidad o fragilidad.....	23
3.2.8	Comportamiento de los materiales sometidos a flexión. ....	24
3.2.9	Falla por flexión: .....	27
3.2.15	Máximo esfuerzo normal .....	31
3.3	Nomenclatura de compresión.....	31
3.4	Definición de términos básicos:.....	32
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>36</b>
4.1	Tipo de investigación .....	36
4.2	Diseño de la investigación .....	36
4.3	Población y muestra de la investigación .....	37
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
4.4.1	Técnicas de recolección de datos .....	38
4.4.2	Instrumentos de recolección de datos .....	38
4.5	Ensayos de laboratorio compresión de metales .....	39

4.5.1	Equipos e instrumentos .....	39
4.5.2	Etapas del desarrollo de la investigación.....	40
4.6	Ensayos de laboratorio flexión de metales.....	45
4.6.1	Equipos e instrumentos .....	45
4.6.2	Procedimiento .....	46

<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	50
---	----

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	73
---	----

Conclusiones de compresión de metales.....	73
Recomendaciones de compresión de metales .....	74
Conclusiones de la práctica de flexión.....	74
Recomendaciones de la práctica de flexión .....	75
Apéndices.....	77
Anexos.....	127

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Ubicación del área de estudio .....	7
3.1	Probeta a compresión y tracción .....	12
3.2	Prensa hidráulicas para probetas. ....	16
3.3	Ensayo a compresión.....	17
3.4	Ensayo a compresión con efecto de abarrilamiento.....	19
3.5	Diagramas de comportamiento mecánico .....	21
3.6	Tipos de fractura .....	22
3.7	Diagramas de corte y del momento.....	24
3.8	Diagrama de deformación y esfuerzos.....	25
4.1	Probetas de aluminio.....	41
4.2	Colocación y centrado de la probeta en la prensa.....	42
4.3	Aplicación de la carga de aplastamiento.....	43
4.4	Fractura por efecto de abarrilamiento.....	44
4.5	Ensayo finalizado, probeta fracturada.....	44
4.6	Ensayo probeta corta.....	45
4.7	Ensayo probeta larga.....	46
4.8	Colocación de probeta de acero corta en la prensa .....	47
4.9	Deflexión de probeta de acero corta.....	47

4.10	Rotura de la probeta corta .....	48
4.11	Colocación de probeta de acero larga en la prensa .....	48
4.12	Deflexión de probeta de acero larga.....	49
4.13	Rotura de la probeta larga. ....	49
5.1	Deformacion tipo abarrilamiento con grieta .....	51
5.2	Pieza de aluminio con una deformacion final agrietada .....	51
5.3	Diagrama de esfuerzo y deformación para materiales dúctiles.....	52
5.4	Diagrama carga vs deformación.....	56
5.5	Diagrama esfuerzo vs deformación.....	58
5.6	Diagrama esfuerzo vs deformación.....	59
5.7	Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector .....	66
5.8	Diagrama de esfuerzo y carga vs Y teórico probeta larga .....	67
5.8	Diagrama de esfuerzo y carga vs Y teórico probeta larga .....	68
5.10	Diagrama de esfuerzo y carga vs Y teórico probeta corta .....	69
5.11	Diagrama de esfuerzo y carga vs Y Exp probeta corta .....	70

## LISTA DE TABLAS

5.1 Carga y acortamiento .....	55
5.2 Datos de la probeta.....	55
5.3 Esfuerzo, acortamiento y deformación .....	57
5.4 Diámetro y longitud de la probeta.....	58
5.5 Datos de las probetas de acero cortas y largas .....	64
5.6 Ensayo de flexión de la probeta corta .....	64
5.7 Ensayo de flexión de la probeta larga .....	65
5.8 Datos .....	70
5.9 Datos de la probeta corta.....	71
5.10 Datos de la probeta larga.....	72

## LISTA DE APENDICES

APENDICE A. PRACTICA DE COMPRESION DE METALES .....	78
APENDICE B. PRACTICA DE ENSAYO DE FLEXIÓN .....	100

## **LISTA DE ANEXOS**

1. PRENSA HIDRAULICA UTILIZADA PARA EL ENSAYO.....	128
--	-----

## INTRODUCCIÓN

Para las pruebas de compresión, es de mucha importancia la selección de los materiales que son sometidos a estas pruebas y que responderán de manera eficiente. Como las prueba que se busca la carga en el límite de proporcionalidad, la carga máxima y la carga de ruptura, también en compresión se pretende conocerlas, aluminio, entre otros. Dada a la compresión su deformabilidad su comportamiento a esta sollicitación no es adecuado, tal es el caso de los materiales dúctiles.

Los materiales frágiles son muy adecuados para tener una respuesta muy eficiente a la compresión y en la mayoría de estos casos una respuesta muy baja a la tracción tal es el caso de materiales como el concreto, algunos metales (como el acero, el bronce, aluminio aleado endurecido), etc., plásticos, cerámicos, madera, materiales compuestos entre otros. La resistencia de un material depende de su capacidad para soportar una carga sin deformación excesiva o falla. Esta propiedad es inherente al material mismo y debe determinarse por experimentación.

Entre las pruebas más importantes está la de compresión. Aunque con esta prueba puede determinarse muchas propiedades mecánicas importantes de un material, se utilizan principalmente para determinar la relación entre el esfuerzo normal promedio y la deformación normal unitaria en muchos materiales utilizados en ingeniería, sean de metal, cerámica, polímeros o compuestos.

La diversidad de materiales en la industria da una gran variedad de posibilidades en las cuales se pueden emplear estos, pero de la misma manera en los que no se pueden utilizar, para poder conocer las posibles utilidades que tienen estos materiales, se emplean los ensayos de laboratorio en los cuales se evidencian las propiedades mecánicas de los materiales. Se realizó una práctica experimental, con el propósito de determinar el comportamiento mecánico de

distintas probetas cuando se le es sometida a una carga puntual de manera perpendicular al eje de la probeta. Para determinar ese comportamiento, se hace necesario realizar gráficas y calcular deformaciones y otros relacionados con la flexión de un material. De igual manera, se realizan comparaciones entre los distintos materiales.

La investigación está conformada por los siguientes capítulos:

Capítulo I. Situación para investigar: se plantea en forma clara y precisa el planteamiento del problema a estudiar, los objetivos de la investigación, la justificación y el alcance de la investigación.

Capítulo II. Generalidades: describe la ubicación y acceso al área de estudio, las características físicas y naturales de la zona de estudio.

Capítulo III. Marco teórico: menciona los antecedentes de la investigación, y establece las bases teóricas necesarias relacionada con el tema de investigación.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: establece el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra las técnicas e instrumento de recolección de datos.

Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: expone los resultados de los objetivos de la investigación, y que fueron determinados siguiendo la metodología.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones insertando los apéndices y anexos que amplían la información.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Planteamiento del problema

En la época romana, los herreros artesanales utilizaban para las herraduras aplicar fuerza de compresión a través de golpes de mandarina con una alta temperatura sobre un yunque (del latín incus) es una herramienta de herrería y está hecha de un bloque macizo de metal que se usa como soporte para forjar metales como hierro o acero. Con el pasar de los años surgen estudios de utilizar prensas mecánicas para así aplicar cargas a compresión, tensión y flexión.

Las prensas conocidas desde la antigüedad son empleadas en todas las industrias principalmente en Francia por Nicolas Briot (1579-1646), sobre distintos materiales en frío y caliente, en cualquier operación que requiere una fuerte presión: embalar, exprimir, forjar, estampar, embutir, laminar, estirar.

La prensa hidráulica desarrollada en el año 1770, por el industrial inglés Joseph Bramah (1749-1814) es la aplicación directa del principio de Pascal. Esta primera prensa hidráulica se conseguía presiones pequeñas y no era utilizable para la deformación de metales.

En la industria metalúrgica de Argentina se inaugura la prensa en la planta de forja con una capacidad de 4.000 toneladas y es la más grande de Latinoamérica.

Posteriormente en Venezuela, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, Universidad de Carabobo, Universidad de Oriente del Núcleo Anzoátegui se encuentra el Laboratorio de Procesos de Fabricación, donde se realizan distintos tipos de ensayos a materiales metálicos con el fin de estudiar su comportamiento bajo distintas condiciones experimentales, generando información valiosa y útil que puede ser utilizada para cualquier proceso de conformado. Después de los ataques vandálicos los laboratorios quedaron huérfanos de equipos y es importante este laboratorio porque se realizan los diferentes ensayos que sirven de conocimientos a los profesionales de la ingeniería y fortalece la parte práctica de la materia de mecánica de materiales y resistencia de materiales.

El ensayo de tracción es el realizado con mayor frecuencia en los materiales que se emplean para la construcción de máquinas, porque suministra las propiedades más importantes necesarias para cualquier proceso de diseño. Sin embargo, desde el punto de vista del conformado de metales, este ensayo no es del todo satisfactorio, ya que, a causa de la formación del cuello o estricción localizada, se obtiene un intervalo de deformación muy pequeña. La alternativa a este inconveniente es la ejecución de ensayos de compresión, que pudieran ser de compresión plana o cilíndrica. El ensayo de compresión cilíndrica es el motivo de este proyecto de investigación. Dicho ensayo consiste en aplicar a una probeta de forma cilíndrica, una carga estática en la dirección de su eje longitudinal, que tiende a provocar un acortamiento de la misma y cuyo valor se irá incrementando hasta la rotura o suspensión del ensayo.

En la parte regional de Ciudad Bolívar, con el desarrollo de este trabajo se pretende: diseñar un material guía e informativo que permita la incorporación de esta práctica en el pensum de la cátedra de Resistencia de Materiales, lo cual garantiza que el estudiante obtenga la relación funcional correspondiente al comportamiento mecánico del material basado en el ensayo de compresión cilíndrica y flexión en viga, como recurso alternativo.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Esta práctica de compresión de metales tiene como objetivo:

Analizar los cambios sufridos por las probetas sometidas a fuerzas externas que tienden a acórtalas.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Estudiar la resistencia a la compresión que un material es capaz de desarrollar en materiales quebradizos (que fallan por ruptura, y en materiales que no fallan en compresión por fractura (materiales dúctiles, o semiviscosos).
2. Determinar las curvas características de carga vs alargamiento y esfuerzos vs deformación observando el comportamiento del material a lo largo de ella.
3. Identificar en ella los puntos de interés (módulo de elasticidad, tenacidad elástica, punto de fluencia).

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Esta práctica de ensayo de flexión tiene como objetivo:

Someter probetas de sección rectangular o circular apoyada sobre los extremos libres una fuerza aplicada en el centro de tal manera que tiendan a inducir

esfuerzos compresivos en una sección transversal de la pieza y los esfuerzos tensivos sobre la parte restante

### 1.3.2 **Objetivos específicos**

1. Evaluar el comportamiento bajo cargas flexionantes, de probeta circular apoyado sobre extremos libres y una fuerza aplicada en el centro y verificar los límites de la estabilidad y elaborar diagrama de carga y esfuerzo vs deformación.

## **1.4 Justificación de la investigación**

Esta investigación viene a abordar los elementos teóricos conceptuales de la Materia de Resistencia de Materiales, que plantea el desarrollo de un aprendizaje practico utilizando el estudiante máquinas de tornerías donde va a poner en práctica los componentes cognoscitivos, procedimentales, actitudinales, como un aspecto clave a implementar en la información del profesional universitario. En tal sentido, el estudio representa un aporte a la propia Universidad de Oriente Núcleo Bolívar.

## **1.5 Alcance de la investigación**

Éste estudio está orientado a poner los conocimientos teóricos en prácticas realizando prácticas de laboratorios para así obtener los resultados en probetas de metales.

El objeto de la presente investigación es diseñar una práctica de compresión cilíndrica y de flexión que pueda ser aplicada dentro del Laboratorio. Para efectos de la fase de experimentación requerida en el diseño de la práctica; se empleará como material de estudio aluminio y acero. En esta investigación se pretende estudiar la deformación. El material didáctico servirá de guía para la realización de las prácticas.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación del área de estudio

En la figura 2.1 se muestra la ubicación del torno y taller ASOCIACION COOPERATIVA RIO AZUL 07,R.L

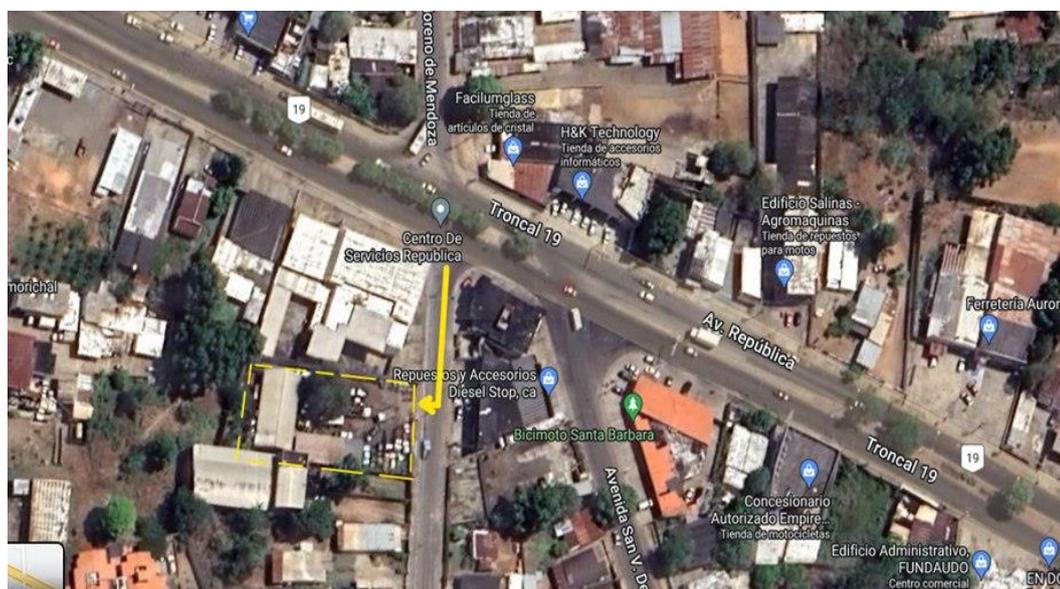


Figura 2.1 Ubicación del área de estudio

## **2.2 Acceso al área de estudio**

El acceso al área de estudio se encuentra a unos 50 metros de la avenida República, arterial vial de la ciudad, que de acuerdo a las clasificaciones de las carreteras del país es la troncal 19. Se puede acceder cruzando por la avenida Moreno de Mendoza, en la asociación cooperativa Río Azul, que es un taller de mantenimiento y reparación de vehículos pesados y livianos.

## **2.3 Características físico-naturales de la zona**

### **2.3.1 Clima**

Ciudad Bolívar y sus alrededores, tiene una clasificación climática (según Leslie R. Holdridge (1953) en Freire y Perdomo, 1997), que corresponde a una zona de bosque seco tropical, caracterizado por una definición cuantitativa de la relación de dependencia que existe entre la naturaleza y la vegetación y los principales elementos del clima: biotemperatura, precipitación, y humedad ambiental, de manera que la vegetación refleja las condiciones climáticas predominantes, las cuales también influyen significativamente en el relieve, la hidrología y los suelos.

El clima se mide por medio de termómetros, pluviómetros, barómetros y otros instrumentos, pero su estudio depende de las estadísticas. El modo más fácil de interpretarlo es en términos de medias mensuales y anuales de las variables climatológicas: precipitación, evaporación, temperatura, insolación solar, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento.

Para la caracterización de las variables climatológicas en el área de estudio, se utilizaron los datos del resumen climatológico tomado de la estación Ciudad Bolívar, del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana, año 1996-2006.

### **2.3.2 Precipitación**

La época de lluvia en esta área consta de un periodo de 6 meses desde mayo hasta octubre y el resto del año es un periodo de sequía, siendo julio el mes más lluvioso.

La época lluviosa se inicia el mes de abril y se mantiene hasta el mes de noviembre, teniendo una duración de ocho meses, presentándose en el mes de Julio como el mes más lluvioso para el período climático en consideración. La época de sequía abarca los meses de diciembre hasta marzo, siendo febrero y marzo los meses más secos del año.

### **2.3.3 Evaporación**

El volumen de agua evaporada en Ciudad Bolívar y sus alrededores, no se presenta de forma constante a lo largo del año y depende principalmente de las diferentes estaciones que presentan la radiación solar incidente, la temperatura del aire, el vector viento, el contenido de vapor del agua en la atmósfera inmediata y la nubosidad.

### **2.3.4 Temperatura**

La temperatura se clasifica en:

#### **2.3.4.1 Temperatura media:**

La temperatura media anual en el área de estudio es de 27,5° C y el máximo principal ocurre en el mes de abril, con un valor de 28,5° C y los valores menores de temperatura media se registra en los meses de diciembre, enero y febrero.

#### **2.3.4.2 Temperatura máxima media**

Los valores más altos de temperatura máxima media mensual, se registran en los meses de marzo, abril y mayo. Las temperaturas más bajas ocurren en los meses de junio, julio y noviembre-enero.

#### **2.3.4.3 Temperatura mínima media**

La temperatura media anual muestra sus valores máximos durante los meses de abril y mayo y los valores mínimos se registran en los meses de diciembre, enero y febrero.

### **2.3.5 Geología regional**

La geología regional está representada por lo que se conoce como provincia Geológica de Imataca y Formación Mesa.

#### **2.3.5.1 Provincia geológica de Imataca**

Según Kalliookoski (1965) en González de Juana (1982), la parte nortecentral del Escudo de Guayana Venezolana consiste en una faja con rumbo este-noreste de gneises de alto grado del Complejo de Imataca.

Las rocas del Complejo Imataca se hallan intensamente plegadas, metamorfizadas regionalmente a facies de la anfibolita y granulito, contiene abundante gneis granítico, y se destacan especialmente por su contenido de miembro de cuarcitas ferruginosa, algunos enriquecidos al punto de construir menas de hierro de alto tenor.

## CAPITULO III

### MARCO TEÓRICO

#### **3.1 Antecedentes de la investigación:**

Son muchos los estudios que se han realizado sobre los ensayos de compresión cilíndrica, ya que el mismo ofrece grandes ventajas para distintos tipos de aplicaciones, recientemente en la Universidad Nacional de Mendoza (Argentina), en la Facultad de Ingeniería, específicamente en la cátedra de Ciencia de Los Materiales, se incorporó este ensayo, con la ventaja (a juicio de los autores, M. Del Pópolo, 2005) de obtener la tensión de compresión sobre un determinado metal en cualquier instante del mismo, así como la resistencia estática de compresión y la tensión al límite de elasticidad, claro dependiendo del tipo de material a ensayar, ya que el comportamiento de los mismos (frágiles y dúctiles) es distinto de acuerdo a esta forma de sollicitación (p.47).

Goglio, Peroni et al (2007), realizaron un estudio sobre el comportamiento que presenta un material adhesivo epóxico en forma cilíndrica sometido a un ensayo de compresión y tracción, bajo distintos valores de velocidad de deformación, llegando a la conclusión de que el material a tracción se comporta como frágil, pero a compresión presenta la virtud de ser un material dúctil ya que el mismo es muy sensible a los cambios en la velocidad de deformación (p.99).

## 3.2 Fundamentos teóricos

### 3.2.1 Esfuerzo deformación

Bajo esfuerzo tensivo o compresivo, a menos que de otra manera se especifique, la deformación se mide en forma paralela a la dirección de la deformación y a la cual se le refiere, en la fig 1 se ilustra estas definiciones de la deformación.

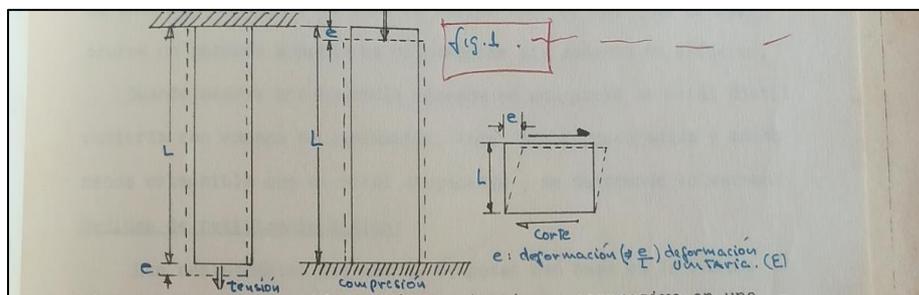


Figura 3.1 Probeta a compresión y tracción

Si un cuerpo es sometido a esfuerzo tensivo o compresivo en una dirección dada, no sólo ocurre deformación en esa dirección (deformación axial) sino también deformaciones unitarias en direcciones perpendiculares a ella (deformación lateral). Dentro del rango de acción elástica la compresión entre las deformaciones lateral y axial en condiciones de carga monoaxial es denominada relación de Poisson, la extensión axial causa contracción lateral y viceversa.

Elasticidad; Si una carga de tensión dentro del rango elástico es aplicada, las deformaciones axiales elásticas resultan de la separación de los átomos o moléculas en la dirección de la carga.

El rango de acción elástica, el cuál puede ser relativamente amplio para algunos materiales a temperatura normales, usualmente se reduce al aumentar la

temperatura, asimismo la rigidez de la carga afecta la elasticidad aparente de algunos materiales; por ejemplo, en la madera y el concreto, una carga después de la cual se verifica una recuperación perfecta en un ensayo de corta duración puede producir una deformación permanente considerable si se le sostiene mucho tiempo.

### **3.2.1 Punto de cedencia de los metales dúctiles**

Los materiales dúctiles como el acero suave exhibe un punto de cedencia definido, el cual se define como el esfuerzo al cuál ocurre un marcado aumento de deformación sin aumento de esfuerzo.

Cuando ocurre una cedencia marcada en una pieza de metal dúctil cubierta con escama de laminación, ésta, siendo quebradiza y mucho menos extensible que el metal subyacente, se desprende en escama.

### **3.2.3 Medidas de resistencia última**

Las resistencias últimas se computan con base en la máxima carga soportada por una pieza de ensayo y las dimensiones seccionales originales.

La resistencia última usualmente se estipula en términos de la clase de esfuerzo que produce la cedencia.

La resistencia a la tensión es el máximo esfuerzo de tensión que un material es capaz de desarrollar y, en la práctica, es el máximo esfuerzo desarrollado por una probeta del material durante el curso de carga hasta la ruptura.

La resistencia a la compresión es el máximo esfuerzo de compresión que un material es capaz de desarrollar, con un material - (quebradizo) que falla en compresión por ruptura, la resistencia a la compresión posee un valor definido. en el caso de los materiales que no fallan en compresión por una fractura desmoronante (materiales dúctiles, maleables, o semiviscoso), el valor obtenido para la resistencia

a la compresión es un valor arbitrario que depende del grado de distorsión considerado - como falla efectiva del material, en la fig. 2 se muestra el diagrama característico de esfuerzo y deformación para materiales dúctiles y no dúctiles en compresión, mostrando nuevamente la línea - intermitente la relación entre esfuerzo "verdadero" y deformación convencional; en compresión es más bajo que el diagrama de esfuerzo y deformación convencional debido al aumento de sección de la probeta mientras se encuentra bajo carga compresiva.

La capacidad de un material para resistir la aplicación de esfuerzos repetidos es denominada su resistencia, el límite de resistencia a la fatiga es el esfuerzo máximo que puede aplicarse en gran- de o definido número de veces sin causar la falla. Para aceros ordinarios el límite de resistencia bajo flexión alternada es de aproximadamente la mitad de la resistencia a la tensión.

Muchos materiales cuando están en servicio están sujetos a fuerzas o cargas. En tales condiciones es necesario conocer las características del material para diseñar el instrumento donde va a usarse de tal forma que los esfuerzos a los que vaya a estar sometido no sean excesivos y el material no se fracture.

El comportamiento mecánico de un material es el reflejo de la relación entre su respuesta o deformación ante una fuerza o carga aplicada.

Los términos ensayo de tensión y ensayo de compresión se usan normalmente a la hora de hablar de ensayos en los cuales una probeta preparada es sometida a una carga uniaxial gradualmente creciente (estática) hasta que ocurre la falla. En un ensayo de tensión simple, la operación se realiza sujetando los extremos opuestos de la pieza de material y separándolos. En un ensayo de compresión, se logra sometiendo una pieza de material a una carga en los extremos que produce una acción aplastante. En un ensayo de tensión, la probeta se alarga en una dirección paralela a la carga aplicada; en un ensayo de compresión, la pieza se acorta. Dentro de los límites de lo práctico, la resultante de la carga se hace coincidiendo con el eje longitudinal de la probeta.

Exceptuando algunas piezas de ensayo arbitrariamente formadas, las probetas son cilíndricas 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 pandeo debido a la acción columnar no constituya un factor. (Figura 3.3).

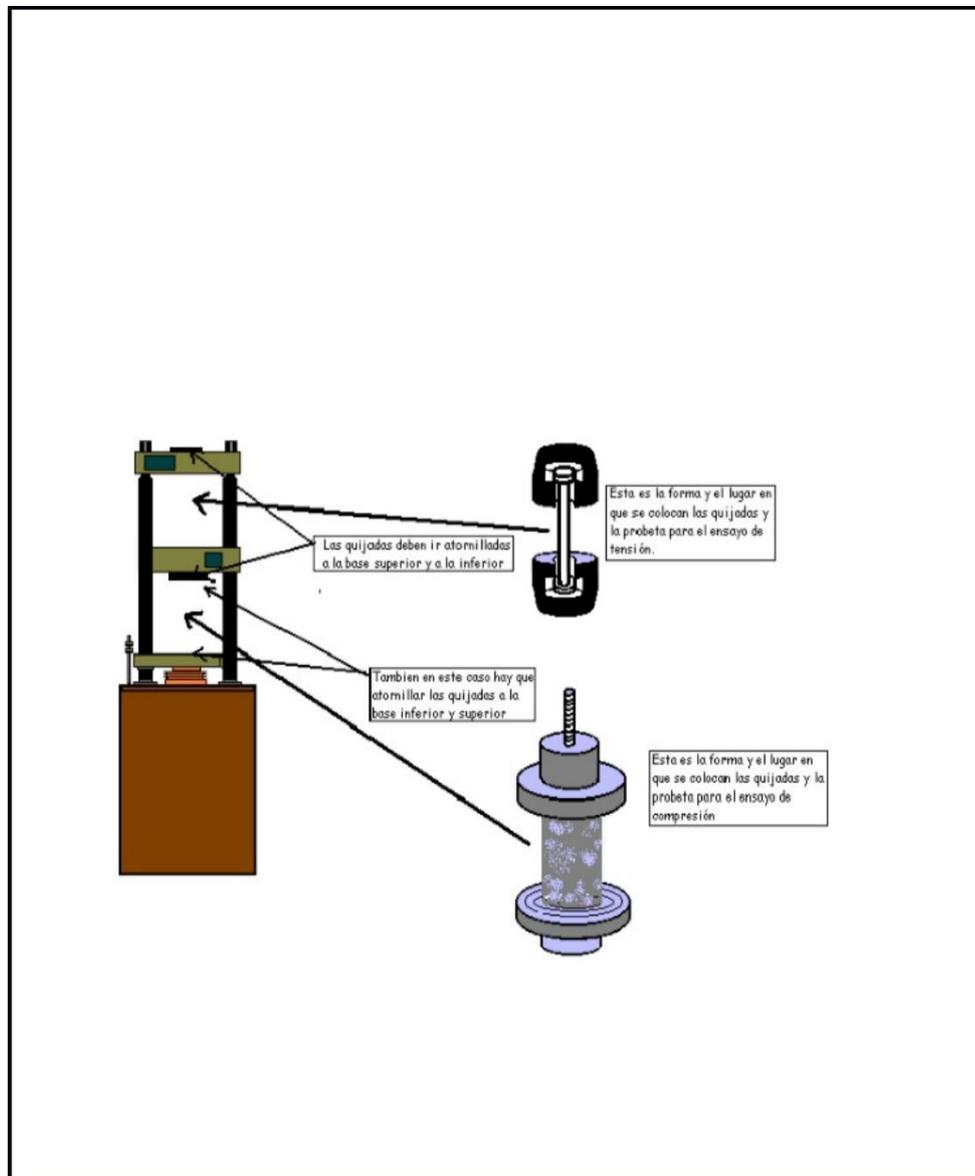


Figura 3.2 Prensa hidráulicas para probetas.

Los ensayos estáticos de tensión y de compresión son los más realizados, además de ser los más simples de todos los ensayos mecánicos. Estos ensayos implican la normalización de las probetas con respecto a tamaño, forma y

método de preparación y la de los procedimientos de ensayo. El ensayo de tensión es el apropiado para uso general en el caso de la mayoría de los metales y aleaciones. No ferrosos, fundidos, laminados o forjados; para los materiales quebradizos (mortero, concreto, ladrillo, cerámica, etc.) cuya resistencia a la tensión es baja, en comparación con la resistencia a la compresión.

El ensayo de compresión en cualquier material consiste en la aplicación de una carga axial, es decir, a lo largo de su eje longitudinal que tienen la misma dirección y el mismo sentido. Como se muestra en la figura 3.4.

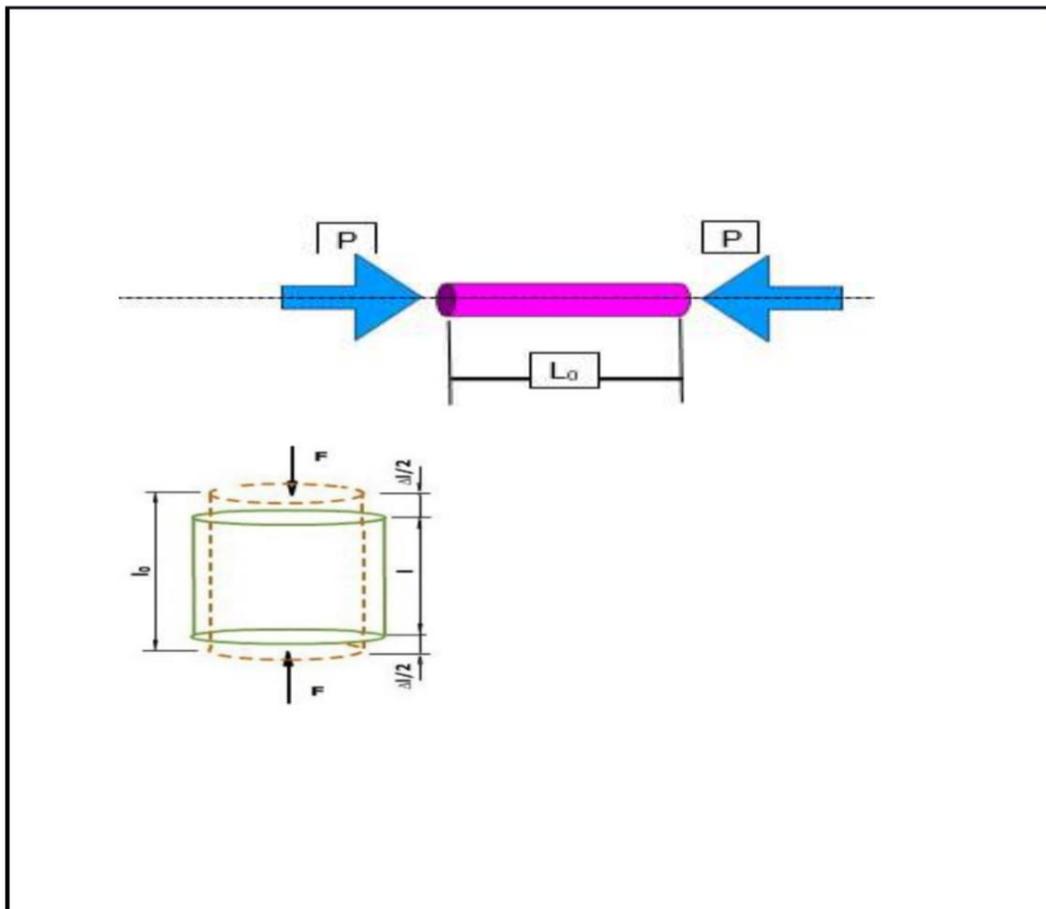


Figura 3.3 Ensayo a compresión.

Como se observa en la figura 3.4, la carga de compresión debe ser concéntrica y desplazarse a lo largo del eje longitudinal, situación que en la práctica es muy difícil de lograr, primero por el careado que en muchas ocasiones no se dan las caras totalmente paralelas lo que hace que las cargas no sean del todo axiales. Otro elemento que interviene son los platos de apoyo que no deben ser totalmente rígidos (cuando menos uno será articulado) y el contacto de las caras con los platos de compresión.

Lo anterior hace que una prueba de compresión pura sea muy difícil de lograr presentándose en muchas ocasiones el fenómeno de la flexión. La segunda figura muestra un material sometido a cargas de compresión sin la restricción del efecto de los platos de compresión, deformando el material parejo a lo largo de este en un proceso teórico, pero no real.

Lo ideal en una prueba de compresión es que se pueda hacer el análisis de la fractura una vez que se ha llegado a la carga máxima. Esto ocurre solamente en los materiales que presentan un comportamiento frágil, mientras que los materiales dúctiles presentan un “abarrilamiento” debido a la capacidad de deformación que tienen.

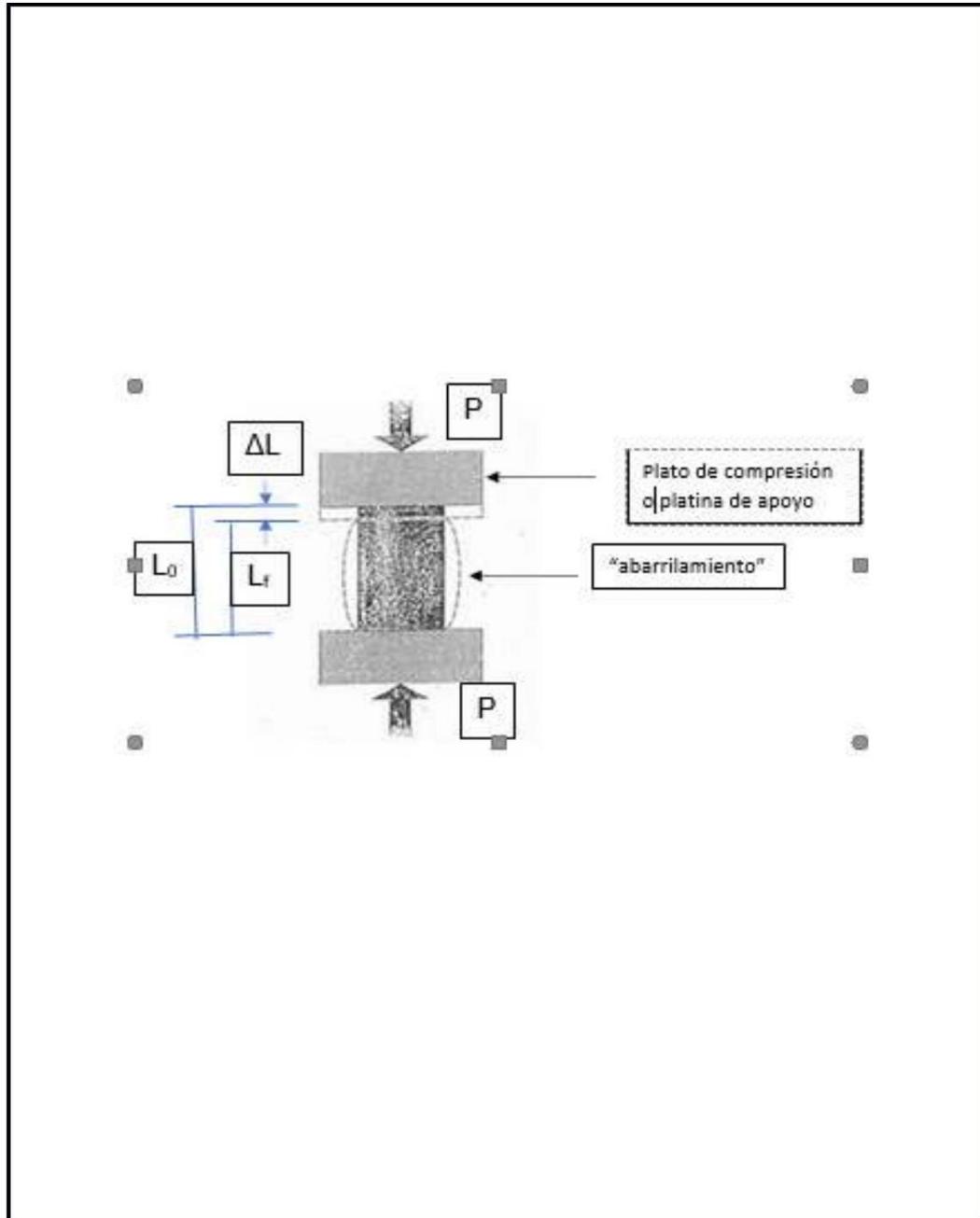


Figura 3.4 Ensayo a compresión con efecto de abarrilamiento.

Al presentarse este tipo de “deformación”, es muy difícil llegar a la carga máxima de compresión pues a medida que se va incrementando la carga el material se va compactando de tal manera que llega un momento en que aparentemente la carga se aplica entre los platos de compresión. En este caso es recomendable ubicar la carga del límite de proporcionalidad y dar por terminada la prueba.

### **3.2.4 Esfuerzos de compresión:**

Los esfuerzos de compresión representan la relación que existe entre las fuerzas axiales que tienden a acortar el material y el área de la sección perpendicular en que se aplican estas cargas.

$$\sigma = P/P.$$

Los esfuerzos de compresión también se consideran normales debido a que las cargas que lo producen se aplican a lo largo del eje longitudinal y son perpendiculares al área que las soporta.

### **3.2.5 Diagramas de comportamiento mecánico**

A partir de los datos dimensionales de la probeta y de las cargas aplicadas a lo largo de una prueba estática de compresión, se pueden caracterizar las propiedades mecánicas que se obtienen de esta prueba. Así, partiendo de la carga cero de valor cero hasta la máxima que soporta el material, llegando hasta la ruptura, se conforma el diagrama siguiente.

Es importante observar que la curva de deformación permanente no va hacia abajo, esto se debe a que como se vio en la imagen los materiales dúctiles tienden a expandirse una vez que han pasado el “límite de proporcionalidad”, esta expansión provoca que la carga requerida sea mayor y en ocasiones “parece que la prueba se está realizando directamente con los platos de compresión.

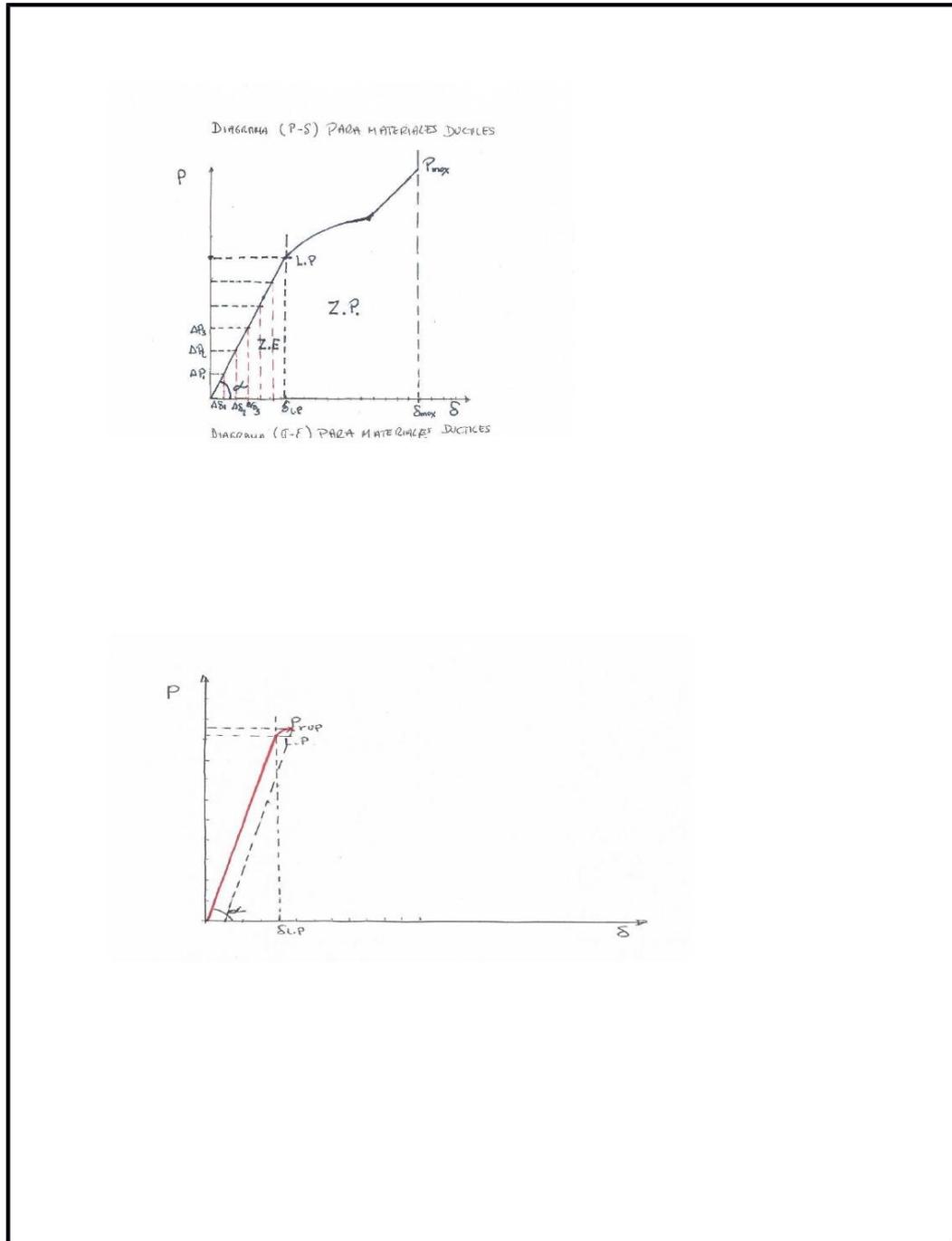


Figura 3.5 Diagramas de comportamiento mecánico

En el caso de un ensayo de compresión en material dúctil, la fuerza no descende porque no se está presentando estricción, sino al contrario se está expandiendo el área lo que hace que se requiera más carga para producir mayor deformación. Este fenómeno no ocurre con los materiales frágiles, ya que no soportan deformaciones permanentes notables aun a la compresión y se fracturan como se ve en la siguiente figura 3.7.

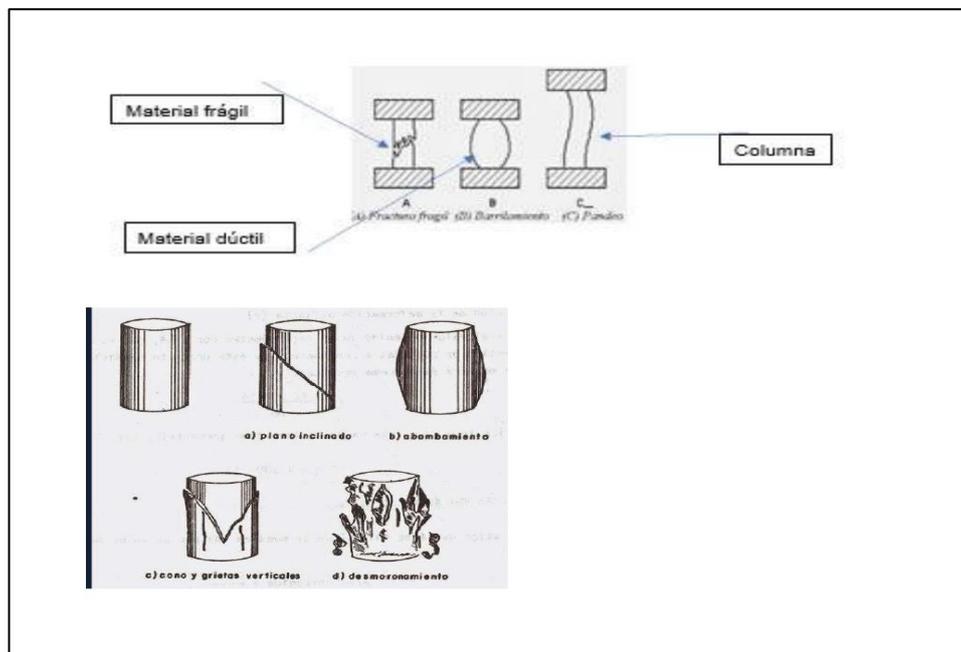


Figura 3.6 tipos de fractura

En los materiales frágiles si se presenta la falla por compresión como se puede observar en las figuras anteriores donde se presenta una fractura frágil en plano inclinado, cono con grietas verticales y el desmoronamiento. Estas fallas dependen del tipo de material que se esté ensayando.

### **3.2.6 Cálculo de las propiedades mecánicas por compresión**

Al igual que en los ensayos de tracción, este método de prueba permite la determinación de las propiedades mecánicas importantes tales como:

Esfuerzos: en el límite elástico, ultimo Ruptura por compresión.

1. Módulos
2. Módulo de Elasticidad.
3. Módulo de Poisson.
4. Módulo de Resiliencia.
5. Índices de ductilidad:
6. % de Acortamiento.
7. % de expansión.

### **3.2.7 Comportamiento Mecánico:**

Análisis de la gráfica (carga-deformación y/o esfuerzos unitarios-deformación unitaria).

#### **3.2.7.1 Determinación de ductilidad o fragilidad.**

❖ Tenacidad.

Los modelos matemáticos (ecuaciones) son iguales que en el ensayo de tracción, cuidando los signos (+ o -) que dependerán de si es tracción o compresión, es que con ellos determinaremos lo procedente.

### 3.2.8 Comportamiento de los materiales sometidos a flexión.

Si las fuerzas actúan sobre una pieza de material de tal manera que tienden a inducir esfuerzos compresivos sobre una parte de una sección transversal de la pieza y los esfuerzos tensivos sobre la parte restante, se dice que la pieza está a flexión.

Cuando no actúan ningunos otros esfuerzos que los flexionantes se dice que existen una condición de "flexión pura", la flexión pura, se desarrolla bajo ciertas condiciones de carga, las variaciones del corte transversal total y del momento flexionante a lo largo de la viga son comúnmente representadas por diagramas de corte y del momento. (Figura 3.8).

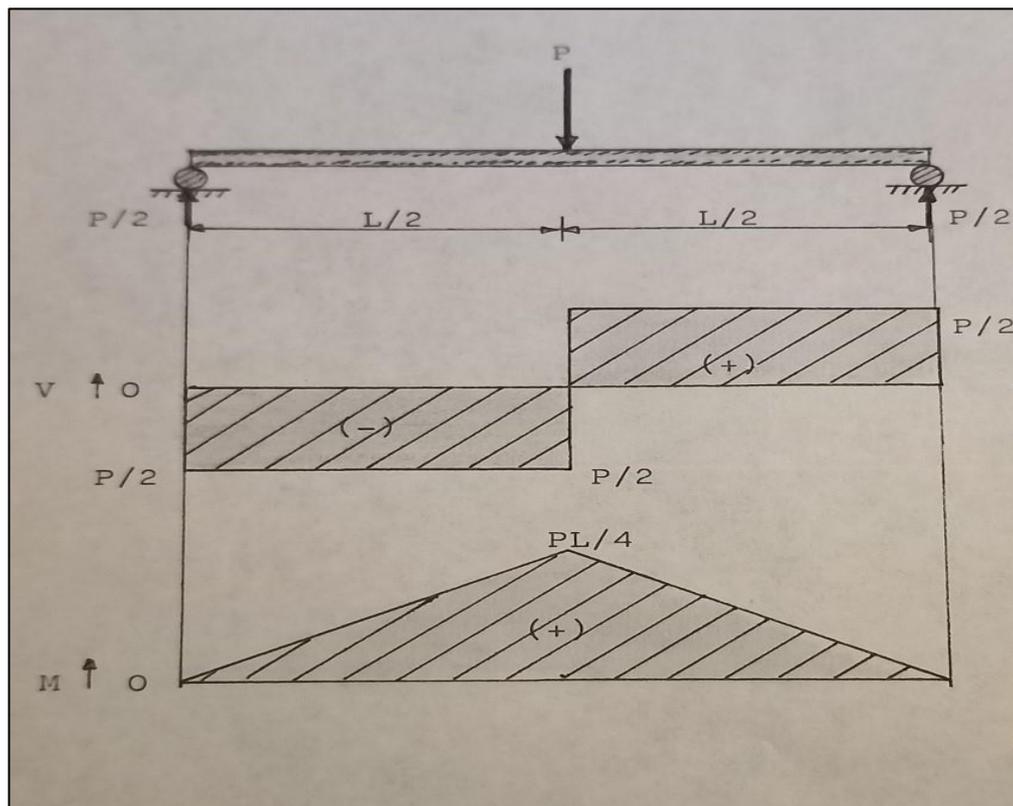


Figura 3.7 Diagramas de corte y del momento.

En una sección transversal de la viga, la línea a lo largo de la cual los esfuerzos flexionantes son cero es llamada el eje neutro. La superficie que contiene los ejes neutros de las secciones consecutivas es la superficie neutra. Sobre el lado de la viga en compresión las fibras de la viga se acortan, y sobre el lado en tensión se estiran así la viga se flexiona o flambea en una dirección normal a la superficie neutra, tomándose cóncava del lado de compresión (Figura 3.9).

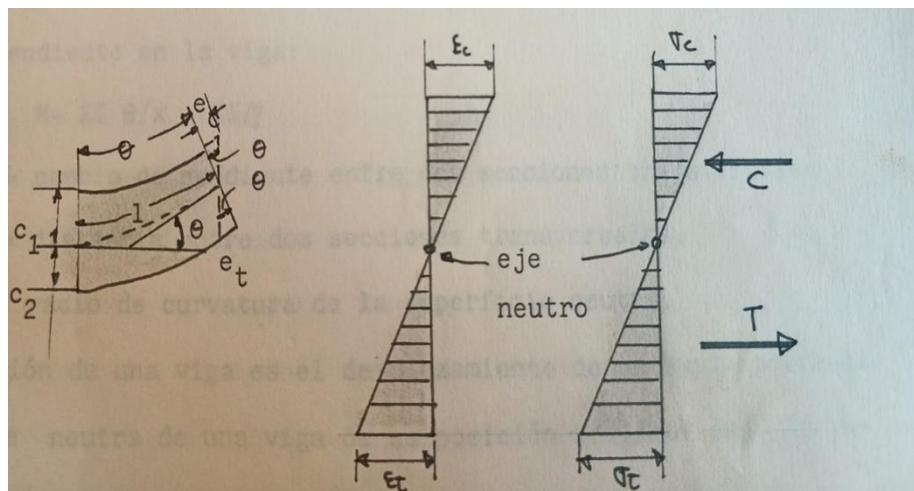


Figura 3.8 Diagrama de deformación y esfuerzos.

Si los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones (diagramas dentro del límite proporcional) ves de una sección es lineal sumando los momentos de los esfuerzos alrededor del eje neutro el momento de resistencia, dentro del límite proporcional, puede encontrarse en términos del esfuerzo sobre la fibra extrema:

$$M = \sigma \times I/C \quad (3.1)$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo sobre la fibra extrema.

$c$  = Distancia del eje neutro de la fibra extrema.

$I$  = momento de inercia de la sección alrededor del eje neutro.

En términos de las deformaciones en las fibras extremas, el momento puede expresarse como

$$M = \varepsilon EI/C \quad (3.2)$$

Donde:

$\varepsilon$  = deformación en la fibra extrema por largo unitario de viga.

Para flexión pura el momento también puede encontrarse por el cambio de pendiente en la viga:

$$M = EI \theta/x \quad (3.3)$$

Donde:

$\theta$  = cambio de pendiente entre dos secciones transversales

$X$  = Distancia entre dos secciones transversales.

$\rho$  = Radio de curvatura de la superficie neutra.

La deflexión de una viga es el desplazamiento de un punto sobre la superficie neutra de una viga de su posición original bajo la acción de las fuerzas aplicadas.

### **3.2.9 Falla por flexión:**

La falla puede ocurrir en las vigas debido a una de varias causas, de las cuales se ofrece una lista a continuación:

- A. La viga puede fallar por cedencia de las fibras extremas, cuando el punto de cedencia es alcanzado en las fibras extremas, la deflexión de la viga aumenta rápidamente con respecto a un incremento de carga.
- B. En una viga de largo claro, las fibras en compresión actúan de manera similar a aquellas en compresión de una columna, y a- la falla puede tener lugar por flambeo.
- C. La falla de los miembros de alma delgada, como una vigueta I puede ocurrir debido a los esfuerzos cortantes excesivos en el alma bajo los esfuerzos compresivos diagonales que siempre acompañan a los esfuerzos cortantes.
- D. En aquellas partes de vigas adyacentes a los lados de apoyo que permite las cargas concentradas o las reacciones a las vigas, pueden establecerse esfuerzos compresivos altos, y en las vigas I o canales el esfuerzo local en aquella parte del alma más cercana a un dado de apoyo puede tomarse excesivo.

### **3.2.10 Objeto y aplicación de los ensayos de flexión**

La mayoría de las estructuras y máquinas poseen miembros cuya función primaria es resistir las cargas que causan flexión. Son ejemplo las vigas, ganchos, placas, losas, y las columnas bajo cargas excéntricas. El diseño de tales miembros estructurales puede basarse en las propiedades de tensión, compresión y esfuerzos cortantes apropiadamente usadas en varias fórmulas de flexión. El ensayo de flexión puede servir entonces como un medio directo para evaluar el comportamiento bajo cargas flexionantes, particular mente para determinar los límites de la estabilidad estructural de la viga de varios tamaños y forma.

Los ensayos flexionantes de vigas usualmente se hacen para determinar la resistencia y la tiesura a la flexión; ocasionalmente se hacen para determinar la resistencia y obtener una imagen más o menos completa de la distribución del esfuerzo en un miembro en flexión, bajo la designación general de resistencia se puede incluir el límite proporcional, la resistencia al sedimento, y el módulo de ruptura.

### **3.2.11 Flexión mecánica:**

Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

### 3.2.12 Esfuerzo y tipos de esfuerzo

Se denomina esfuerzo de flexión al esfuerzo normal causado por la “flexión” del elemento.

P: Carga

L: Longitud de la probeta

D: Diámetro de la barra.

#### 3.2.12.1 Tipos de esfuerzo:

Dependiendo del plano en el que se presenten las fuerzas y de su inclinación con respecto al eje longitudinal además de la ubicación con respecto al centro del cortante de la sección transversal de la probeta; se puede producir diferentes tipos de flexión como son

1. Flexión pura: es aquella que se refiere a la flexión de un elemento bajo la acción de un momento flexionante constante. Cuando cualquier elemento se encuentra sometido a flexión pura, los esfuerzos cortantes sobre él son cero; un ejemplo de este tipo de flexión se observa en la parte de una viga entre dos cargas puntuales P. Se debe tener en cuenta que para poder determinar los esfuerzos producidos por la flexión primero debemos realizar un estudio de las deformaciones normales producidas en la sección transversal del elemento. Viga simple en flexión pura (tomado de (Gere, 2009)).
2. Flexión simple: se presenta cuando los miembros se encuentran en flexión no uniforme, es decir que los momentos flectores y las fuerzas cortantes están presentes de forma simultánea. Y para saber qué sucede con los esfuerzos y las deformaciones se debe conocer las fuerzas internas que actúan sobre los elementos para hallar los diagramas del momento flector y las fuerzas cortantes.

3. Flexión biaxial: se presenta cuando un elemento es sometido a cargas que actúan sobre direcciones que son oblicuas a los ejes de simetría de su sección transversal; un ejemplo de este tipo de flexión son las vigas en voladizo. Para analizar los esfuerzos causados por flexión se descompone la fuerza P en cada uno de los ejes de simetría de la sección, se hace un análisis por separado de cada dirección, luego se superpone y de esta forma se determina los esfuerzos y las deflexiones totales.

4. Flexión asimétrica: esta a su vez se divide en flexión asimétrica pura. Cuando una viga es asimétrica se encuentra sometida a flexión pura, el plano del momento flexionante es perpendicular a la superficie neutra, solo si los ejes centroidal de la sección transversal son los ejes principales de la misma. Los ejes principales son aquellos con respecto a los cuales la sección transversal presenta sus momentos de inercia máximo y mínimo, siendo el producto de inercia para estos cero.

### **3.2.13 Deformación y tipos de deformación**

Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo.

#### **3.2.13.1 Tipos de deformación:**

- ❖ Deformación elástica: Es aquella en la que el cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación.
- ❖ La deformación plástica: Es aquella en la que el cuerpo no recupera su forma original después de quitar la fuerza que le provoca la deformación.

### 3.2.15 Máximo esfuerzo normal

Este esfuerzo nos permite saber en general dependiendo de las dimensiones del material cuanto va a resistir.

### 3.2.16 Módulo de Ruptura

Resistencia máxima determinada en un ensayo de flexión o torsión. En un ensayo de flexión, el módulo de rotura en la flexión es el esfuerzo máximo en la fibra cuando se produce el fallo. En un ensayo de torsión, el módulo de rotura en la torsión es el esfuerzo de cizalladura máximo de la fibra extrema de un miembro circular cuando se produce el fallo. Sinónimos: resistencia a la flexión y resistencia a la torsión.

## 3.3 Nomenclatura de compresión

$L_0$  = Longitud inicial de la probeta (cm)

$L_b$  = Longitud final de la probeta (cm).

$\epsilon_L$  = Deformación Unitaria (%)

$\Delta A$  = Aumento de la sección normal (%).

$A_0$  = Area inicial de la probeta ( $cm^2$ ).

$A_b$  = Área final de la probeta ( $cm^2$ ).

$\sigma$  = Esfuerzo normal ( $kg/cm^2$ ).

$P$  = Carga aplicada (kg).

$E$  = Módulo de elasticidad ( $Kg / cm^2$ ).

D = Diámetro de la probeta.

$\Delta L$  = Acortamiento de la probeta (cm).

$\varepsilon$  = Deformación (Young).

b = Base (cm).

h = Altura (cm).

TE = Tenacidad elástica (cm x Kg /  $cm^2$  )

### 3.4 Definición de términos básicos:

**Ensayos de compresión:** se utiliza para determinar el comportamiento de un material bajo cargas de aplastamiento aplicadas y, por lo general, se realiza aplicando presión de compresión a una muestra de prueba (generalmente de geometría cúbica o cilíndrica) utilizando placas o accesorios especializados.

**Esfuerzo:** es la razón de una fuerza aplicada respecto al área sobre la que actúa.

**Deformación:** es el cambio relativo de las dimensiones o formas de un cuerpo como resultado de la aplicación de un esfuerzo.

**Elasticidad:** un cuerpo elástico se define como aquel que puede recuperar su forma y tamaño original cuando la fuerza que lo deformó deja de actuar sobre él.

**Tensión:** grado de fuerza ejercida sobre un objeto dividida por el área transversal del mismo. El área transversal es el área de una sección transversal del objeto en un plano perpendicular a la dirección de la fuerza. La tensión generalmente es expresada en unidades de fuerza dividida por área, como N/cm<sup>2</sup>.

**Ensayo de tracción:** consiste en someter una probeta normalizada a esfuerzos

progresivos y crecientes en la dirección de su eje hasta que llegue a la deformación o la rotura correspondiente.

**Ensayo de compresión:** es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante esfuerzos de compresión progresivos en una probeta normalizada.

**Zona elástica:** es el área comprendida en un diagrama esfuerzo-deformación unitaria, por el trazo de la curva desde cero hasta el límite de elasticidad y por el valor de la abscisa, o sea la deformación correspondiente al límite elástico.

**Zona plástica:** es el área comprendida en un diagrama esfuerzo- deformación unitaria, por el trazo de la curva desde el límite elástico hasta el punto de ruptura y por el tramo de la abscisa comprendida desde el valor del límite elástico y el valor correspondiente al punto de ruptura.

**Módulo de Young:** es la constante de proporcionalidad entre la deformación elástica y el esfuerzo uniaxial, y representa la pendiente de la parte recta de la gráfica esfuerzo- Deformación unitaria.

**Resistencia a la tensión:** es el esfuerzo obtenido de la fuerza más alta aplicada.

**Ductilidad:** es una medida del grado de deformación plástica que puede ser soportada hasta la fractura.

**Fricción:** es la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática).

**Esbeltez:** relaciona la rigidez de la sección transversal de una pieza prismática con su longitud total. Se caracteriza por un parámetro adimensional que interviene en el cálculo de las tensiones y predice las inestabilidades elásticas de las barras.

**Esfuerzo de cedencia:** esfuerzo al cual el material comienza a deformarse plásticamente.

**Lubricación:** un lubricante es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma así mismo una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

**La composición química:** se refiere a qué sustancias están presentes en una determinada muestra y en qué cantidades.

**El pandeo:** es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

**Absorbancia:** es la cantidad de luz que es retenida por una muestra cuando es atravesada por un haz luminoso.

**Ensayo de flexión:** es determinar las propiedades mecánicas de los materiales relacionadas con los esfuerzos y flechas (deformaciones) en los puntos máximo y de rotura, y módulo elástico.

**Rotura:** cuando llega a un límite de sollicitación tal que las tensiones alcanzan un valor para el cual el material ya no es más utilizable para el fin que se le destina.

**Límite de fluencia:** fatiga a partir de la cual un cuerpo sufre una deformación continua sin por ello aumentar dicha fatiga. También llamado punto de relajamiento.

### 3.3 Nomenclatura de flexión

D= Diámetro (cm)

L = Longitud entre apoyos (cm)

c = Distancia desde el eje neutro a la fibra exterior (cm)

E = Módulo de elasticidad ( $\text{Kg} / \text{cm}^2$ )

I = Momento de inercia ( $\text{cm}^4$ )

Q = Primer momento de Inercia ( $\text{cm}^3$ )

b = Ancho de la base (cm)

P = Carga aplicada (Kg)

M = Momento flector máximo (kg cm)

Y = Deflexión producida (cm)

V = Fuerza cortante (KG)

$\sigma$  = Esfuerzo flexionante ( $\text{Kg} / \text{cm}^2$ )

$\tau$  = Esfuerzo cortante ( $\text{kg} / \text{cm}^2$ )

m = Pendiente (kg /cm)

$\Delta_p$  = Variación de la carga (kg)

$\Delta Y$  = Variación de la deflexión (cm)

A = Área de la sección de la probeta ( $\text{cm}^2$ )

$\bar{Y}$  = Centroide de área utilizada (cm)

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA DEL TRABAJO

#### 4.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo descriptiva. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades y sus características fundamentales que es precisamente la de prestar una interpretación correcta.

Arias, F (2006), define la investigación descriptiva: “como aquella que se orienta hacia la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento.” (p.22).

También se considera una investigación de tipo exploratoria dado que se realiza con el objeto de desarrollar un estudio más completo respecto a un contexto particular al respecto Arias, F. (1999), sobre este tipo de investigación manifiesta que “es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto poco conocido o estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto (p.46).

#### 4.2 Diseño de la investigación

Atendiendo a los objetivos delimitados, la investigación se orienta hacia la incorporación de un diseño documental, de campo y experimental en atención a las características específicas del trabajo a ejecutar. De acuerdo con Arias, F. (1999) "la investigación documental es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros de documentos" (p. 47). La investigación es documental por cuanto requiere contar con fundamentos teóricos, medios informativos, y la búsqueda antecedente necesarios para respaldar y complementar la información.

Se considera una investigación de campo, teniendo en cuenta que la recopilación de los datos, así como todas las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo directamente en el sitio donde se realizó el estudio Pérez, A. (2002) establece que "el investigador recoge la información directa de la realidad. Está referida en fuentes primarias, y los datos se obtienen a través de la aplicación de técnicas de recolección de datos" (p. 19). Esto indica la necesidad de acceso al lugar donde se produce el fenómeno para la obtención de los datos necesarios para la realización del estudio.

La investigación es de tipo experimental, la cual es definida por el mencionado autor como: "un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos, para observar los efectos que producen" (p. 48). En concordancia con esa definición, el objeto de estudio se sometió a determinadas condiciones y ensayos, con la finalidad de analizar los efectos que produce su elaboración.

### **4.3 Población y muestra de la investigación**

La población y la muestra de la investigación está representada por las probetas de aluminio y acero.

### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación fue necesario aplicar una serie de técnicas e instrumentos que permitieron, primeramente, recolectar los datos y la información necesaria para su desarrollo.

#### 4.4.1 Técnicas de recolección de datos

Entre las técnicas usadas para la recolección de información se mencionan las siguientes:

1. **Revisión bibliográfica:** la cual permite extraer información relacionada con el tema de investigación por medio de diversas fuentes como libros, trabajos de grado, manuales y publicaciones de internet, para dar a conocer los elementos teóricos, conceptuales y referenciales en los que se enmarca la investigación para sustentar el estudio en cuestión. Asimismo, se recaudó información contenida en las normas venezolanas referidas al tema sometido a estudio.
2. **Observación directa:** con la finalidad de captar las situaciones que se produzcan en las muestras ensayadas, identificando los factores que influyen en el proceso, los cuales proporcionan información importante para el desarrollo de la investigación.
3. **Consultas académicas:** se efectúan con el propósito de establecer los parámetros de estudio, obtener orientación sobre los pasos a seguir para desarrollar la investigación dentro de los principios establecidos y cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto.

#### 4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Entre los instrumentos que se han de utilizar para obtener, registrar y almacenar la información se mencionan las siguientes:

1. Cámara fotográfica: la cual permite registrar y guardar las imágenes de las actividades más relevantes del proyecto de investigación
2. Equipos de laboratorio: para llevar a cabo los ensayos al mortero en estado fresco y endurecido.

3. Registro de información: con el fin de formalizar los resultados obtenidos, seleccionar, organizar y relacionar los datos relativos al estudio. Estos se realizaron mediante planillas y gráficos elaborados con ese fin.

#### **4.5 Ensayos de laboratorio compresión de metales**

##### **4.5.1 Equipos e instrumentos**

###### **1.-Prensa Hidráulica:**

Marca: STENHOJ. Capacidad: 100ton. Apreciación: 50 kg.

###### **2.- Extensiómetro:**

Marca: C.S.G. Capacidad: 3 cm. Apreciación: 0,01 mm

###### **3.- Vernier:**

Marca: Aerospace. Capacidad: 16 cm. Apreciación: 1/20 mm

###### **4.- Probetas:**

Aluminio

## **1.5.2 Etapa del desarrollo de la investigación**

### **1.5.2.1 Procedimiento de la práctica de compresión de metales**

- A. Se procedió a hacer tres mediciones del diámetro de la probeta y la longitud, obteniendo un promedio tanto para el diámetro como para la longitud.
- B. Se colocó la probeta en la bancada móvil o plato hidráulico de la máquina de ensayo, y se procedió a ponerla en contacto con la bancada fija.
- C. Se colocó el extensómetro, ajustando el cero del dial según - la escala a utilizar (por ser muy pequeña la probeta de aluminio, el extensómetro se coloca fuera de ella).
- D. Se colocó en cero el dial de la derecha, y se le da una abertura al timón de la derecha suministrando una carga de acuerdo al tipo de muestra.
- E. Se tomó lecturas del acortamiento para incrementos de la carga de 1000 en 1000 kg.
- F. Siendo el aluminio un material dúctil, no se pudo realizar la lectura de la carga última (cuando la aguja negra se separe - de la aguja roja), porque no se observó fractura, dejando la lectura de la carga (14.600kg).
- G. Después de la carga se procedió a la descarga de la máquina por medio del timón de la izquierda, se bajó el plato hidráulico y se tomaron las medidas finales tanto del diámetro como- de la longitud final (obteniendo un promedio de ellas).
- H. Repetir para otras probetas a partir del paso A.



Figura 4.1 Probetas de aluminio.



Figura 4.2 Colocación y centrado de la probeta en la prensa.



Figura 4.3 Aplicación de la carga de aplastamiento.



Figura 4.4 Fractura por efecto de abarrilamiento.



Figura 4.5 Ensayo finalizado, probeta fracturada.

## 4.6 Ensayos de laboratorio flexión de metales

### 4.6.1 Equipos e instrumentos

1. Maquina universal de ensayo:

Marca: STENHOJ. Capacidad: 100ton. Apreciación: 5

2. Deflectometro:

Marca: C.S.E. Capacidad: 3cm. Apreciación: 0,01 mm

3. Vernier:

Marca: Aerospace. Capacidad; 16 cm. Apreciación: 0,05 mm

4. Metro de albañil:

Marca: Truper. Capacidad: 5 m. Apreciación: 1 mm

5. Probeta de acero

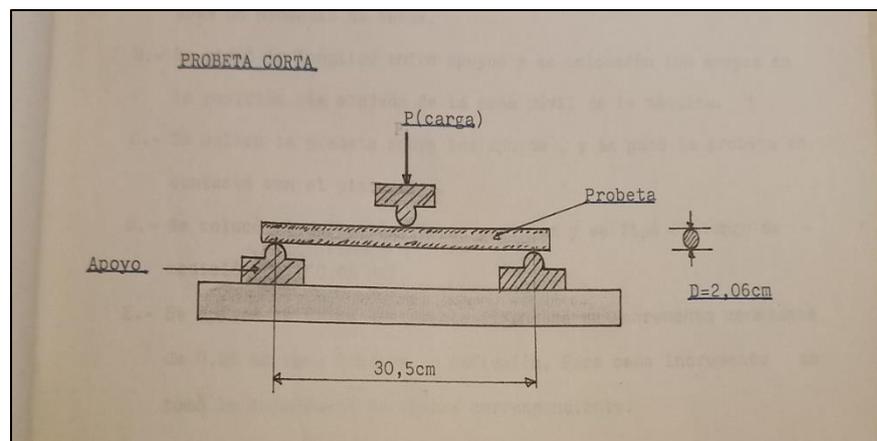


Figura 4.6 Ensayo probeta corta

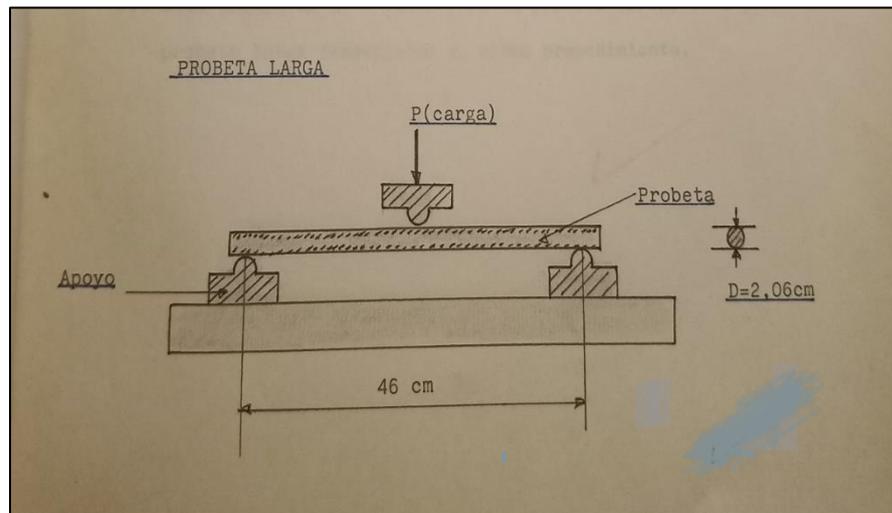


Figura 4.7 Ensayo probeta larga

#### 4.6.2 Procedimiento

- A.- Se tomaron tres medidas del diámetro de la probeta, obteniéndose un promedio de estas.
- B.- Se midió la longitud entre apoyos y se colocaron los apoyos en la posición más alejada de la mesa móvil de la máquina.
- C. Se colocó la probeta sobre los apoyos, y se puso la probeta en contacto con el plato fijo.
- D. Se colocó el deflectómetro en posición y se fijó el rango de medición de (0,05 mm).
- E.- Se aplicó la carga lentamente fijándose un incremento constante de 0,05 mm como lectura de deflexión. Para cada incremento se tomó la intensidad de fuerza correspondiente.
- F.- Este ensayo se hizo tanto para la probeta corta, como para la probeta larga respetando el mismo procedimiento.



Figura 4.8 Colocación de probeta de acero corta en la prensa



Figura 4.9 Deflexión de probeta de acero corta



Figura 4.10 Rotura de la probeta corta



Figura 4.11 Colocación de probeta de acero larga en la prensa



Figura 4.12 Deflexión de probeta de acero larga.



Figura 4.13 Rotura de la probeta larga.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En esta etapa se involucran los procedimientos ordenados que facilitaran la interpretación de los resultados obtenidos para conocer el comportamiento del material en estudio en la práctica de compresión de metales

#### **5.1 Estudiar la resistencia a la compresión que un material es capaz de desarrollar en materiales quebradizos (que fallan por ruptura, y en materiales que no fallan en compresión por fractura (materiales dúctiles, o semiviscosos).**

La resistencia a la compresión es el máximo esfuerzo de compresión que un material es capaz de desarrollar, con un material (quebradizo) que falla en compresión por ruptura, la resistencia a la compresión posee un valor definido. en el caso de los materiales que no fallan en compresión por una fractura desmoronante (materiales dúctiles, maleables, o semiviscoso), como presenta el estudio el material al deformarse, muestra un abarrilamiento por presión figura 5.1, el valor obtenido para la resistencia a la compresión es un valor arbitrario que depende del grado de distorsión considerado como falla efectiva del material, en la figura. 5.3 se muestra el diagrama característico de esfuerzo y deformación para materiales dúctiles y no dúctiles en compresión, mostrando nuevamente la línea intermitente la relación entre esfuerzo "verdadero" y deformación convencional; en compresión es más bajo que el diagrama de esfuerzo y deformación convencional debido al aumento de sección de la probeta como se muestra en la figura 5.2, mientras se encuentra bajo carga compresiva.



Figura 5.1 Deformacion tipo abarrilamiento con grieta



Figura 5.2 Pieza de aluminio con una deformacion final agrietada

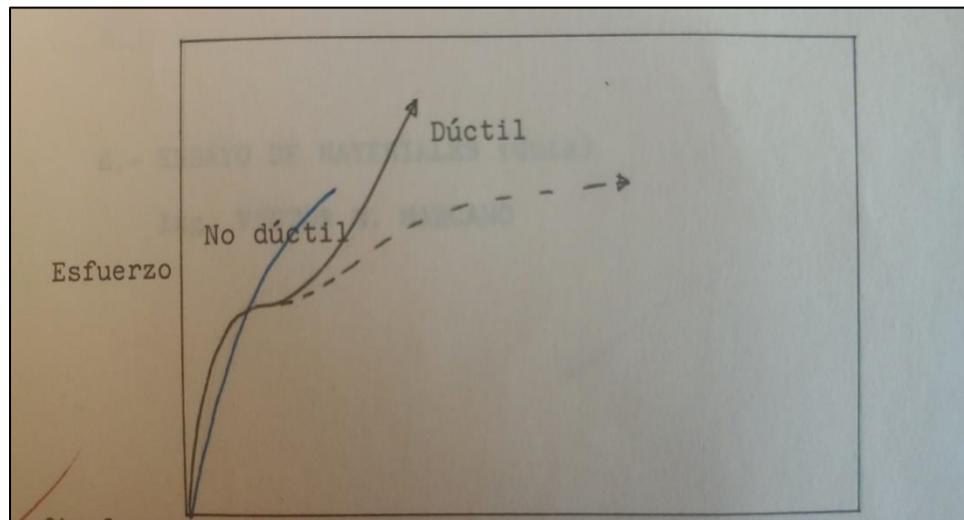


Figura 5.3 Diagrama de esfuerzo y deformación para materiales dúctiles  
y no dúctiles

. La capacidad de un material para resistir la aplicación de esfuerzos repetidos es denominada su resistencia, el límite de resistencia a la fatiga es el esfuerzo máximo que puede aplicarse en grande o definido número de veces sin causar la falla. Para aceros ordinarios el límite de resistencia bajo flexión alternada es de aproximadamente la mitad de la resistencia a la tensión.

**5.2 Determinar las curvas características de carga vs alargamiento y esfuerzos vs deformación observando el comportamiento del material a lo largo de ella.**

**A.- Área inicial de la probeta.**

$$D = 2.523 \text{ cm}$$

$$A_0 = \pi D^2/4 \quad ; \quad A_0 = \pi (2.523 \text{ cm})^2/4 = 4.999 \text{ cm}^2 \quad ; \quad A_0 = 4.999 \text{ cm}^2$$

**B.- Área final de la probeta.**

$$D = 3.317 \text{ cm}$$

$$A_b = \pi D^2/4 \quad ; \quad A_b = \pi (3.317 \text{ cm})^2/4 = 8.641 \text{ cm}^2 \quad ; \quad A_b = 8.641 \text{ cm}^2$$

**C.- Esfuerzo normal**

$$\sigma = P/A_0 \quad ; \quad \sigma = 600 \text{ kg}/4.999 \text{ cm}^2 = 120.024 \text{ cm}^2 \quad ; \quad A_b = 120.024 \text{ cm}^2$$

**D.- aumento de la sección normal**

$$\Delta A = A_b - A_0/A_0 \times 100 \quad ; \quad \Delta A = \frac{8.641 \text{ cm}^2 - 4.999 \text{ cm}^2}{4.999 \text{ cm}^2} \times 100 = 72,855\%$$

$$\Delta A = 72,855\%$$

**E.- deformación unitaria**

$$\varepsilon_L = \frac{L_0 - L_b}{L_0} \quad ; \quad \varepsilon_L = \frac{2,465 \text{ cm} - 1,78 \text{ cm}}{2,465 \text{ cm}} \times 100 = 27,789\% \quad ; \quad \varepsilon_L = 27,789\%$$

**F.- Acortamiento**

$$\Delta_L = L_0 - L_b \quad ; \quad \Delta_L = 2,465 \text{ cm} - 1,78 \text{ cm} = 0,685 \text{ cm} \quad ; \quad \Delta_L = 0,685 \text{ cm}$$

**G.- Deformación**

$$\varepsilon = \Delta_L / L_0 \quad ; \quad 8 \times 10^{-3} \text{ cm} / 2,465 \text{ cm} = 0,0032 \quad ; \quad \varepsilon = 0,0032$$

**H.- Tenacidad elástica: (área bajo la curva dentro de la zona elástica)**

$$TE = \frac{b \times h}{2} \quad ; \quad TE = \frac{33 \times 10^{-3} \text{ cm/cm} \times 1320,26 \text{ kg/cm}^2}{2} = 21,784 \text{ cm kg/cm}^2$$

$$TE = 21,784 \text{ cm kg/cm}^2$$

**I.- Modulo de elasticidad (pendiente en la zona elástica)**

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad ; \quad E = \frac{(520,10 - 320,06) \text{ KG/cm}^2}{(14 \times 10^{-3} - 8,7 \times 10^{-3}) \text{ cm/cm}} = 37.743,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 37.743,39 \text{ kg/cm}^2$$

### 5.2.1 Ensayo de compresión (metales). Probeta: Aluminio

Tabla 5.1 Carga y acortamiento

Tabla 5.2 Datos de la probeta

Carga P (kg)	Acort (cm) x10 <sup>-2</sup>
0	0
600	0,8
1600	2,15
2600	3,50
3600	4,70
4600	5,7
5600	6,6
6600	8,1
7600	12,1
8600	18,3
9600	29,2
10600	40,4
11600	51,6
12600	61,5
13600	70,9
14600	79,4

PROBETA	INICIAL	FINAL
Diámetro (cm)	2,53	3,25
	2,52	3,50
	2,52	3,20
Longitud (cm)	2,47	1,77
	2,465	1,79
	2,46	1,78
Área (cm <sup>2</sup> )	4,999	8,641

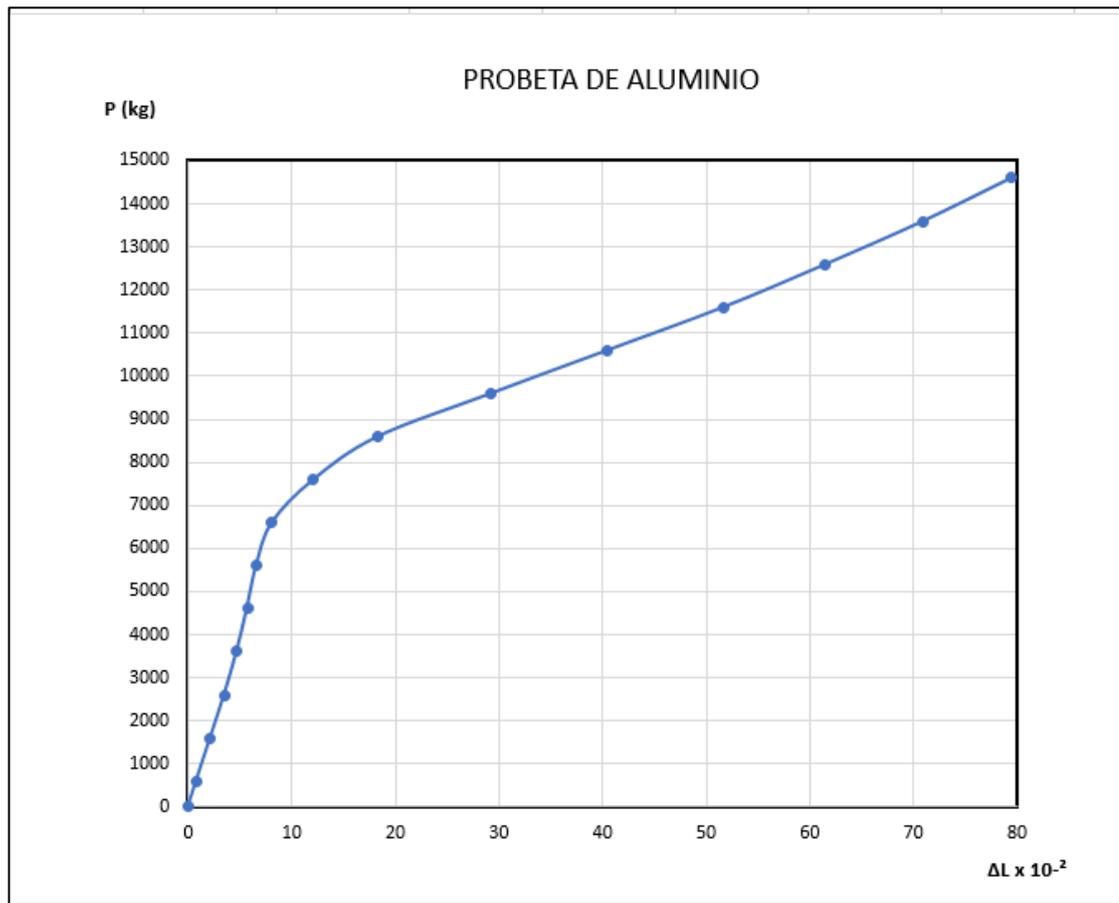


Figura 5.4 Diagrama carga vs deformación

Tabla 5.3 Esfuerzo, acortamiento y deformación

$\sigma$ (kg / cm <sup>2</sup> )	Acort (cm) $\times 10^{-2}$	$\epsilon$ $\times 10^{-3}$
0	0	0
120,024	0,8	3,2
320,06	2,15	8,7
520,10	3,50	14,0
720,14	4,70	19,0
920,18	5,70	23,0
1120,22	6,60	27,0
1320,26	8,10	33,0
1520,30	12,1	49,0
1720,34	18,3	74,0
1920,38	29,2	119,0
2120,42	40,4	164,0
2320,46	51,6	209,0
2520,50	61,5	250,0
2720,54	70,9	288,0
2920,58	79,4	322,0

Tabla 5.4 Diámetro y longitud de la probeta

PROBETA	INICIAL	PROBETA	FINAL
Diámetro (cm)	2,523	Diámetro (cm)	3,317
Longitud (cm)	2,465	Longitud (cm)	1,78
Área (cm <sup>2</sup> )	4,999	Área (cm <sup>2</sup> )	8,641

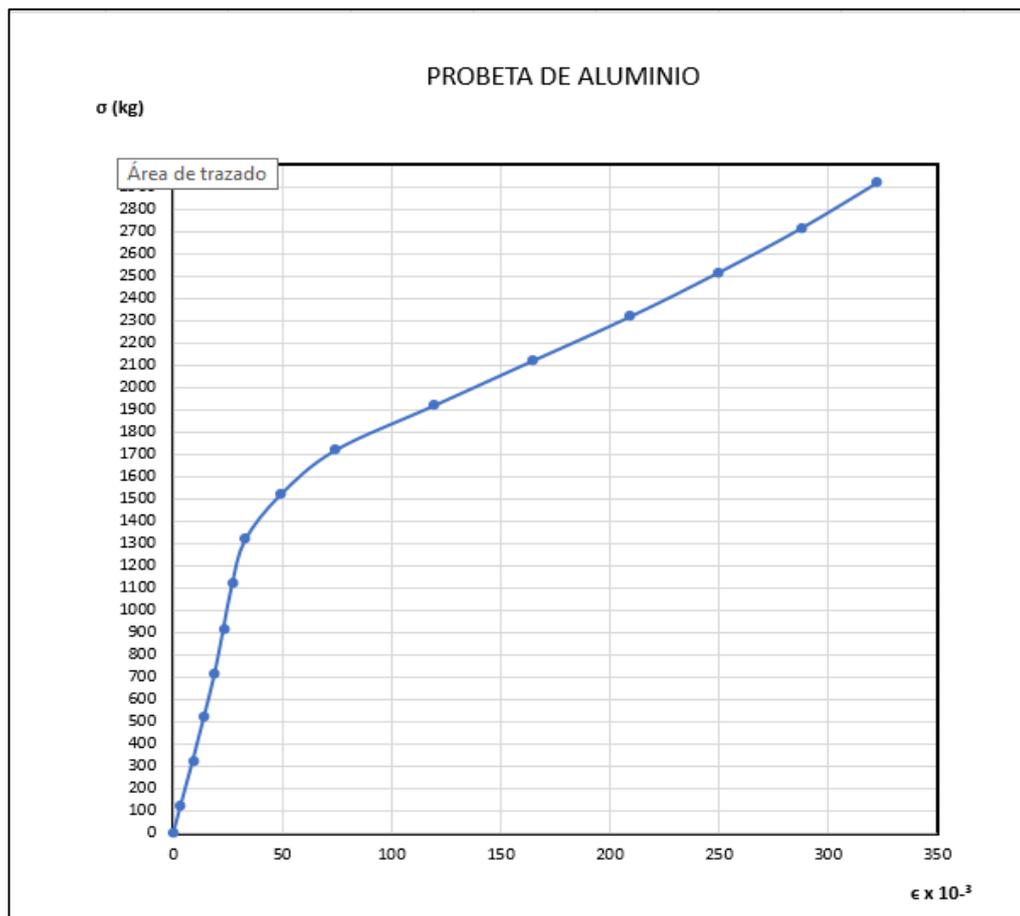


Figura 5.5 Diagrama esfuerzo vs deformación

5.3. Identificar en ella los puntos de interés (módulo de elasticidad, tenacidad elástica, punto de fluencia).

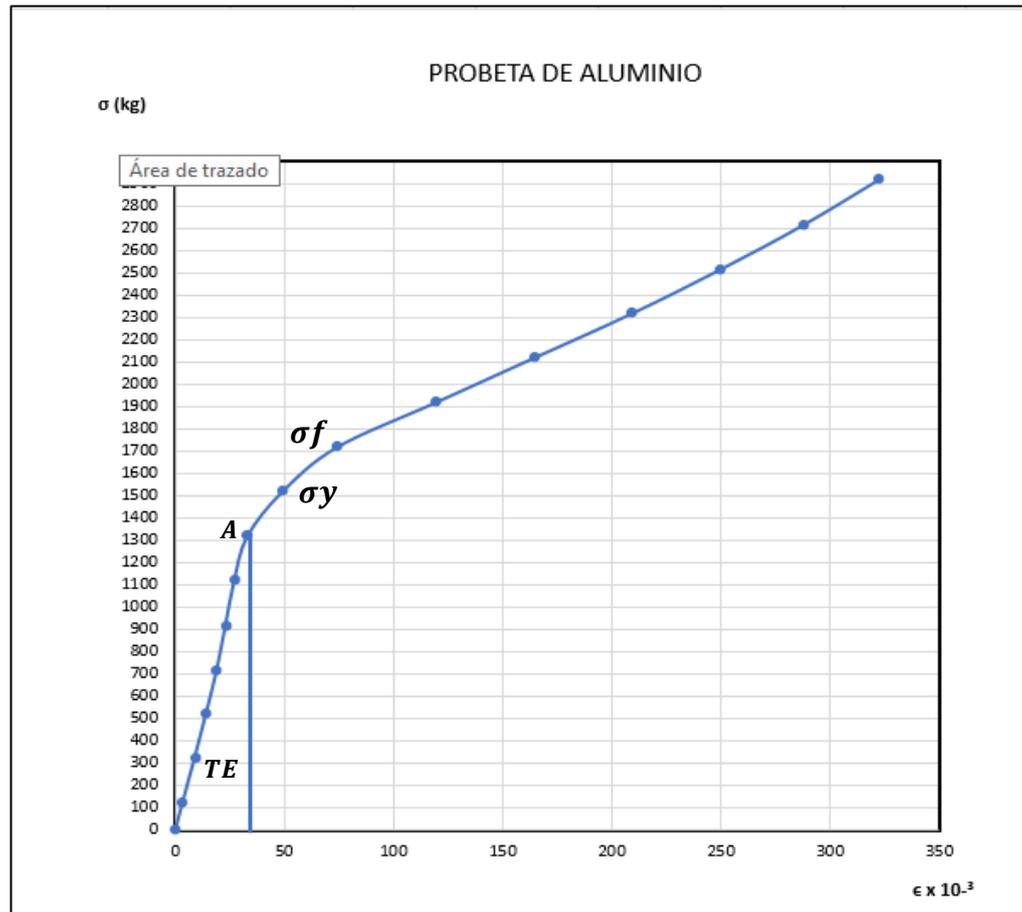


Figura 5.6 Diagrama esfuerzo vs deformación

**Tenacidad elástica: (área bajo la curva dentro de la zona elástica)**

$$TE = 21,784 \text{ cm kg/cm}^2$$

**Módulo de elasticidad (pendiente en la zona elástica)**

$$E=37.743,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_A= 1.320,26 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo del límite proporcionalidad})$$

$$\sigma_y= 1.520,3 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Limite elástico})$$

$$\sigma_f= 1.720,34 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Esfuerzo de fluencia})$$

5.4 Evaluar el comportamiento bajo cargas flexionantes, de probeta circular apoyado sobre extremos libres, una fuerza aplicada en el centro, verificar los límites de la estabilidad y elaborar diagrama de carga - esfuerzo vs deformación.

#### 5.5 A.- Momento de inercia

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi (2,06 \text{ cm})^4}{64} ; \quad I = 0,884 \text{ cm}^4$$

#### B.- Deflexión Teórica

$$Y_{\tau} = \frac{L^3 P}{48 EI} = \frac{(30,5 \text{ cm})^3 \times 20 \text{ kg}}{48 \times 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 0,884 \text{ cm}^4} = 0,006 \text{ cm}$$

$$Y_{\tau} = 0,006 \text{ cm}$$

Probeta corta  $L=30,5 \text{ cm}$ ,  $E=2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Probeta larga  $L=46 \text{ cm}$ ,  $E=2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$$Y_{\tau} = \frac{L^3 P}{48 EI} = \frac{(46 \text{ cm})^3 \times 5 \text{ kg}}{48 \times 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 0,884 \text{ cm}^4} = 0,005 \text{ cm}$$

$$Y_{\tau} = 0,005 \text{ cm}$$

#### C.- Momento flector. (probeta corta)

$$M = \frac{P L}{4} = \frac{(20 \text{ kg}) \times 30,5 \text{ cm}}{4} = 152,5 \text{ kgcm} ; \quad M = 152,5 \text{ kgcm}$$

$$L = 30,5 \text{ cm} , \quad p = 20 \text{ kg}$$

**Probeta larga**

$$L=46\text{cm} \quad , \quad p=5\text{kg}$$

$$M=\frac{P L}{4} \quad ; \quad \frac{(5\text{kg}) \times 46 \text{ cm}}{4} = 57,5 \text{ kgcm} \quad ; \quad M= 57,5 \text{ kgcm}$$

**D.- esfuerzo de flexión****Probeta corta**

$$M=152,5 \text{ kgcm} \quad , \quad D=2,06 \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi D^3} \quad , \quad \frac{32 \times 152,5 \text{ kgcm}}{\pi (2,06\text{cm})} = 177,69\text{kg/cm}^2 \quad , \quad \sigma = 177,6 + 4 \text{ kg/cm}^2$$

**Probeta larga**

$$M=57,5 \text{ kg cm} \quad , \quad D=2,06 \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi D^3} \quad , \quad \frac{32 \times 57,5 \text{ kgcm}}{\pi (2,06\text{cm})} = 69,999,69\text{kg/cm}^2 \quad , \quad 66.999\text{kg/cm}^2$$

**E.- Deflexión experimental**

$$Y_e = N \text{ divisiones} \times \text{apreciación}$$

$$Y_e = 5 \times 0,01\text{mm} = 0,05 \times 0,01 = 0,005\text{cm} \quad ; \quad Y_e = 0,005\text{cm}$$

**F.- Esfuerzo de corte****Probeta corta**

$$P=220\text{kg}, c=1,03\text{cm}, b=1,03\text{cm}$$

$$\bar{Y} = 4c/3 = ; \quad 4 \times 1,03/3 = ; \quad 0,437\text{cm}$$

$$V = P/2 = ; \quad 220\text{kg}/2 = 110\text{kg} ; \quad Q = \bar{Y} \times A$$

$$Q = 0,437 \times \frac{(2,06\text{cm})^2}{4} = 1,456\text{cm}^3$$

$$\tau = \frac{V \times Q}{I \times b} = ; \quad \frac{110\text{kg} \times 1,456\text{cm}^3}{0,884 \text{cm}^4 \times 1,03 \text{cm}} = 175,807\text{kg/cm}^2 ;$$

$$\tau = 175,807\text{kg/cm}^2$$

**Probeta larga**

$$P = 160\text{kg} , c = 1,03\text{cm} , b = 1,03\text{cm} , \bar{Y} = 0,437\text{cm}, Q = 1,456$$

$$V = P/2 = ; \quad 160\text{kg}/2 = 80\text{kg}$$

$$\tau = \frac{V \times Q}{I \times b} = ; \quad \frac{80\text{kg} \times 1,456\text{cm}^3}{0,884 \text{cm}^4 \times 1,03 \text{cm}} = 127,859\text{kg/cm}^2$$

**G.- Modulo de elasticidad experimental**

**Probeta corta**

$$L = 30,5\text{cm} \quad m = \Delta P / \Delta y = ; \quad \frac{30\text{kg} - 20\text{kg}}{(1 - 0,6) \times 10^{-2}\text{cm}} = 2500\text{kg/cm}$$

$$m = 2500\text{kg/cm}$$

$$E = \frac{L^3 \times m}{48 \times I} ; \quad \frac{(30,5\text{cm})^3 \times 2500\text{kg/cm}}{48 \times 0,884\text{cm}^4} = 1,67 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$$

$$E = 1,67 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$$

### Probeta larga

$$L = 46\text{cm} \quad m = \Delta P / \Delta y = ; \quad \frac{10\text{kg} - 5\text{kg}}{(1,1 - 0,5) \times 10^{-2}\text{cm}} = 833,333\text{kg/cm}$$

$$E = \frac{L^3 \times m}{48 \times I} ; \quad \frac{(46\text{cm})^3 \times 833,333\text{kg/cm}}{48 \times 0,884\text{cm}^4} = 1,912 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$$

$E = 1,912 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$   $\Delta P$  y  $\Delta y$ , son dos puntos tomados de la recta en la grafica de  $PVsY_{\tau}$

Tabla 5.5 Datos de las probetas de acero cortas y largas

Probeta de Acero		Corta	Larga
Modulo elástico		$1,67 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$	$1,912 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$
Esfuerzo	Flexión Máx.	$177,694 \text{kg/cm}^2$	$66,999 \text{kg/cm}^2$
	Corte Máx.	$175,807 \text{kg/cm}^2$	$127,859 \text{kg/cm}^2$

Tabla 5.6 Ensayo de flexión de la probeta corta

Carga P (kg)	Deflexión Exp $\times 10^{-3} \text{cm}$	Momento flector $\text{kg/cm}$	Deflexión TEO $\times 10^{-2}$	Esfuerzo de flexión
20	5	152,5	0,6	177,69
30	10	228,75	1	266,49
50	15	381,25	1,6	444,16
60	20	457,50	1,9	532,99
70	25	533,75	2,2	621,82
75	30	571,87	2,4	666,23
100	35	762,50	3,3	888,31
110	40	838,75	3,5	977,14
125	45	953,12	4	1.110,40
140	50	1.067,50	4,5	1.243,64

155	65	1.181,87	4,9	1.376,88
170	70	1.296,25	5,4	1.510,13
180	75	1.372,50	5,7	1.598,96
200	80	1.525,00	6,4	1.776,63
210	85	1.601,25	6,7	1.865,46
220	90	1.677,50	7	1.954,29

Tabla 5.7 Ensayo de flexión de la probeta larga

Carga P (kg)	Deflexión Exp $\times 10^{-3}$ (cm)	Momento flector (cm/kg)	Deflexión TEO $\times 10^{-2}$ (cm)	Esfuerzo de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
5	5	57,5	0,5	66,99
10	10	115,0	1,1	133,99
15	15	172,50	1,6	200,99
20	20	230,00	2,2	267,99
25	25	287,50	2,7	334,99
30	30	345,00	3,3	401,99
35	35	402,50	3,8	468,99
35	40	402,50	3,8	468,99
40	45	460,00	4,4	535,99
45	50	517,50	4,9	602,99
50	55	575,00	5,5	669,99
55	60	632,50	6,0	736,99
60	65	690,00	6,6	803,99
65	70	747,50	7,1	870,99
65	75	747,50	7,1	870,99
70	80	805,00	7,6	937,98
75	85	862,50	8,2	1.004,98
75	90	862,50	8,2	1.004,98
85	95	977,50	9,3	1.138,98
85	100	977,50	9,3	1.138,98
90	105	1.035	9,8	1.205,98
95	110	1.092,5	10,4	1.272,98
100	115	1.150	10,9	1.339,98
100	120	1.150	10,9	1.339,98
105	125	1.207,5	11,5	1.406,98
110	130	1.265	12,0	1.473,98
115	135	1.322,5	12,6	1.540,98
120	140	1.380	13,1	1.607,98
125	145	1.437,5	13,7	1.674,98
125	150	1.437,5	13,7	1.674,98

130	155	1.495	14,2	1.741,98
135	160	1.552,5	14,7	1.808,97
140	165	1.610	15,3	1.875,97
145	170	1.667,5	15,8	1.942,97
150	175	1.725	16,4	2.009,97
155	180	1.782,5	16,9	2.076,97
160	190	1.840	17,5	2.143,97

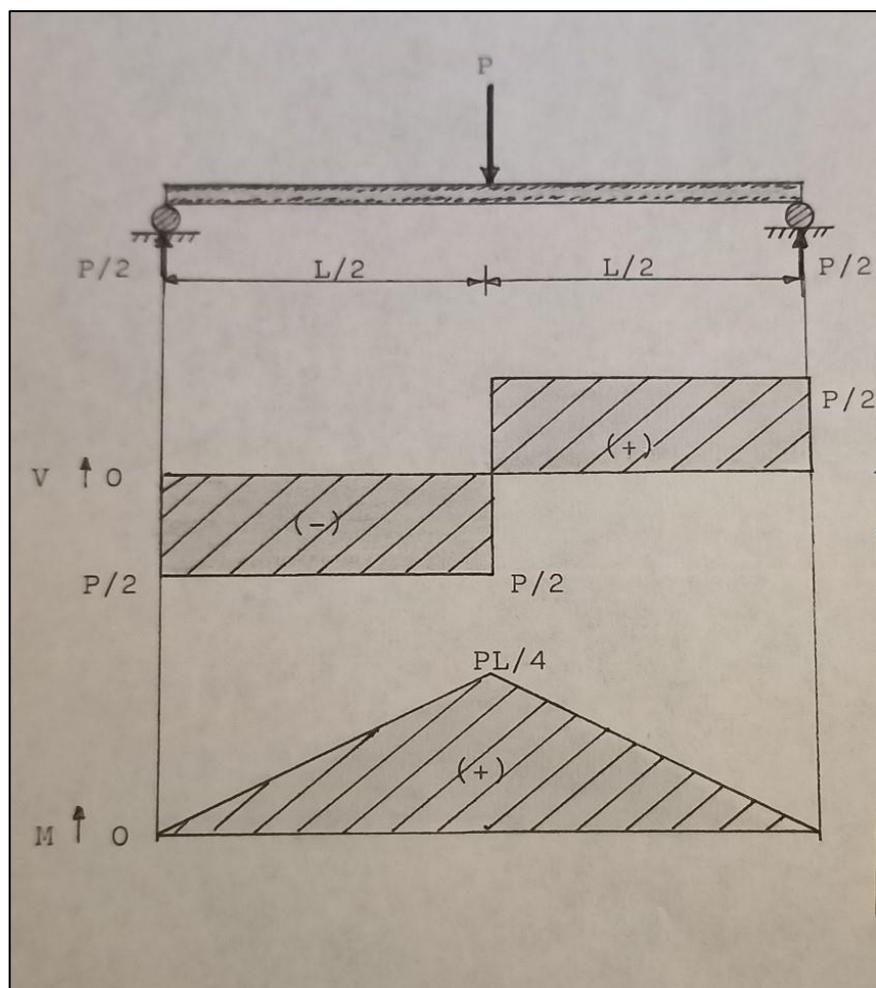


Figura 5.7 Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector

Probeta corta

Momento flector  $M= 1.677,5 \text{ kg cm}$

Carga  $P= 220 \text{ kg}$

Probeta larga

Momento flector  $M= 1.840 \text{ kg cm}$

Carga  $P= 160 \text{ kg}$

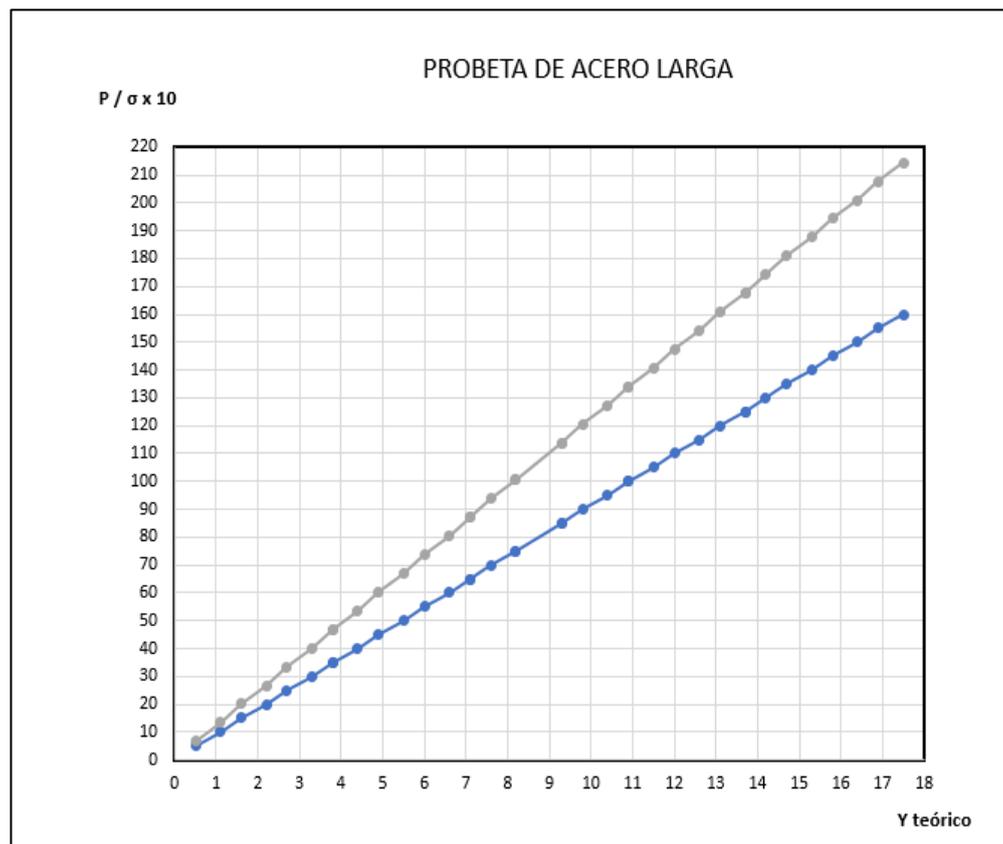


Figura 5.8 Diagrama de esfuerzo y carga vs Y teórico probeta larga

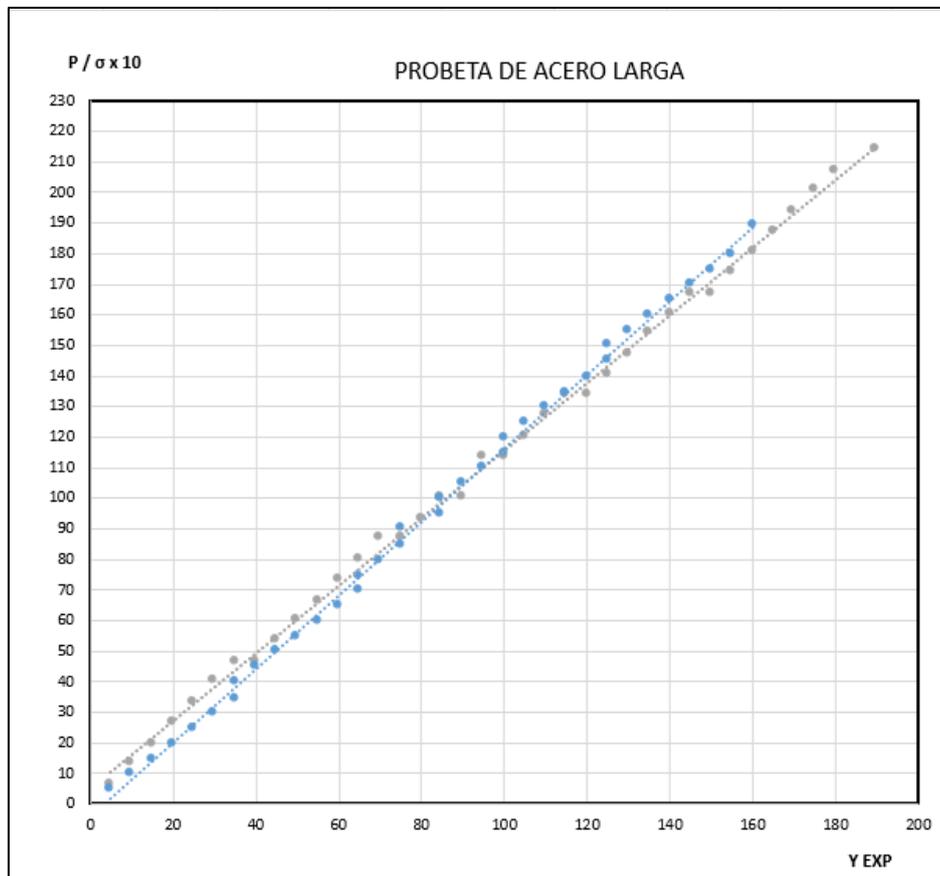


Figura 5.8 Diagrama de esfuerzo y carga vs Y teórico probeta larga

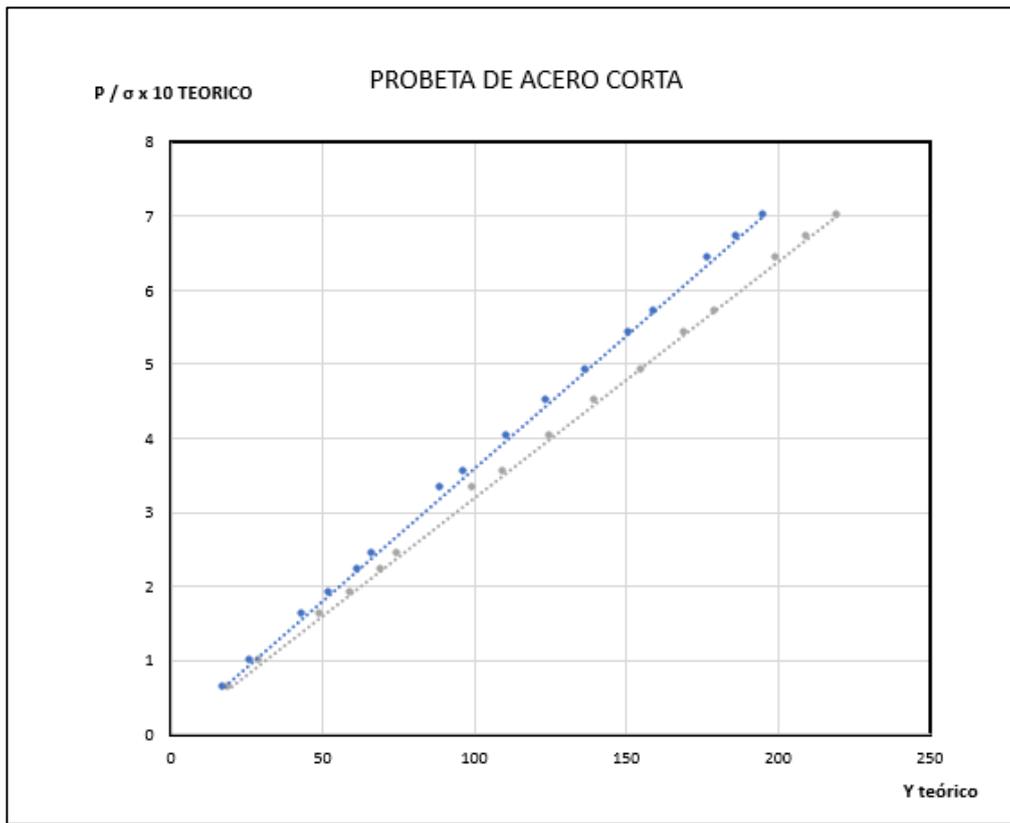


Figura 5.10 Diagrama de esfuerzo y carga vs Y teórico probeta corta

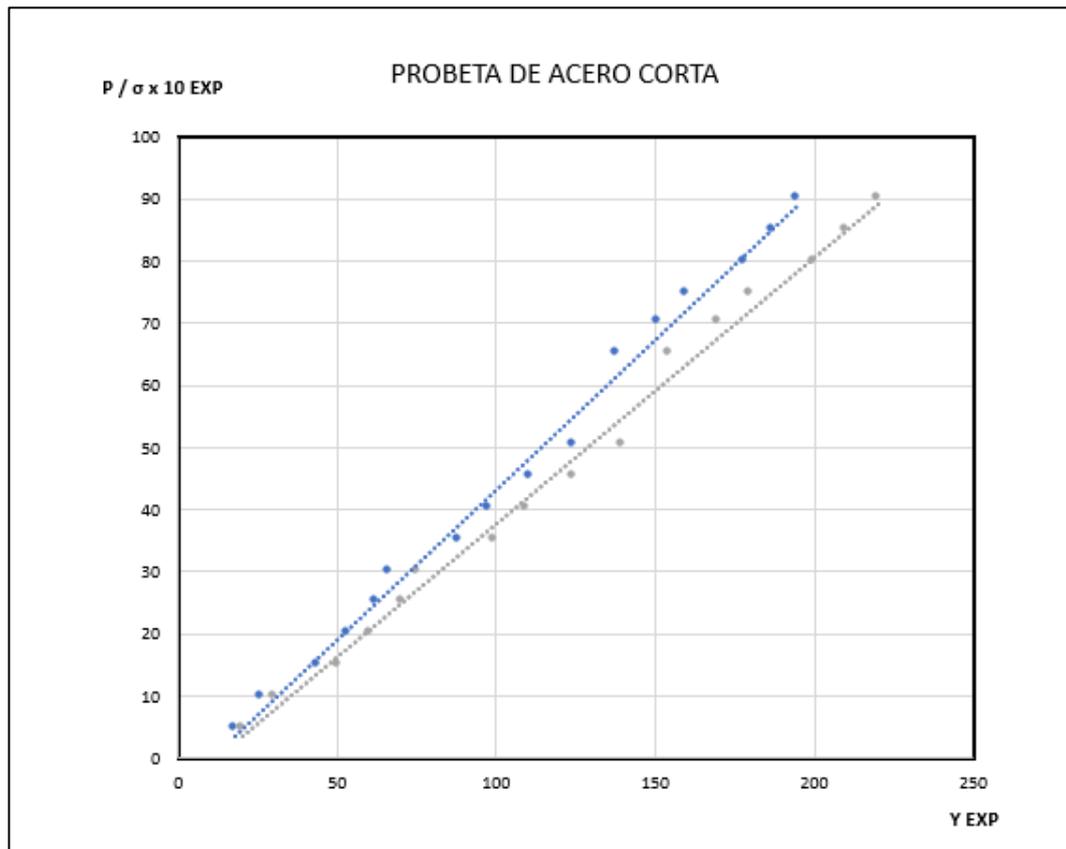


Figura 5.11 Diagrama de esfuerzo y carga vs Y Exp probeta corta

Tabla 5.8 DATOS

Probetas	Corta	Larga
Material	Acero	Acero
Diámetro (cm)	2,06 cm	2,06 cm
Longitud entre apoyos kg/cm <sup>2</sup>	30,5 cm	46 cm
Módulo de elasticidad teórico kg/cm <sup>2</sup>	2,1x10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>	2,1x10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad Exp	1,67x10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>	1,921x10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 5.9 Datos de la probeta corta

Carga P (kg)	Deflexión (cm) x10 <sup>-3</sup>
20	5
30	10
50	15
60	20
70	25
75	30
100	35
110	40
125	45
140	50
155	65
170	70
180	75
200	80
210	85
220	90

Tabla 5.10 Datos de la probeta larga

Carga P (kg)	Deflexión $\times 10^{-3}$ Exp (cm)
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25
30	30
35	35
35	40
40	45
45	50
50	55
55	60
60	65
65	70
65	75
70	80
75	85
75	90
85	95
85	100
90	105
95	110
100	115
100	120
105	125
110	130
115	135
120	140
125	145
125	150
130	155
135	160
140	165
145	170
150	175
155	180
160	190

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones de compresión de metales

1 En el desarrollo de esta práctica de ensayo de compresión de metales, se pudo comprobar experimentalmente que las dimensiones finales de la probeta varían con respecto a las iniciales el área aumentó y la longitud disminuyó

2 En la gráfica de aluminio de  $\sigma$  vs,  $\epsilon$  en la medida que le aplicamos carga a la probeta, esta se deforma elásticamente hasta que el esfuerzo aplicado sea de 1320,26 kg/cm<sup>2</sup> ( punto A del gráfico de  $\sigma$  vs,  $\epsilon$ ) hasta el punto B de ( 2920,58 kg/cm<sup>2</sup>) deformación adquirida por la carga última, en la figura se puede observar que la curva cumple con la ley de Hooke, ya que su comportamiento en el límite elástico da como resultado una recta, la figura también ayuda a la identificación del módulo de elasticidad, tenacidad elástica, punto de fluencia.

3 El módulo de elasticidad calculado experimentalmente varía en gran proporción con respecto al módulo de elasticidad teórico, siendo muy alto el error de porcentaje (94,75%) calculado, esto es debido a errores por lecturas en el extensómetro por ser este muy sensible, se debe controlar la velocidad de aplicación de carga para que la probeta tenga un acortamiento normal, y debido a otros factores físicos.

4 Como se puede notar existe un margen de error en la deducción experimental del módulo de Young, que es posible debido a errores instrumentales y de medición.

### **Recomendaciones de compresión de metales**

Para obtener resultados confiables en los ensayos necesario tomar ciertas precauciones o medidas de seguridad como son:

1. Para obtener una compresión uniforme, se debe usar probetas cortas a fin de evitar pandeo.
2. La superficie de compresión debe ser perpendicular al eje la fuerza aplicada; debe ser perfectamente plana y paralela la superficie del cuerpo.
3. Se debe de controlar la velocidad de aplicación de la carga para que la probeta tenga un acortamiento normal y no falle antes de alcanzar la verdadera carga de rotura.

### **Conclusiones de la práctica de flexión.**

1. Al observar las gráficas se puede deducir que la deflexión es directamente proporcional a la carga aplicada lo cual comprueba la hipótesis establecida para la flexión en la zona elástica.
2. Los ensayos flexionantes de vigas usualmente se hacen para determinar la resistencia y la tiesura a flexión, ocasionalmente se hacen para obtener una imagen más o menos completa de la distribución del esfuerzo en un miembro en flexión.
3. Dependiendo de la aplicación de la carga en la probeta puede notarse la diferencia del esfuerzo flexionante máximo tanto para la probeta corta como para la probeta larga (corta  $177,694 \text{ kg/cm}^2$  larga  $66,999 \text{ kg/cm}^2$ ) también se puede observar esta diferencia en el esfuerzo cortante máximo en la corta  $175,809 \text{ kg/cm}^2$  y en la larga

127,859 kg/cm<sup>2</sup> dependiendo está diferencia, de la aplicación de mayor carga para la probeta corta.

4. Los módulos de elasticidad obtenidos para las probetas larga y corta son muy parecidos lo cual demuestra que las propiedades de un material no varían con sus dimensiones (probeta corta  $1,67 \times 10^6$  Kg/cm<sup>2</sup> probeta larga  $1,912 \times 10^6$  Kg/cm<sup>2</sup>). El valor del módulo de elasticidad kg/cm puede entonces usarse para computar la deflexión elástica de otro tamaño, forma o carga.
5. La velocidad de ensayo tiene el mismo efecto en el ensayo de flexión que en los ensayos de tensión y compresión, esto es, mayor velocidad, mayor resistencia indicada.

### **Recomendaciones de la práctica de flexión**

Para obtener resultados confiables en los ensayos es necesario tomar ciertas precauciones o medidas de seguridad como son:

1. La máquina de ensayo debe tener una forma tal que permita el uso de un claro de largo definido y conocido.
2. Debe haber margen para el ajuste longitudinal de la posición de los apoyos de modo que la restricción longitudinal no pueda desarrollarse a medida que la carga progresa.
3. Un método para evitar estas fuentes de errores consiste en medir la deflexión con referencia a un punto sobre el eje neutro arriba de los apoyos.
4. Se recomienda que se tenga cuidado cuando se calibren los valores de cargas, ya que, de este dependen los valores que obtendrán en todo el ensayo.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Arias, F (1999). **EL PROYECTO DE INVESTIGACION**. (3ra ed). Editorial Episteme, C.A., Caracas (pp.42-47)

Perez M (2002). **EL PROYECTO DE INVESTIGACION**. (5da ed). Editorial Episteme, C.A., Caracas (pp.19-48)

### TEXTOS:

A.- ENSAYE E INSPECCION DE LOS MATERIALES EN INGENIERIA

### AUTORES:

HARMER E. DAVIDS  
GEORGE EARL TROXELL  
CLEMENT T. WISKOCIL

B.- GUIA DE ENSAYO DE MATERIAL

### AUTOR:

VICTOR MARCANO

<https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-universitario-del-centro-de-mexico/mecanica-de-solidos/ensayo-de-compresion/12882096?shared=n&sid=01688240030>

<https://www.studocu.com/co/document/universidad-distrital-francisco-jose-de-caldas/mecanica-newtoniana-gr1/laboratorio-de-flexion/4564945>

<https://www.segundoenfoque.com/futura-inauguro-la-prensa-mas-grande-de-latinoamerica>

<https://www.interempresas.net/Deformacion-y-chapa/Articulos/10544-La-larga-historia-del-prensado-de-metales.html>

<https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/bricopedia/yunque.html#:~:text=Es%20una%20herramienta%20fabricada%20en,utilizan%20desde%20herrerros%20hasta%20joyeros.>

## **APENDICES**

**APENDICE A**

**PRACTICA DE COMPRESION DE METALES**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFORME**

**DEPARTAMENTO:** \_\_\_\_\_

**LABORATORIO:** \_\_\_\_\_

**INFORME:** \_\_\_\_\_

**TÍTULO:** \_\_\_\_\_

**INTEGRANTES:** \_\_\_\_\_

**SECCIÓN:** \_\_\_\_\_

**FECHA DE REALIZADO:** \_\_\_\_\_

**FECHA DE ENTREGA:** \_\_\_\_\_

**PROFESOR(A):** \_\_\_\_\_



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

## **ENSAYO DE COMPRESIÓN DE METALES**

### **1. OBJETIVO GENERAL**

Esta práctica tiene como objetivo analizar los cambios sufridos por las probetas sometidas a fuerzas externas que tienden a acortarlas.

Determinar las curvas características de  $\sigma$  vs  $\epsilon$  y PV vs  $\Delta L$  observando el comportamiento del material a lo largo de ella, identificar en ella los puntos de interés (módulo de elasticidad tenacidad elástica, punto de fluencia).



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.**

**A.- PRENSA HIDRAULICA**

Marca: STENHOJ

Capacidad: 100 ton

Apreciación: 1000 kg

**B.- HERRAMIENTA JOHNSON**

Marca: TINIUS OLSEN

**C.- VERNIER**

Marca: AEROSPACE

**D. PROBETAS**

-Aluminio



## UNIVERSIDAD DE ORIENTE

### ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

### DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

## 3. BASES TEÓRICAS

### 3.1 Esfuerzo deformación

Bajo esfuerzo tensivo o compresivo, a menos que de otra manera se especifique, la deformación se mide en forma paralela a la dirección de la deformación y a la cual se le refiere, en la fig 1 se ilustra estas definiciones de la deformación.

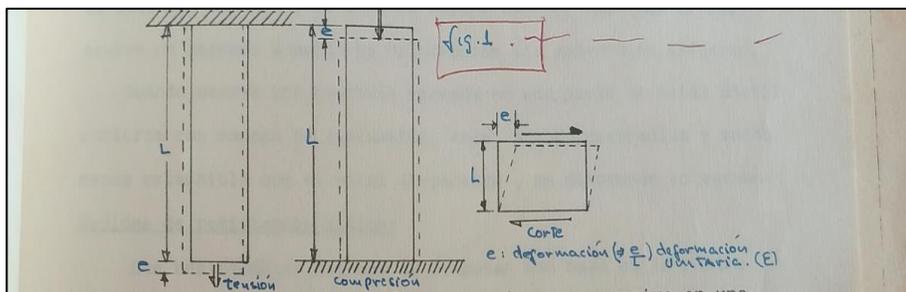


Figura 3.1 Probeta a compresión y tracción

Si un cuerpo es sometido a esfuerzo tensivo o compresivo en una dirección dada, no sólo ocurre deformación en esa dirección (deformación axial) sino también deformaciones unitarias en direcciones perpendiculares a ella (deformación lateral). Dentro del rango de acción elástica la compresión entre las deformaciones lateral y axial en condiciones de carga monoaxial es denominada relación de Poisson, la extensión axial causa contracción lateral y viceversa.



## **UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

### **ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

#### **DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

Elasticidad; Si una carga de tensión dentro del rango elástico es aplicada, las deformaciones axiales elásticas resultan de la separación de los átomos o moléculas en la dirección de la carga.

El rango de acción elástica, el cuál puede ser relativamente amplio para algunos materiales a temperatura normales, usualmente se reduce al aumentar la temperatura, asimismo la rigidez de la carga afecta la elasticidad aparente de algunos materiales; por ejemplo, en la madera y el concreto, una carga después de la cual se verifica una recuperación perfecta en un ensayo de corta duración puede producir una deformación permanente considerable si se le sostiene mucho tiempo.

#### **3.1.1 Punto de cedencia de los metales dúctiles**

Los materiales dúctiles como el acero suave exhiben un punto de cedencia definido, el cual se define como el esfuerzo al cuál ocurre un marcado aumento de deformación sin aumento de esfuerzo.

Cuando ocurre una cedencia marcada en una pieza de metal dúctil cubierta con escama de laminación, ésta, siendo quebradiza y mucho menos extensible que el metal subyacente, se desprende en escama.



## **UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

### **ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

### **DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

#### **4. PROCEDIMIENTO**

- A. Se procedió a hacer tres mediciones del diámetro de la probeta y la longitud, obteniendo un promedio tanto para el diámetro como para la longitud.
- B. Se colocó la probeta en la bancada móvil o plato hidráulico de la máquina de ensayo, y se procedió a ponerla en contacto con la bancada fija.
- C. Se colocó el extensómetro, ajustando el cero del dial según - la escala a utilizar (por ser muy pequeña la probeta de aluminio, el extensómetro se coloca fuera de ella).
- D. Se colocó en cero el dial de la derecha, y se le da una abertura al timón de la derecha suministrando una carga de acuerdo al tipo de muestra.
- E. Se tomó lecturas del acortamiento para incrementos de la carga de 1000 en 1000 kg.
- F. Siendo el aluminio un material dúctil, no se pudo realizar la lectura de la carga última (cuando la aguja negra se separe - de la aguja roja), porque no se observó fractura, dejando la lectura de la carga (14.600kg).
- G. Después de la carga se procedió a la descarga de la máquina por medio del timón de la izquierda, se bajó el plato hidráulico y se tomaron las medidas finales tanto del diámetro como- de la longitud final (obteniendo un promedio de ellas).
- H. Repetir para otras probetas a partir del paso A.



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**5. RESULTADO**

Tabla 5.1 Esfuerzo, acortamiento y deformación

$\sigma$ (kg / cm <sup>2</sup> )	Acort (cm) $\times 10^{-2}$	$\epsilon$ $\times 10^{-3}$
0	0	0
120,024	0,8	3,2
320,06	2,15	8,7
520,10	3,50	14,0
720,14	4,70	19,0
920,18	5,70	23,0
1120,22	6,60	27,0
1320,26	8,10	33,0
1520,30	12,1	49,0
1720,34	18,3	74,0
1920,38	29,2	119,0



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

2120,42	40,4	164,0
2320,46	51,6	209,0
2520,50	61,5	250,0
2720,54	70,9	288,0
2920,58	79,4	322,0

Tabla 5.2 Diámetro y longitud de la probeta

PROBETA	INICIAL
Diámetro (cm)	2,523
Longitud (cm)	2,465
Área (cm <sup>2</sup> )	4,999

PROBETA	FINAL
Diámetro (cm)	3,317
Longitud (cm)	1,78
Área (cm <sup>2</sup> )	8,641



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

## 6. GRAFICAS

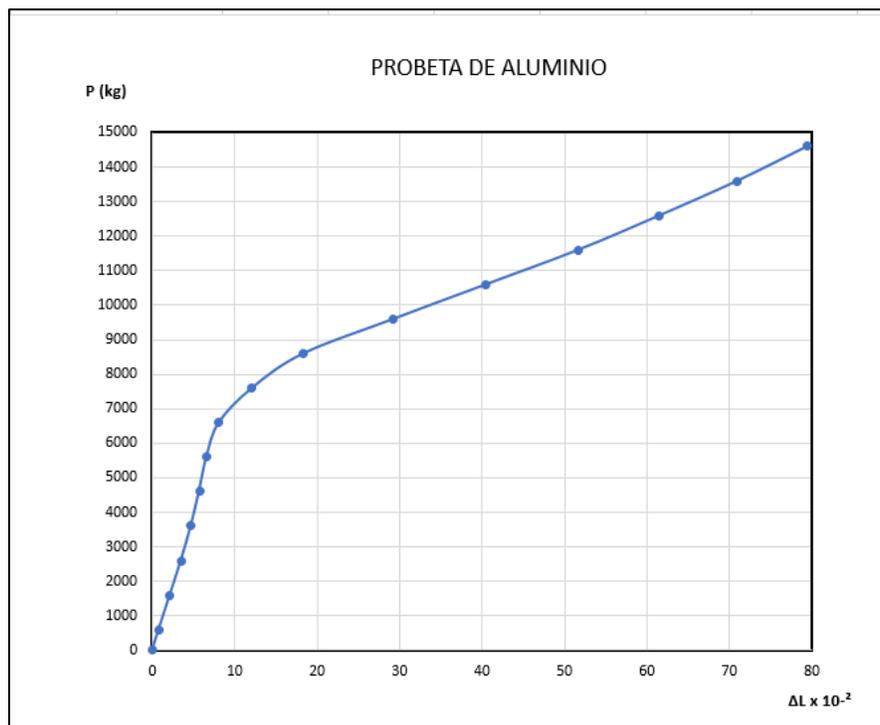


Figura 6.1 Diagrama carga vs deformación



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

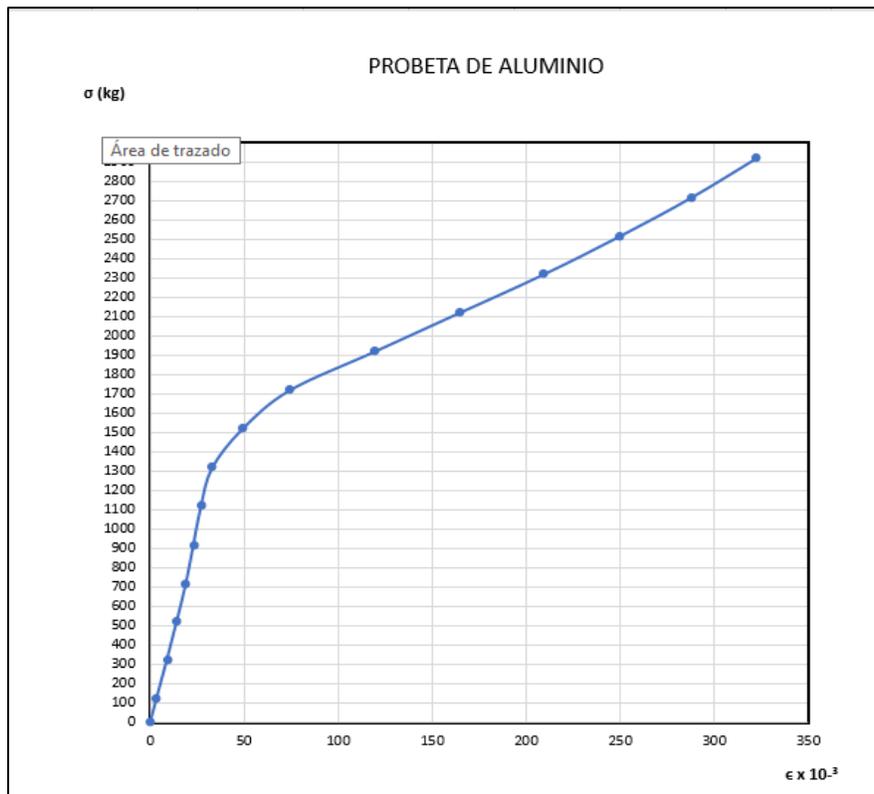


Figura 6.2 Diagrama esfuerzo vs deformación



## UNIVERSIDAD DE ORIENTE

### ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

### DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

#### NOMENCLATURAS

$L_0$  = Longitud inicial de la probeta (cm)

$L_b$  = Longitud final de la probeta (cm).

$\varepsilon_L$  = Deformación Unitaria (%)

$\Delta A$  = Aumento de la sección normal (%).

$A_0$  = Area inicial de la probeta ( $cm^2$ ).

$A_b$  = Área final de la probeta ( $cm^2$ ).

$\sigma$  = Esfuerzo normal ( $kg/cm^2$ ).

$P$  = Carga aplicada (kg).

$E$  = Módulo de elasticidad ( $Kg / cm^2$ ).

$D$  = Diámetro de la probeta.

$\Delta L$  = Acortamiento de la probeta (cm).

$\varepsilon$  = Deformación (Young).

$b$  = Base (cm).



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

$h = \text{Altura(cm)}$ .

$TE = \text{Tenacidad elástica (cm x Kg / cm}^2 \text{)}$



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

## **8. FÓRMULAS EMPLEADAS**

**A.- Área inicial de la probeta.**

$$A_0 = \pi D^2/4$$

**B.- Área final de la probeta.**

$$A_b = \pi D^2/4$$

**C.- Esfuerzo normal**

$$\sigma = P/A_0$$

**D.- aumento de la sección normal**

$$\Delta A = A_b - A_0/A_0 \times 100$$

**E.- deformación unitaria**

$$\varepsilon_L = \frac{L_0 - L_b}{L_0}$$

**F.- Acortamiento**

$$\Delta_L = L_0 - L_b$$

**G.- Deformación**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

$$\varepsilon = \Delta_L / L_0$$

**H.- Tenacidad elástica: (área bajo la curva dentro de la zona elástica)**

$$TE = \frac{b \times h}{2}$$

**I.- Modulo de elasticidad (pendiente en la zona elástica)**

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**9. DATOS Y CÁLCULOS**

Tabla 9.1 Carga y acortamiento

Carga P (kg)	Acort (cm) x10 <sup>-2</sup>
0	0
600	0,8
1600	2,15
2600	3,50
3600	4,70
4600	5,7
5600	6,6
6600	8,1
7600	12,1
8600	18,3
9600	29,2
10600	40,4
11600	51,6

Tabla 9.2 Datos de la probeta

PROBETA	INICIAL	FINAL
Diámetro (cm)	2,53	3,25
	2,52	3,50
	2,52	3,20
Longitud (cm)	2,47	1,77
	2,465	1,79
	2,46	1,78
Área (cm <sup>2</sup> )	4,999	8,641



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

12600	61,5
13600	70,9
14600	79,4

**A.- Área inicial de la probeta.**

$$D = 2.523 \text{ cm}$$

$$A_0 = \pi D^2/4 \quad ; \quad A_0 = \pi (2.523 \text{ cm})^2/4 = 4.999 \text{ cm}^2 \quad ; \quad A_0 = 4.999 \text{ cm}^2$$

**B.- Área final de la probeta.**

$$D = 3.317 \text{ cm}$$

$$A_b = \pi D^2/4 \quad ; \quad A_b = \pi (3.317 \text{ cm})^2/4 = 8.641 \text{ cm}^2 \quad ; \quad A_b = 8.641 \text{ cm}^2$$



## UNIVERSIDAD DE ORIENTE

### ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

### DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

#### C.- Esfuerzo normal

$$\sigma = P/A_0 \quad ; \quad \sigma = 600 \text{ kg}/4.999 \text{ cm}^2 = 120.024 \text{ cm}^2 \quad ; \quad A_b = 120.024 \text{ cm}^2$$

#### D.- aumento de la sección normal

$$\Delta A = A_b - A_0/A_0 \times 100 \quad ; \quad \Delta A = \frac{8,641 \text{ cm}^2 - 4.999 \text{ cm}^2}{4,999 \text{ cm}^2} \times 100 = 72,855\%$$

$$\Delta A = 72,855\%$$

#### E.- deformación unitaria

$$\varepsilon_L = \frac{L_0 - L_b}{L_0} \quad ; \quad \varepsilon_L = \frac{2.465 \text{ cm} - 1.78 \text{ cm}}{2,465 \text{ cm}} \times 100 = 27,789\% \quad ; \quad \varepsilon_L = 27,789\%$$

#### F.- Acortamiento

$$\Delta_L = L_0 - L_b \quad ; \quad \Delta_L = 2,465 \text{ cm} - 1,78 \text{ cm} = 0,685 \text{ cm} \quad ; \quad \Delta_L = 0,685 \text{ cm}$$

#### G.- Deformación

$$\varepsilon = \Delta_L/L_0 \quad ; \quad 8 \times 10^{-3} \text{ cm}/2,465 \text{ cm} = 0,0032 \quad ; \quad \varepsilon = 0,0032$$



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**H.- Tenacidad elástica: (área bajo la curva dentro de la zona elástica)**

$$TE = \frac{b \times h}{2} ; \quad TE = \frac{33 \times 10^{-3} \text{ cm/cm} \times 1320,26 \text{ kg/cm}^2}{2} = 21,784 \text{ cm kg/cm}^2$$

$$TE = 21,784 \text{ cm kg/cm}^2$$

**I.- Modulo de elasticidad (pendiente en la zona elástica)**

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} ; \quad E = \frac{(520,10 - 320,06) \text{ KG/cm}^2}{(14 \times 10^{-3} - 8,7 \times 10^{-3}) \text{ cm/cm}} = 37.743,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 37.743,39 \text{ kg/cm}^2$$



## UNIVERSIDAD DE ORIENTE

### ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

### DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones de compresión de metales

1 En el desarrollo de esta práctica de ensayo de compresión de metales, se pudo comprobar experimentalmente que las dimensiones finales de la probeta varían con respecto a las iniciales el área aumentó y la longitud disminuyó

2 En la gráfica de aluminio de  $\sigma$  vs,  $\epsilon$  en la medida que le aplicamos carga a la probeta, esta se deforma elásticamente hasta que el esfuerzo aplicado sea de 1320,26 kg/cm<sup>2</sup> ( punto A del gráfico de  $\sigma$  vs,  $\epsilon$ ) hasta el punto B de ( 2920,58 kg/cm<sup>2</sup>) deformación adquirida por la carga última, en la figura se puede observar que la curva cumple con la ley de Hooke, ya que su comportamiento en el límite elástico da como resultado una recta, la figura también ayuda a la identificación del módulo de elasticidad, tenacidad elástica, punto de fluencia.

3 El módulo de elasticidad calculado experimentalmente varía en gran proporción con respecto al módulo de elasticidad teórico, siendo muy alto el error de porcentaje (94,75%) calculado, esto es debido a errores por lecturas en el extensómetro por ser este muy sensible, se debe controlar la velocidad de aplicación de carga para que la probeta tenga un acortamiento normal, y debido a otros factores físicos.

4 Como se puede notar existe un margen de error en la deducción experimental del módulo de Young, que es posible debido a errores instrumentales y de medición.



## **UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

### **ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

### **DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

#### **Recomendaciones de compresión de metales**

Para obtener resultados confiables en los ensayos necesario tomar ciertas precauciones o medidas de seguridad como son:

1. Para obtener una compresión uniforme, se debe usar probetas cortas a fin de evitar pandeo.
2. La superficie de compresión debe ser perpendicular al eje la fuerza aplicada; debe ser perfectamente plana y paralela la superficie del cuerpo.
3. Se debe de controlar la velocidad de aplicación de la carga para que la probeta tenga un acortamiento normal y no falle antes de alcanzar la verdadera carga de rotura.



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**11. BIBLIOGRAFIA**

**TEXTOS:**

A.-ENSAYE E INSPECCION DE LOS MATERIALES EN INGENIERIA

**AUTORES:**

HARMER E. DAVIDS

GEORGE EARL TROXELL

CLEMENT T. WISKOCIL

B.- GUIA DE ENSAYO DE MATERIAL

**AUTOR:**

VICTOR MARCANO

## **APENDICE B**

### **PRACTICA DE ENSAYO DE FLEXIÓN**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFORME**

**DEPARTAMENTO:** \_\_\_\_\_

**LABORATORIO:** \_\_\_\_\_

**INFORME:** \_\_\_\_\_

**TÍTULO:** \_\_\_\_\_

**INTEGRANTES:** \_\_\_\_\_

**SECCIÓN:** \_\_\_\_\_

**FECHA DE REALIZADO:** \_\_\_\_\_

**FECHA DE ENTREGA:** \_\_\_\_\_

**PROFESOR(A):** \_\_\_\_\_



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

## **ENSAYO DE FLEXIÓN**

### **1. OBJETIVO GENERAL**

Esta práctica tiene como objetivo someter probetas de sección rectangular o circular apoyada sobre los extremos libres una fuerza aplicada en el centro y de tal manera que tiendan a inducir esfuerzos compresivos en una sección transversal de la pieza y los esfuerzos tensivos sobre la parte restante.

Evaluar el comportamiento bajo cargas flexionantes particularmente para determinar los límites de la estabilidad estructural de las vigas de varios tamaños y formas.



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.**

**A.- PRENSA HIDRAULICA**

Marca: STENHOJ

Capacidad: 100 ton

Apreciación: 1000 kg

**B.- HERRAMIENTA JOHNSON**

Marca: TINIUS OLSEN

**C.- VERNIER**

Marca: AEROSPACE

**D. PROBETAS**

-Acero



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

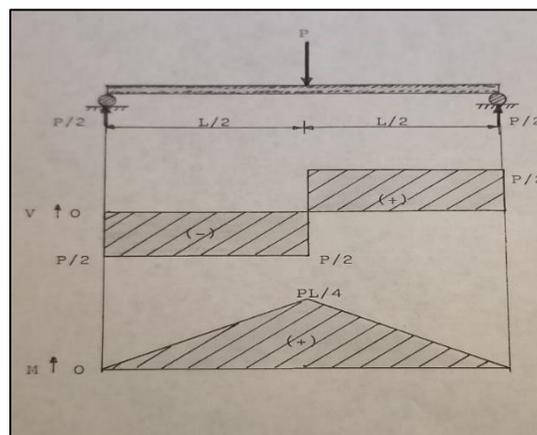
**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

### **3. BASES TEÓRICAS**

#### **3.1 Comportamiento de los materiales sometidos a flexión**

Si las fuerzas actúan sobre una pieza de material de tal manera que tienden a inducir esfuerzos compresivos sobre una parte de una sección transversal de la pieza y los esfuerzos tensivos sobre la parte restante, se dice que la pieza está a flexión. Cuando no actúan ningunos otros esfuerzos que los flexionantes se dice que existen una condición de "flexión pura", la flexión pura, se desarrolla bajo ciertas condiciones de carga, las variaciones del corte transversal total y del momento flexionante a lo largo de la viga son comúnmente representadas por diagramas de corte y del momento. (Figura 3.1).



**Figura 3.1 Diagrama de corte y de momento**



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

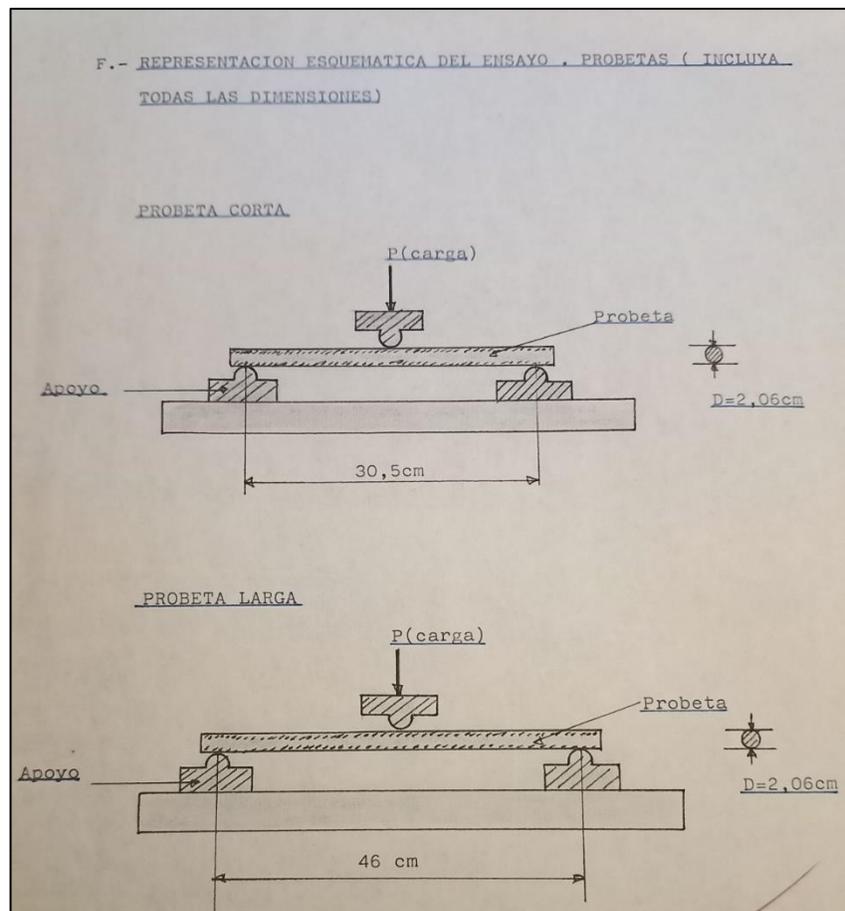


Figura 3.2 Viga simple con carga central



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**4. PROCEDIMIENTO**

A. Se tomaron tres medidas del diámetro de la probeta, obteniéndose un promedio de estas.

B. Se midió la longitud entre apoyos y se colocaron los apoyos en la posición más alejada de la mesa móvil de la máquina.

C. Se colocó la probeta sobre los apoyos, y se puso la probeta en contacto con el plato fijo

D.- Se colocó el deflectómetro en posición y se fijó el rango de medición de (0,05 mm).

E. Se aplicó la carga lentamente fijándose un incremento constante de 0,05 mm como lectura de deflexión. Para cada incremento tomo la intensidad de fuerza correspondiente.

Este ensayo se hizo tanto para la probeta corta, como para la probeta larga respetando el mismo procedimiento.



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

## **6. FORMULAS EMPLEADAS**

### **A.- Momento de inercia**

$$I = \frac{\pi D^4}{64}$$

### **B.- Deflexión Teórica**

$$Y_{\tau} = \frac{L^3 P}{48 EI}$$

### **C.- Momento flector. (probeta corta)**

$$M = \frac{P L}{4}$$

### **D.- esfuerzo de flexión**

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi D^3}$$

### **E.- Deflexión experimental**

$$Y_e = N \text{ divisiones } \times \text{ apreciación}$$



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**F.- Esfuerzo de corte**

$$\bar{Y} = 4c/3 =$$

$$V = P/2 =$$

$$Q = \bar{Y} \times A$$

$$\tau = \frac{v \times Q}{I \times b} =$$

**G.- Modulo de elasticidad experimental**

$$m = \Delta P / \Delta y =$$

$$E = \frac{L^3 \times m}{48 \times I} =$$



## UNIVERSIDAD DE ORIENTE

### ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

### DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

#### 7. NOMENCLATURA EMPLEADA

D= Diámetro (cm)

L = Longitud entre apoyos (cm)

c = Distancia desde el eje neutro a la fibra exterior (cm)

E = Módulo de elasticidad ( $\text{Kg} / \text{cm}^2$ )

I = Momento de inercia ( $\text{cm}^4$ )

Q = Primer momento de Inercia ( $\text{cm}^3$ )

b = Ancho de la base (cm)

P = Carga aplicada (Kg)

M = Momento flector máximo (kg cm)

Y = Deflexión producida (cm)

V = Fuerza cortante (KG)

$\sigma$  = Esfuerzo flexionante ( $\text{Kg} / \text{cm}^2$ )

$\tau$  = Esfuerzo cortante ( $\text{kg} / \text{cm}^2$ )

m = Pendiente (kg /cm)

$\Delta_P$  = Variación de la carga (kg)



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

$\Delta Y$  = Variación de la deflexión (cm)

A = Área de la sección de la probeta (cm<sup>2</sup>)

$\bar{Y}$  = Centroide de área utilizada (cm)



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

### **8. DATOS Y CALCULOS**

**Tabla 6.1 Datos de las probetas de acero cortas y largas**

Probeta de Acero		Corta	Larga
Modulo elástico		$1,67 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$	$1,912 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo	Flexión Máx.	$177,694 \text{ kg/cm}^2$	$66,999 \text{ kg/cm}^2$
	Corte Máx.	$175,807 \text{ kg/cm}^2$	$127,859 \text{ kg/cm}^2$



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**Tabla 6.2 Ensayo de flexión de la probeta corta**

Carga P (kg)	Deflexión Exp $\times 10^{-3}$ cm	Momento flector kg/cm	Deflexión TEO $\times 10^{-2}$	Esfuerzo de flexión
20	5	152,5	0,6	177,69
30	10	228,75	1	266,49
50	15	381,25	1,6	444,16
60	20	457,50	1,9	532,99
70	25	533,75	2,2	621,82
75	30	571,87	2,4	666,23
100	35	762,50	3,3	888,31
110	40	838,75	3,5	977,14
125	45	953,12	4	1.110,40
140	50	1.067,50	4,5	1.243,64
155	65	1.181,87	4,9	1.376,88
170	70	1.296,25	5,4	1.510,13
180	75	1.372,50	5,7	1.598,96
200	80	1.525,00	6,4	1.776,63
210	85	1.601,25	6,7	1.865,46
220	90	1.677,50	7	1.954,29



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**Tabla 6.3 Ensayo de flexión de la probeta larga**

Carga P (kg)	Deflexión Exp $\times 10^{-3}$ (cm)	Momento flector (cm/kg)	Deflexión TEO $\times 10^{-2}$ (cm)	Esfuerzo de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
5	5	57,5	0,5	66,99
10	10	115,0	1,1	133,99
15	15	172,50	1,6	200,99
20	20	230,00	2,2	267,99
25	25	287,50	2,7	334,99
30	30	345,00	3,3	401,99
35	35	402,50	3,8	468,99
35	40	402,50	3,8	468,99
40	45	460,00	4,4	535,99
45	50	517,50	4,9	602,99
50	55	575,00	5,5	669,99
55	60	632,50	6,0	736,99
60	65	690,00	6,6	803,99
65	70	747,50	7,1	870,99
65	75	747,50	7,1	870,99
70	80	805,00	7,6	937,98
75	85	862,50	8,2	1.004,98
75	90	862,50	8,2	1.004,98
85	95	977,50	9,3	1.138,98
85	100	977,50	9,3	1.138,98
90	105	1.035	9,8	1.205,98
95	110	1.092,5	10,4	1.272,98
100	115	1.150	10,9	1.339,98
100	120	1.150	10,9	1.339,98
105	125	1.207,5	11,5	1.406,98



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

110	130	1.265	12,0	1.473,98
115	135	1.322,5	12,6	1.540,98
120	140	1.380	13,1	1.607,98
125	145	1.437,5	13,7	1.674,98
125	150	1.437,5	13,7	1.674,98
130	155	1.495	14,2	1.741,98
135	160	1.552,5	14,7	1.808,97
140	165	1.610	15,3	1.875,97
145	170	1.667,5	15,8	1.942,97
150	175	1.725	16,4	2.009,97
155	180	1.782,5	16,9	2.076,97
160	190	1.840	17,5	2.143,97



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**A.- Momento de inercia**

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi (2,06\text{cm})^4}{64} ; I = 0,884 \text{ cm}^4$$

**B.- Deflexión Teórica**

$$Y_{\tau} = \frac{L^3 P}{48 EI} = \frac{(30,5\text{cm})^3 \times 20\text{kg}}{48 \times 2,1 \times 10^6 \text{kg/cm}^2 \times 0,884\text{cm}^4} = 0,006 \text{ cm}$$

$$Y_{\tau} = 0,006\text{cm}$$

Probeta corta  $L=30,5\text{cm}$ ,  $E=2,1 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$

Probeta larga  $L=46\text{cm}$ ,  $E=2,1 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$

$$Y_{\tau} = \frac{L^3 P}{48 EI} = \frac{(46\text{cm})^3 \times 5\text{kg}}{48 \times 2,1 \times 10^6 \text{kg/cm}^2 \times 0,884\text{cm}^4} = 0,005 \text{ cm}$$

$$Y_{\tau} = 0,005\text{cm}$$

**C.- Momento flector. (probeta corta)**

$$M = \frac{P L}{4} = \frac{(20\text{kg}) \times 30,5 \text{ cm}}{4} = 152,5 \text{ kgcm} ; M = 152,5 \text{ kgcm}$$



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**L=30.5cm , p=20kg**

**Probeta larga**

**L=46cm , p=5kg**

$$M = \frac{P L}{4} = \frac{(5kg) \times 46 cm}{4} = 57,5 \text{ kgcm} ; M = 57,5 \text{ kgcm}$$

**D.- esfuerzo de flexión**

**Probeta corta**

**M=152,5 kgcm , D=2,06 cm**

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi D^3} = \frac{32 \times 152,5 \text{ kgcm}}{\pi (2,06cm)^3} = 177,69 \text{ kg/cm}^2 , \sigma = 177,6 + 4 \text{ kg/cm}^2$$

**Probeta larga**

**M=57,5 kg cm , D=2,06 cm**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi D^3} = \frac{32 \times 57,5 \text{ kgcm}}{\pi (2,06 \text{ cm})} = 69,999,69 \text{ kg/cm}^2 \quad , \quad 66.999 \text{ kg/cm}^2$$

**E.- Deflexión experimental**

$$Y_e = N \text{ divisiones} \times \text{apreciación}$$

$$Y_e = 5 \times 0,01 \text{ mm} = 0,05 \times 0,01 = 0,005 \text{ cm} \quad ; \quad Y_e = 0,005 \text{ cm}$$

**F.- Esfuerzo de corte**

**Probeta corta**

$$P = 220 \text{ kg}, \quad c = 1,03 \text{ cm}, \quad b = 1,03 \text{ cm}$$

$$\bar{Y} = 4c/3 = \frac{4 \times 1,03}{3} = 0,437 \text{ cm}$$

$$V = P/2 = \frac{220 \text{ kg}}{2} = 110 \text{ kg} \quad ; \quad Q = \bar{Y} \times A$$

$$Q = 0,437 \times \frac{(2,06 \text{ cm})^2}{4} = 1,456 \text{ cm}^3$$



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

$$\tau = \frac{V \times Q}{I \times b} = ; \frac{110 \text{kg} \times 1,456 \text{cm}^3}{0,884 \text{cm}^4 \times 1,03 \text{cm}} = 175,807 \text{kg/cm}^2 ;$$

$$\tau = 175,807 \text{kg/cm}^2$$

**Probeta larga**

$$P = 160 \text{kg} , c = 1,03 \text{cm} , b = 1,03 \text{cm} , \bar{Y} = 0,437 \text{cm} , Q = 1,456$$

$$V = P/2 = ; 160 \text{kg}/2 = 80 \text{kg}$$

$$\tau = \frac{V \times Q}{I \times b} = ; \frac{80 \text{kg} \times 1,456 \text{cm}^3}{0,884 \text{cm}^4 \times 1,03 \text{cm}} = 127,859 \text{kg/cm}^2$$

**G.- Modulo de elasticidad experimental**

**Probeta corta**

$$L = 30,5 \text{cm} \quad m = \Delta P / \Delta y = ; \frac{30 \text{kg} - 20 \text{kg}}{(1 - 0,6) \times 10^{-2} \text{cm}} = 2500 \text{kg/cm}$$

$$m = 2500 \text{kg/cm}$$

$$E = \frac{L^3 \times m}{48 \times I} = ; \frac{(30,5 \text{cm})^3 \times 2500 \text{kg/cm}}{48 \times 0,884 \text{cm}^4} = 1,67 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$$



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

$$E = 1,67 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

**Probeta larga**

$$L = 46 \text{ cm} \quad m = \Delta P / \Delta y = \quad ; \quad \frac{10 \text{ kg} - 5 \text{ kg}}{(1,1 - 0,5) \times 10^{-2} \text{ cm}} = 833,333 \text{ kg/cm}$$

$$E = \frac{L^3 \times m}{48 \times I} = \quad ; \quad \frac{(46 \text{ cm})^3 \times 833,333 \text{ kg/cm}}{48 \times 0,884 \text{ cm}^4} = 1,912 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

**$E = 1,912 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$   $\Delta P$  y  $\Delta y$ , son dos puntos tomados de la recta en la grafica de  $PV$ s  $Y_\tau$**



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

## 9. GRAFICAS

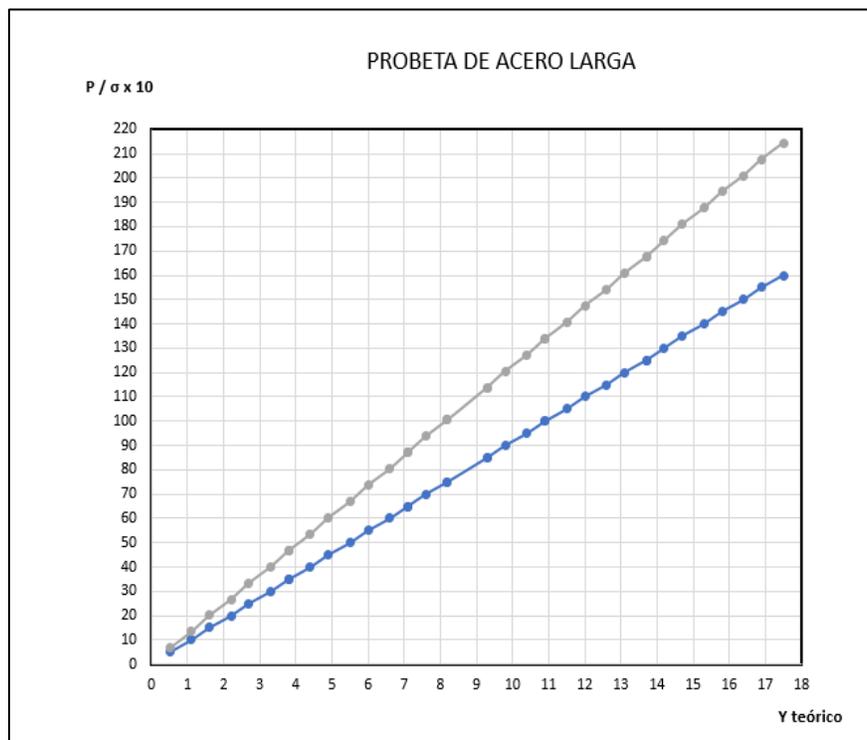


Figura 9.1 Diagrama de esfuerzo y carga vs Y teórico probeta larga

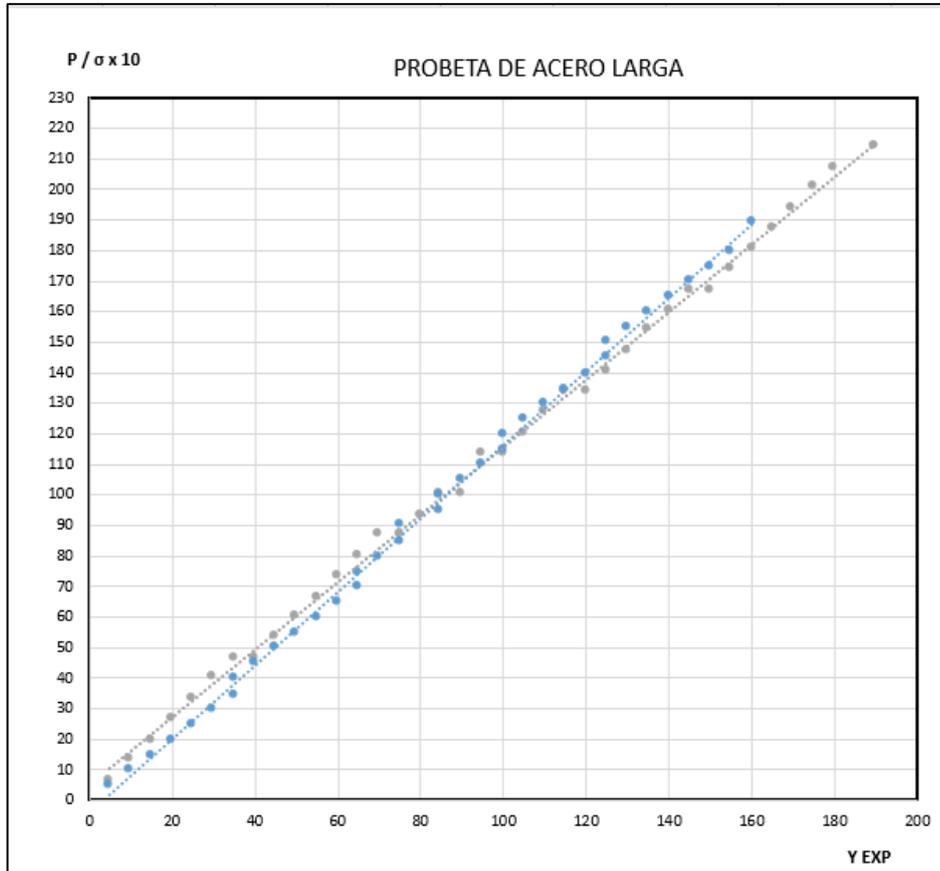


Figura 9.2 Diagrama de esfuerzo y carga vs Y teórico probeta larga

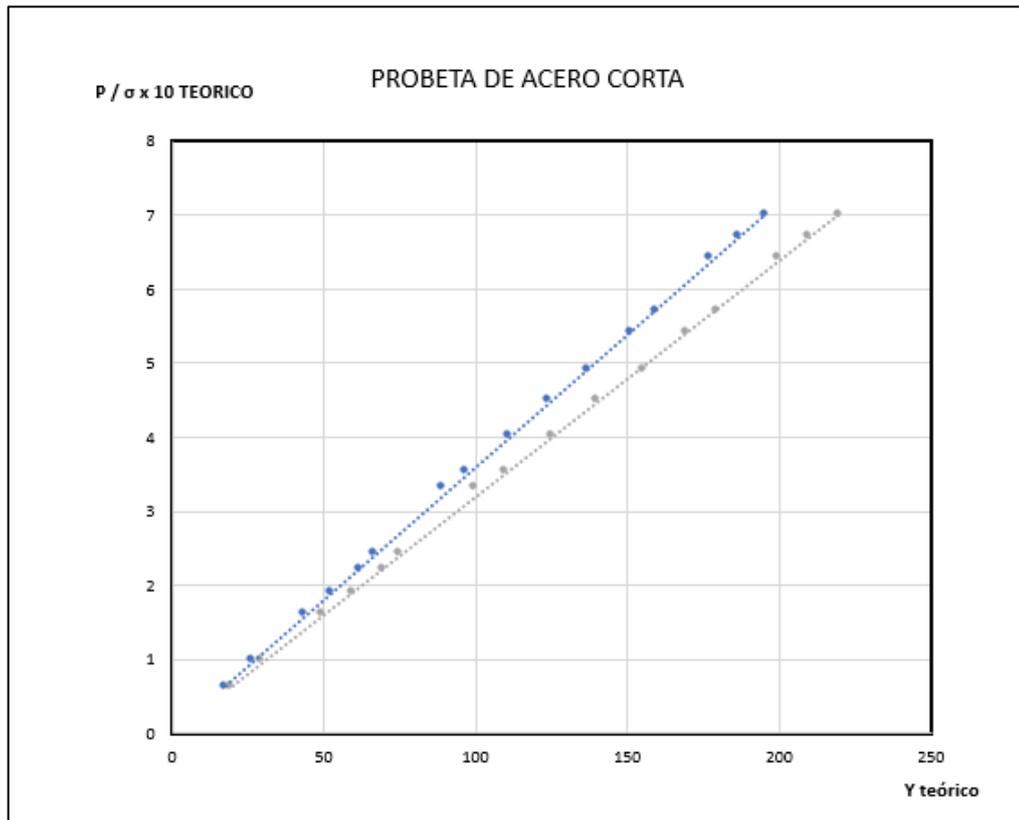


Figura 9.3 Diagrama de esfuerzo y carga vs  $Y$  teórico probeta corta

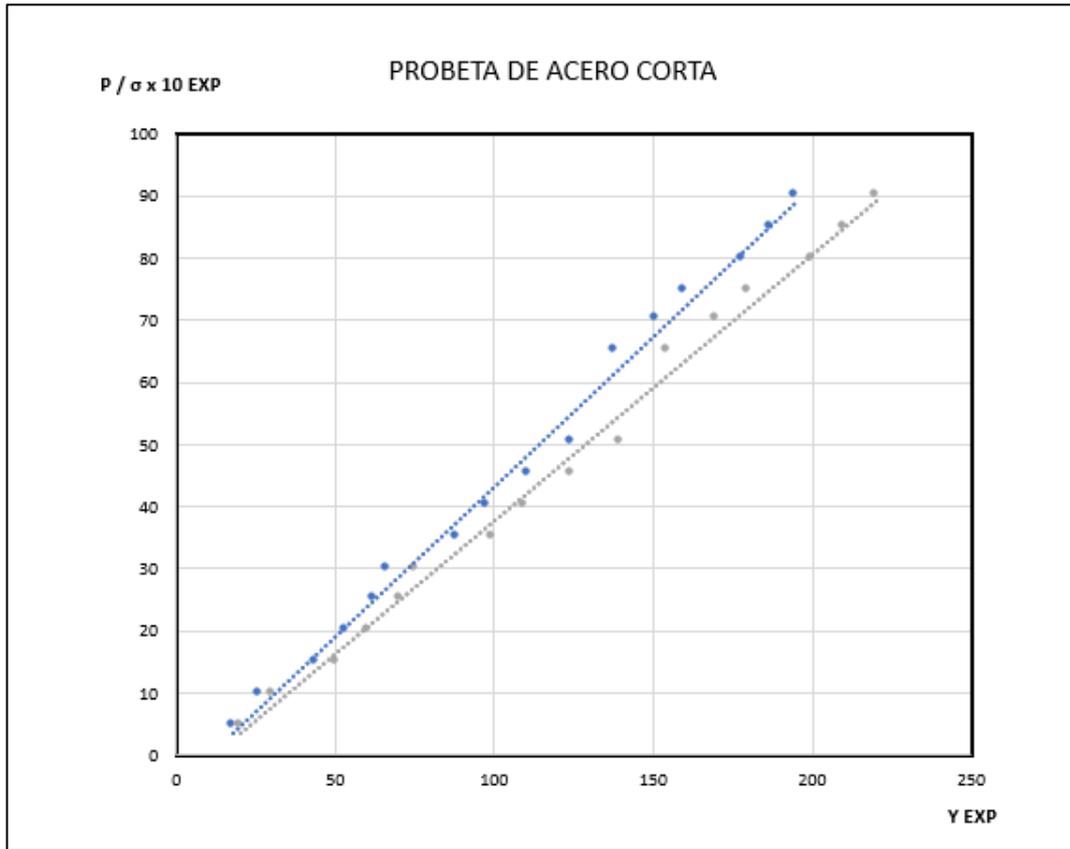


Figura 9.4 Diagrama de esfuerzo y carga vs Y Exp probeta corta

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones de la práctica de flexión.

1. Al observar las gráficas se puede deducir que la deflexión es directamente proporcional a la carga aplicada lo cual comprueba la hipótesis establecida para la flexión en la zona elástica.
2. Los ensayos flexionantes de vigas usualmente se hacen para determinar la resistencia y la tiesura a flexión, ocasionalmente se hacen para obtener una imagen más o menos completa de la distribución del esfuerzo en un miembro en flexión.
3. Dependiendo de la aplicación de la carga en la probeta puede notarse la diferencia del esfuerzo flexionante máximo tanto para la probeta corta como para la probeta larga (corta  $177,694 \text{ kg/cm}^2$  larga  $66,999 \text{ kg/cm}^2$ ) también se puede observar esta diferencia en el esfuerzo cortante máximo en la corta  $175,809 \text{ kg/cm}^2$  y en la larga  $127,859 \text{ kg/cm}^2$  dependiendo está diferencia, de la aplicación de mayor carga para la probeta corta.
4. Los módulos de elasticidad obtenidos para las probetas larga y corta son muy parecidos lo cual demuestra que las propiedades de un material no varían con sus dimensiones (probeta corta  $1,67 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$  probeta larga  $1,912 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ ). El valor del módulo de elasticidad  $\text{kg/cm}$  puede entonces usarse para computar la deflexión elástica de otro tamaño, forma o carga.
5. La velocidad de ensayo tiene el mismo efecto en el ensayo de flexión que en los ensayos de tensión y compresión, esto es, mayor velocidad, mayor resistencia indicada.

## Recomendaciones de la práctica de flexión

Para obtener resultados confiables en los ensayos es necesario tomar ciertas precauciones o medidas de seguridad como son:

1. La máquina de ensayo debe tener una forma tal que permita el uso de un claro de largo definido y conocido.
2. Debe haber margen para el ajuste longitudinal de la posición de los apoyos de modo que la restricción longitudinal no pueda desarrollarse a medida que la carga progresa.
3. Un método para evitar estas fuentes de errores consiste en medir la deflexión con referencia a un punto sobre el eje neutro arriba de los apoyos.
4. Se recomienda que se tenga cuidado cuando se calibren los valores de cargas, ya que, de este dependen los valores que obtendrán en todo el ensayo.

## **11. BIBLIOGRAFIA**

### **TEXTOS:**

A.-ENSAYE E INSPECCION DE LOS MATERIALES EN INGENIERIA

### **AUTORES:**

HARMER E. DAVIDS

GEORGE EARL TROXELL

CLEMENT T. WISKOCIL

B.- GUIA DE ENSAYO DE MATERIAL

### **AUTOR:**

VICTOR MARCANO

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

### **PRENSA HIDRAULICA UTILIZADA PARA EL ENSAYO**



Figura A.1 Vista frontal prensa hidráulica

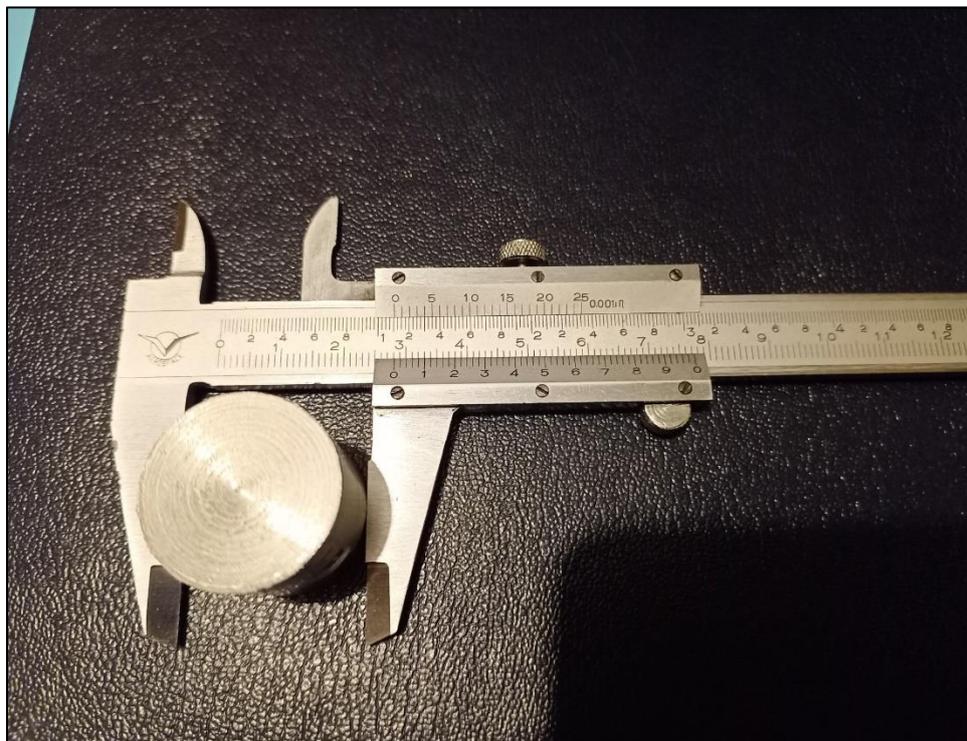


Figura A.2 Medida del diámetro de la probeta de aluminio con e



Figura A.3 Colocación de la probeta de aluminio en la base fija de la prensa hidráulica.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	DISEÑO PARA LAS PRÁCTICAS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DE METALES Y FLEXIÓN PARA EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES.
---------------	---

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CVLAC / E MAIL</b>
Grieco Pinto Gianni Michelangelo	<b>CVLAC: 27. 255. 596</b> <b>E MAIL: gianni_grieco@hotmail.com</b>

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

Ensayo
Compresión
Flexión
Aluminio
Acero

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>ÁREA y/o DEPARTAMENTO</b>	<b>SUBÁREA y/o SERVICIO</b>
Ciencias de la Tierra	Dpto. Ingeniería Civil.

**RESUMEN (ABSTRACT):**

El estudio realizado de las practicas se planteó como objetivo general “Diseñar las prácticas de ensayo de compresión de metales y flexión para el laboratorio de mecánica de materiales”. Esta práctica de compresión de metales es realizar un ensayo mecánico a una probeta de aluminio a temperatura ambiente, en este caso el de compresión para observar su resistencia bajo la norma ASTM, logrando obtener un análisis de datos y encontrar la importancia que tienen en la industria. La siguiente practica de flexión de vigas, para realizarlo se tomó una probeta de acero, a esta se le aplico una carga que era incrementada progresivamente, a medida que se incrementaba la carga se observaba cómo se comportaba el material. De esta forma se observó que bajo cargas flexionantes, particularmente para determinar los límites de la estabilidad estructural de la viga de varios tamaños y forma.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
Grieco, Giovanni	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS x</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>	8 868 256			
	<b>E_MAIL</b>	griecogio@gmail.com			
	<b>E_MAIL</b>				
Sequera, Antonio	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU x</b>
	<b>CVLAC:</b>	19 870 057			
	<b>E_MAIL</b>	antonio.sequera@gmail.com			
	<b>E_MAIL</b>				
Márquez, Edgar	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU x</b>
	<b>CVLAC:</b>	8 030 911			
	<b>E_MAIL</b>	edgardmarquez25@gmail.com			
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>
<b>2023</b>	<b>8</b>	<b>10</b>

**LENGUAJE: Español.**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
<b>TESIS_ENSAYO_FLEXIÓN_COMPRESION.doc</b>	<b>. MS.word</b>

**ALCANCE****ESPACIAL:** Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.**TEMPORAL:** 10 años.**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:** Ingeniería civil.**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:** Pregrado.**ÁREA DE ESTUDIO:** Ingeniería civil.**INSTITUCIÓN:** Universidad de Oriente.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009".

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>Martínez</i>
FECHA	05/08/09
HORA	5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*Juan A. Bolaños*  
JUAN A. BOLAÑOS CUNSEL  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manuja

Apartado Correos 094 / Telf: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)

“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario “

---

**Br. Grieco Gianni**

**AUTOR**

**C.I 27 255 596**

---

**TUTOR**

**Prof. Grieco Giovanni**

**C.I 8 868 256**

---

**JURADO**

**Prof. Sequera Antonio**

**OC.I 19 870 057**

---

**JURADO**

**Prof. Edgar Márquez**

**C.I 8 030 911**

---

**POR LA SUB COMISIÓN DE TESIS**

**Prof. Grieco Giovanni**