

**DISEÑO DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DE LOS LABORATORIOS DE  
TRACCIÓN, COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE LA ASIGNATURA METALURGIA  
MECÁNICA DEL PROGRAMA INGENIERÍA METALÚRGICA**

**DEIVIS ANDRÉS QUINTERO OSPINO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES  
BUCARAMANGA**

**2018**

**DISEÑO DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DE LOS LABORATORIOS DE  
TRACCIÓN, COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE LA ASIGNATURA METALURGIA  
MECÁNICA DEL PROGRAMA INGENIERÍA METALÚRGICA**

**DEIVIS ANDRÉS QUINTERO OSPINO**

**Trabajo de Grado (Modalidad, práctica en docencia) para optar al título de  
INGENIERO METALÚRGICO**

**Directora  
MARÍA LILIANA MENESES RINCÓN  
Ingeniera Metalúrgica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES  
BUCARAMANGA**

**2018**

## DEDICATORIA

*A mis queridos padres, tíos y mi abuelo que han sido un apoyo absoluto en esta etapa de formación, brindándome su amor incondicional y son mi motivación para seguir superándome.*

*A mi tía Ana Rosa Quintero la cual durante toda mi formación ha estado apoyándome y acompañándome en todas las decisiones y caminos que he tomado.*

*A todas aquellas personas que de alguna u otra manera han contribuido en mi vida personal y espiritual, y a mis mejores amigos Mauricio Villamizar, Arturo Ramírez, Leonardo Cuervo Silva y Marlinyer Velasco quienes en esta etapa académica se han convertido en parte de mi familia.*

*Al Señor Alberto Parra y su esposa Marlene que desde pequeño me inculcaron las bases académicas por las cuales estoy hoy aquí y siempre me han regalado una hermosa amistad*

**Deivis Andrés Quintero Ospino**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a la Directora María Lilita Meneses, por su ayuda y responsabilidad en el cumplimiento del proyecto.*

*Agradezco a Juan Domingo Carreño, Técnico del laboratorio de Metalurgia mecánica de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de materiales, por su colaboración y acompañamiento en todas las prácticas realizadas.*

*Agradezco al docente Huber Alexander Anaya por su apoyo y colaboración en la etapa final del proyecto.*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	13
1. ANTECEDENTES .....	14
1.1. ENSAYOS Y EQUIPOS .....	15
2. OBJETIVOS .....	18
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
2.2.1 Determinar las normas de seguridad para cada una de las diferentes prácticas a realizar .....	18
2.2.2 Analizar los fundamentos teórico-prácticos de los ensayos de tracción, compresión y flexión, de las normas ASTM correspondientes y del comportamiento mecánico de las aleaciones metálicas. ....	18
2.2.3 Analizar los manuales de seguridad y de operación de la máquina universal para la ejecución de los ensayos mecánicos. ....	18
2.2.4 Elaborar las guías de laboratorio de Metalurgia Mecánica para las prácticas de los ensayos de tracción, compresión y flexión. ....	18
2.2.5 Evaluar las guías de laboratorio de Metalurgia Mecánica para las prácticas de los ensayos de tracción, compresión y flexión. ....	18
3. METODOLOGÍA .....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
4.1 PRACTICA N° 4 ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSION PARTE 1 .....	22
4.2 PRACTICA N° 5 ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSION PARTE 2 .....	25
4.3 PRACTICA N°6 ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	26

4.4 PRACTICA N°7 ENSAYO DE FLEXIÓN.....	29
5. CONCLUSIONES .....	33
6. RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS .....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXOS.....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aplicación de cargas en un ensayo de tracción. (Dowling, 2013). .....	16
Figura 2. Aplicación de cargas en un ensayo de flexión en 3 puntos (Dowling, 2013).....	16
Figura 3. Aplicación de cargas en un ensayo de flexión en cuatro puntos (Dowling, 2013).....	17
Figura 4. Metodología de trabajo. ....	19
Figura 5. Medidas, ensayo de tracción. ....	23
Figura 6. Montaje, ensayo de tracción. ....	24
Figura 7. Curva esfuerzo-deformación ingenieril 1. ....	24
Figura 8. Montaje probeta de aluminio.....	25
Figura 9. Curva esfuerzo-deformación ingenieril 2, aluminio. ....	26
Figura 10. Medidas ensayo de compresión. ....	27
Figura 11. Montaje compresión probeta de balsa. ....	28
Figura 12. Curva esfuerzo-deformación ingenieril 3, balsa. ....	29
Figura 13. Medidas iniciales ensayo de flexión.....	30
Figura 14. Medidas finales de ensayo de flexión. ....	31
Figura 15. Montaje Flexión a tres puntos, imagen tomada por el autor, durante la ejecución del proyecto “Producción de cerámicas tradicionales basadas en arcillas, que incorporan sustancias vítreas recuperadas de la basura electrónica”. ....	32

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. PRESENTACIÓN DE PRE-INFORMES E INFORMES .....	40
ANEXO B. PRÁCTICA 4º. ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSIÓN – PARTE 1.....	42
ANEXO C. PRÁCTICA 5º. ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSIÓN – PARTE 2 ....	52
ANEXO D. PRÁCTICA #6 ENSAYO DE COMPRESIÓN .....	62
ANEXO E. PRÁCTICA #7. ENSAYO DE FLEXIÓN.....	72
ANEXO F. INFORME 1, PROBETA ACERO LISO AISI SAE 1045, ENSAYO TRACCIÓN.....	83
ANEXO G. INFORME 2, PROBETA ALUMINIO-SILICIO, ENSAYO TRACCIÓN.	84
ANEXO H. INFORME 3, PROBETA BALSO, ENSAYO COMPRESIÓN. ....	85
ANEXO I. INFORME 4, PROBETA ACERO MEDIO CARBONO, ENSAYO COMPRESIÓN. ....	86
ANEXO J. INFORME 5, PROBETA ALUMINIO-SILICIO, ENSAYO COMPRESIÓN. .....	87

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DE LOS LABORATORIOS DE TRACCIÓN, COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE LA ASIGNATURA METALURGIA MECÁNICA DEL PROGRAMA INGENIERÍA METALÚRGICA\*

**AUTOR:** Quintero Ospino, Deivis Andres\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Metalurgia mecánica, ensayo de tracción, ensayo de compresión, ensayo de flexión, guías del laboratorio.

### DESCRIPCIÓN

En esta era una de las grandes problemáticas que se presentan a nivel mundial es la implementación de nuevos materiales que puedan suplementar la necesidad global de estos y que dichos puedan cumplir cabalmente con el trabajo encomendados a estos, para ello es de gran importancia implementar ensayos a estos materiales para determinar si efectivamente cumplirán o no con su objetivo, así mismo en la fabricación de materiales metálicos la implementación de ensayos que permitan determinar rápidamente las propiedades del material producido con el fin de cumplir con las normativas legales del país en el cual se labora, por ende es necesario que los futuros ingenieros metalúrgicos de la universidad industrial de Santander cuenten con la capacidad de poder implementar efectivamente pruebas como el ensayo de tracción, compresión o de flexión de forma que puedan competir a nivel industrial con egresados de otras instituciones. Este proyecto de grado parte de un análisis de la necesidad actual que presenta la escuela de ingeniería metalúrgica de la universidad industrial de Santander de ofrecer a los estudiantes conocimientos actualizados y así fortalecer sus competencias académicas en el área del laboratorio de metalurgia mecánica, en el cual se evidencio la necesidad de implementar guías que permitan suministrar a los estudiantes conocimientos apropiados y actualizados y así permitir que los futuros ingenieros metalúrgicos cuenten con una experiencia académica visible en los laboratorios de la universidad y por este motivo se obtuvo en esta tesis de grado el diseño de unas guías de las prácticas en el laboratorio, enfocándonos en unos de los ensayos más utilizados a nivel industrial para la determinación de propiedades mecánicas como lo son los ensayos de tracción, compresión y flexión, con el objetivo que el estudiante adquiera habilidad en este campo y pueda aprender el funcionamiento de estos ensayos a escala de laboratorio, creando una visión más real de su vida laboral.

---

\* Proyecto de grado (modalidad, práctica en docencia)

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, Director: Ing. María Liliana Meneses Rincón

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN OF THE PRACTICAL GUIDES OF THE LABORATORIES OF TRACTION, COMPRESSION AND FLEXION OF THE SUBJECT MECHANICAL METALLURGY OF THE METALLURGICAL ENGINEERING PROGRAM\*

**AUTHOR:** Quintero Ospino, Deivis Andres\*\*

**KEYWORDS:** Mechanical metallurgy, tensile test, compression test, bending test, laboratory guides.

### DESCRIPTION

In this era one of the major problems that are presented worldwide is the implementation of new materials that can supplement the global need of these and that said can fully comply with the work entrusted to them, it is very important to implement trials to these materials to determine whether or not they will meet their objective, likewise in the manufacture of metallic materials, the implementation of tests that allow to quickly determine the properties of the material produced in order to comply with the legal regulations of the country in which the Therefore, it is necessary that the future metallurgical engineers at the industrial university of Santander have the ability to effectively implement tests such as tensile, compression or bending tests so that they can compete industrially with graduates from other institutions. This degree project is based on an analysis of the current need presented by the metallurgical engineering school of the industrial university of Santander to offer students updated knowledge and thus strengthen their academic skills in the area of the mechanical metallurgy laboratory, in which the need to implement guides to provide students with appropriate and up-to-date knowledge and thus allow future metallurgical engineers have an academic experience visible in the laboratories of the university was evidenced and for this reason the design was obtained in this thesis of some guides of the practices in the laboratory, focusing on one of the most used tests at the industrial level for the determination of mechanical properties such as tensile, compression and bending tests, with the aim that the student acquires skills in this field and can learn the operation or of these tests at laboratory scale, creating a more real vision of his work life.

---

\* Degree Project (Modality: Teaching Practice)

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, Advise: Ing. María Liliana Meneses Rincón

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el programa académico de Ingeniería Metalúrgica tiene en su plan de estudios la asignatura Metalurgia Mecánica de séptimo nivel, la cual está formada por un componente teórico y otro práctico.

Al presente la materia mencionada no cuenta en su laboratorio con unas guías prácticas que complementen el aprendizaje de los estudiantes con los temas vistos durante las sesiones teóricas de la asignatura, por lo cual el docente o docentes encargados de la parte práctica tienen completa libertad a la hora de brindar esta jornada de aprendizaje, esto genera que en algunos casos los estudiantes no adquieran conocimientos actualizado de los temas prácticos vistos, así mismo generando que los conocimientos adquiridos por los estudiantes varíen según el docente a cargo.

Por lo anterior, es de notar que el actual esquema de actividades que se realiza durante las prácticas de laboratorio de la asignatura *Metalurgia Mecánica* no satisface completamente el perfil que debe tener el futuro ingeniero. Por otra parte, el programa académico cuenta con una máquina universal de reciente adquisición, en la cual se pueden implementar los diferentes ensayos mecánicos mencionados en el título de este proyecto. Esto hace que sea preciso diseñar unas guías prácticas que consideren este nuevo equipo.

En consecuencia, es imperioso elaborar unas guías prácticas para los laboratorios encaminados a homogeneizar el contenido de estas y así brindar un estudio más estandarizado a todos los estudiantes, sin dependencia estricta del profesor que dicta la asignatura, con el fin de brindar una formación integral a la totalidad de los estudiantes que cursen esta asignatura.

## 1. ANTECEDENTES

Actualmente el ensayo de tracción es uno de los métodos más comunes para la determinación de las propiedades mecánicas de un material ya que entrega resultados de gran valor para el diseño y fabricación de piezas. [1].

El ensayo de compresión es muy aplicado a materiales cuyo comportamiento a tensión difiere completamente con su conducta bajo esfuerzos de compresión. [2] Es fundamental ejecutar este ensayo a materiales que en su vida útil sean sometidos constantemente a esfuerzos de este tipo. Conjuntamente las pruebas de compresión tienen una gran similitud con las pruebas de tensión tanto en el procedimiento como en el análisis de resultados. [2]

El ensayo a flexión es muy aplicado en materiales con una gran fragilidad, ya que para este tipo de materiales realizar un ensayo de tensión resulta de gran dificultad. Lo anterior se debe a la presencia de imperfecciones superficiales que se convierten en concentradores de esfuerzo durante el ensayo e incluso durante el montaje en las mordazas se puede producir una fractura. [3]

En el momento la escuela de ingeniería metalúrgica y ciencia de los materiales de la universidad industrial de Santander cuenta con una máquina universal de ensayos de reciente adquisición, en la cual se pueden implementar los diferentes ensayos mecánicos a tratar en este proyecto. Esto hace necesario y apropiado diseñar unas guías de prácticas que consideren este nuevo equipo de acuerdo con el funcionamiento y normas con las que trabaja.

## 1.1. ENSAYOS Y EQUIPOS.

**Ensayos de tracción compresión y flexión:** Estos ensayos consisten en la destrucción de una probeta con material específico mediante la aplicación sucesiva de cargas, de forma que permita medir, observar y analizar la respuesta del material a las cargas aplicadas, con el fin de poder determinar su comportamiento mecánico y así poder clasificarlo e implementarlo en un empleo adecuado. Los estudios varían entre sí debido a la forma y dirección de aplicación de carga, como también la geometría de las probetas manipuladas, estas pruebas por lo general son implementadas por diferentes tipos de máquinas, de las cuales podemos encontrar la máquina universal de ensayos la cual es muy utilizada no solo a nivel académico sino también a nivel industrial dado a su gran versatilidad o variedad de pruebas que pueden ser ejecutadas por esta.

**Máquina universal de ensayos:** Actualmente la escuela de ingeniería metalúrgica y ciencia de los materiales de la universidad industrial de Santander cuenta con una máquina universal de ensayos SHIMADZU AGX-PLUS 250 kn, el principio de funcionamiento de esta máquina consiste en la aplicación de cargas verticales en sentido ascendente o descendente, permitiendo así ejecutar una gran variedad de ensayos simplemente modificando las mordazas, masas de agarre o de apoyo implementadas, así como la configuración del software asociado a la misma.

**Ensayo de tracción:** Consiste en aplicar una carga de tensión de forma lenta a una probeta en la dirección axial como se observa en la figura 1. Este ensayo se efectúa con el fin de determinar las propiedades mecánicas de los materiales. Por lo general esta prueba se ejecuta con diferentes materiales tales como aleaciones metálicas, plásticos y en algunos casos especiales también se realizan en cerámicos [3]. En este estudio se obtienen como resultados las medidas de fuerza

y alargamiento que luego se transforman en términos del esfuerzo aplicado y de la deformación unitaria producidos sobre el material

Figura 1. Aplicación de cargas en un ensayo de tracción. [2]



**Ensayo de compresión:** Este ensayo es realizado a materiales cuyo comportamiento a compresión es muy diferente al comportamiento presente en un estado de tensión. Igualmente, este ensayo se realiza a materiales cuyas cargas de operación o trabajo sean de compresión. Los resultados obtenidos se plasman en una curva esfuerzo-deformación, la cual es muy similar a la obtenida en el ensayo de tracción. Sin embargo, las gráficas de ambos resultados se diferencian ya que en el ensayo a compresión no existirá un esfuerzo máximo debido a la ausencia de la estiración. [1]

**Ensayo de flexión:** El ensayo de flexión se efectúa colocando la probeta del material en dos puntos de apoyo, a la cual se le aplica una carga transversal como se aprecia en la figura 2 para así producir una deformación. En general se puede aplicar la carga en dos tipos de configuraciones, ensayo de flexión en tres puntos o ensayo de flexión en cuatro puntos. Las anteriores configuraciones se representan en las figuras 2 y 3 respectivamente.

Figura 2. Aplicación de cargas en un ensayo de flexión en 3 puntos. [2]

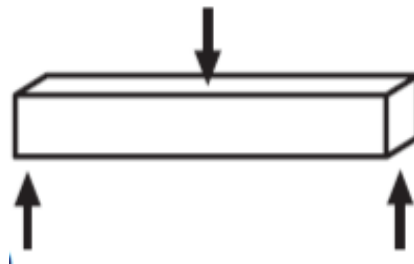
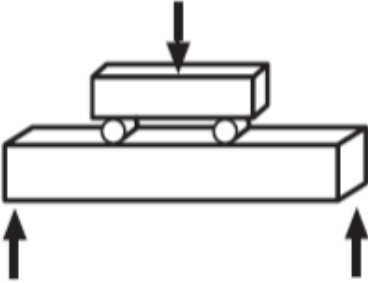


Figura 3. Aplicación de cargas en un ensayo de flexión en cuatro puntos. [2]



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar las guías prácticas de los laboratorios de tracción, compresión y flexión para la asignatura de Metalurgia Mecánica.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2.2.1 Determinar las normas de seguridad para cada una de las diferentes prácticas a realizar.

2.2.2 Analizar los fundamentos teórico-prácticos de los ensayos de tracción, compresión y flexión, de las normas nacionales e internacionales correspondientes y del comportamiento mecánico de las aleaciones metálicas.

2.2.3 Analizar los manuales de seguridad y de operación de la máquina universal para la ejecución de los ensayos mecánicos.

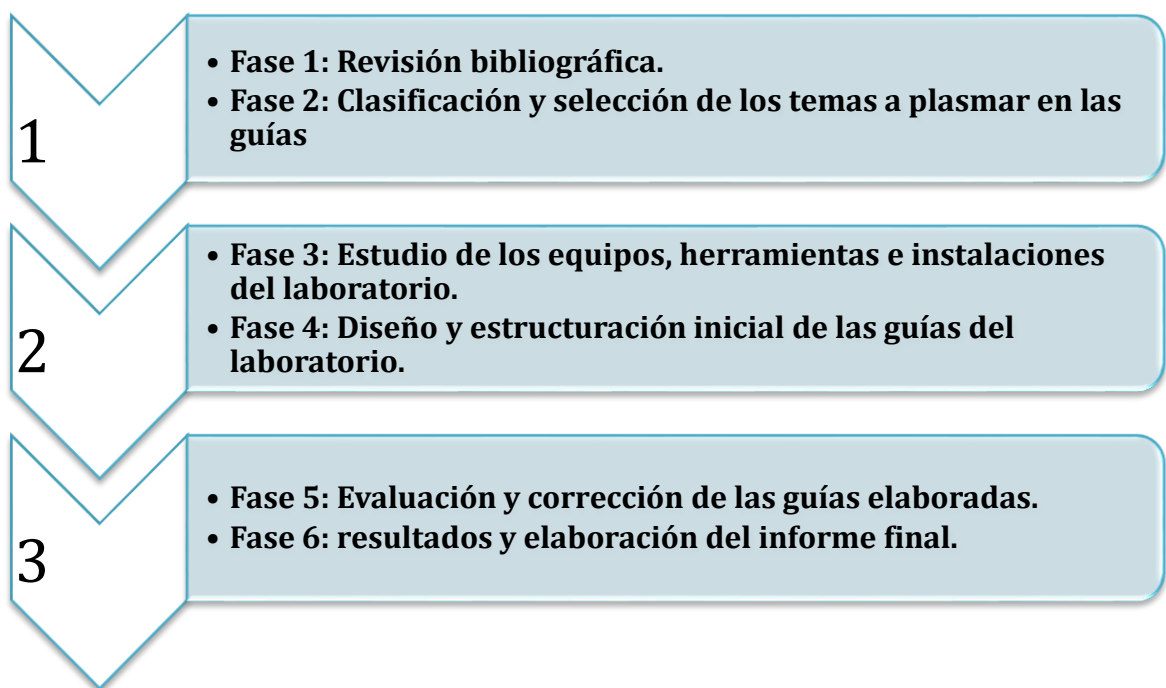
2.2.4 Elaborar las guías de laboratorio de Metalurgia Mecánica para las prácticas de los ensayos de tracción, compresión y flexión.

2.2.5 Evaluar las guías de laboratorio de Metalurgia Mecánica para las prácticas de los ensayos de tracción, compresión y flexión.

### 3. METODOLOGÍA

A continuación, se presentará las actividades que se realizaron durante el desarrollo del proyecto propuesto. En la figura 5 se presentan con una breve descripción dichas fases.

Figura 4. Metodología de trabajo.



En la Fase 1 se hizo una búsqueda de información acerca de las principales temáticas que deben ser estudiadas en estos ensayos, así como la revisión de las normas por las cuales se rigen tanto la práctica como los equipos del laboratorio, las normas estudiadas son:

- **Norma ASTM E290:** norma estándar para la realización del ensayo de flexión en materiales dúctiles. [4]

- **Norma ASTM E8/E8M:** norma estándar para la realización del ensayo de tracción en materiales metálicos. [5]
- **Norma ASTM E9:** norma estándar para la realización del ensayo de compresión para materiales metálicos a temperatura ambiente. [6]
- **Norma ASTM A370:** Métodos de prueba estándar y definiciones para ensayos mecánicos de productos de acero. [7]
- **Norma ASTM D4761:** Métodos de prueba para propiedades mecánicas de madera y material estructural de base de madera. [8]
- **Norma Técnica Colombiana NTC 2:** ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente. [9]
- **Norma Técnica Colombiana NTC 4525:** terminología relacionada con los métodos de ensayos mecánicos. [10]
- **Norma Técnica Colombiana NTC 3353:** definiciones y métodos para los ensayos mecánicos de productos de acero. [11]

De igual forma se efectuó el estudio del manual de operación de la máquina universal de ensayo.

Posteriormente se desarrolló la fase 2, en la cual se procedió con la clasificación y selección de los temas y principios plasmados en las guías prácticas. Conjuntamente se ejecutó la Fase 3 del proyecto en la cual se realizó un estudio de los equipos con los cuales dispone la universidad para la ejecución de estos ensayos. Entre los cuales la Universidad industrial de Santander dispone de una Máquina Universal de ensayos, la cual se encuentra actualmente en el laboratorio de Metalurgia Mecánica, ubicado en el edificio planta de aceros de la institución.

En la fase 4 y 5 se llevó a cabo la estructuración y el diseño inicial de las guías, así como la ejecución de pruebas piloto a partir de las guías planteadas y posteriormente las respectivas modificaciones con el fin de obtener los mejores resultados, inicialmente se pensó trabajar una única guía para el ensayo de

tracción, pero debido al largo tiempo que toma la realización de la misma se optó por dividirla en 2 partes. A continuación, se presentan los títulos de las guías realizadas con un resumen de cada una de ellas:

- **Practica 4:** Ensayo de tracción o tensión – parte 1: En este ensayo se realizan pruebas a probetas de acero de refuerzo o corrugado de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro con el fin de determinar las propiedades mecánicas de dicho material, con la finalidad de familiarizar a los estudiantes con el equipo y el procedimiento seguido para realizar ensayos de tracción y como obtener una curva esfuerzo – deformación real a partir de los datos obtenidos de una curva esfuerzo- deformación ingenieril.
- **Practica 5:** Ensayo de tracción o tensión – parte 2: Esta práctica consiste en la ejecución de las pruebas a diferentes metales con el fin de estudiar su comportamiento al ser sometidos a cargas o esfuerzos de tensión, comprobar las diferencias que se pueden presentar en diversos materiales en cuanto a su comportamiento mecánico y determinar el efecto que tiene la composición de un acero en función de sus propiedades mecánicas
- **Practica 6:** Ensayo de compresión: Reside en la implementación de pruebas a materiales tanto metálicos como orgánicos (Madera de balsa), con el fin de Determinar las propiedades mecánicas que pueden ser obtenidas mediante un ensayo de compresión y estudiar el comportamiento de diferentes materiales al ser sometidos a compresión.
- **Practica 7:** Ensayo de flexión: en esta práctica se desarrollarán pruebas a pletinas de aluminio y acero bajo carbono, con el objetivo principal de mostrarle al estudiante las diferentes propiedades que pueden ser obtenidas mediante este ensayo, así como familiarizarlo con definiciones básicas tales como: Momento flector, deflexión, diagrama de fuerza aplicada versus deflexión, esfuerzo por flexión, entre otros.

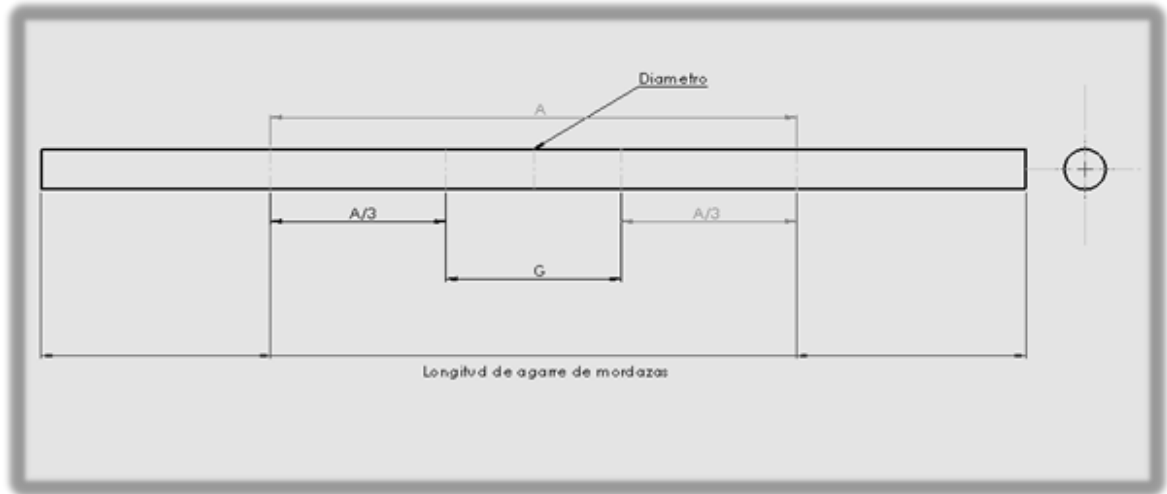
## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las guías prácticas realizadas en este proyecto se encuentran en los anexos del presente documento. En esta sección se presenta una descripción de las mismas y los resultados obtenidos correspondientes a las pruebas realizadas a partir de las guías planteadas, para las cuales se llevó a cabo cada una de las actividades planteadas y subsiguientemente se realizaron las correcciones necesarias a cada una de ellas.

### **4.1 PRACTICA N° 4 ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSIÓN PARTE 1**

La práctica de ensayo de tracción o tensión parte 1, consiste en familiarizar al estudiante con el método de aplicación de cargas axiales, así como las diferentes propiedades que este ensayo permite realizar. El ensayo es realizado mediante la Máquina universal de ensayos que se encuentra ubicado en el laboratorio de metalurgia mecánica en el edificio de planta de aceros, la cual mediante mordazas sujeta la probeta como se observa en la figura 6 y seguidamente aplica cargas axiales en sentidos opuestos de forma que el material de prueba se alargue, esta práctica se ejecuta sobre una probeta de acero de bajo carbono de refuerzo con un diámetro nominal de 1/2 pulgada de la cual los estudiantes deben tomar sus dimensiones con un mínimo de 3 tomas por medida y tomar el promedio de esta, las dimensiones medidas corresponden a el diámetro, longitud libre y longitud de calibración como se observa en la figura 5.

Figura 5. Medidas, ensayo de tracción.



Las medidas de longitud libre y longitud de calibración son marcadas por el estudiante en la probeta mediante un marcador para metales, posteriormente se procede con el montaje de la probeta en la máquina y se comienza con el primer ensayo, en total se realizan de 3 a 4 ensayos según la libertad del docente, al finalizar cada ensayo el software de la máquina universal de ensayos arroja los resultados en un informe en el cual se puede observar la curva esfuerzo deformación ingenieril y las propiedades del material estudiado, estos resultados quedan en poder del docente, además el programa arroja los datos de todas las medidas realizadas por el equipo en formato “.txt” los cuales son enviados a los estudiantes con la finalidad de elaborar la curva esfuerzo-deformación ingenieril mediante el graficador de Excel y por medio de esta curva elaborar la curva esfuerzo-deformación real, por último el estudiante deberá elaborar una informe en el cual presente las gráficas obtenidas, las propiedades calculadas mediante las gráficas y demás cuestiones anexadas en la guía.

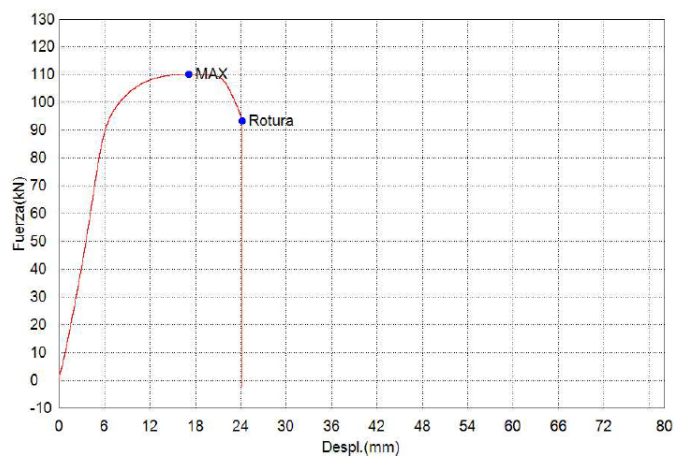
A continuación, se presenta los resultados obtenidos durante las pruebas piloto de este ensayo.

En las pruebas piloto de esta práctica se estudiaron, probetas de acero corrugado y acero bajo carbono liso, al final se optó por la utilización de acero corrugado dado que a su superficie brinda mejor agarre en las mordazas y por ende genera resultados más apropiados para el estudio de propiedades, por otra parte las probetas de acero liso se dispusieron para la ejecución de la parte 2, en la figura 6 se observa la probeta ubicada en las mordazas de la máquina universal de ensayos antes de iniciar el ensayo, la figura 7 expone una de las curvas arrojadas por el software al finalizar cada ensayo, los resultados completos arrojados por el software pueden ser observados en los anexos.

Figura 6. Montaje, ensayo de tracción.



Figura 7. Curva esfuerzo-deformación ingenieril 1.



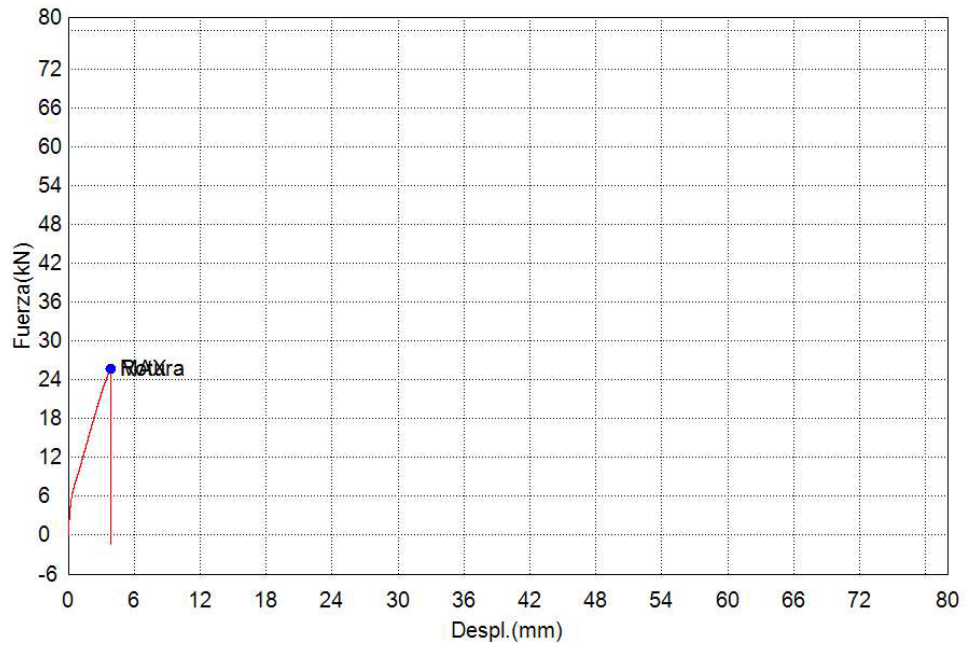
## 4.2 PRACTICA N° 5 ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSIÓN PARTE 2.

El desarrollo de esta práctica, es muy similar a la práctica N°4 dado que el procedimiento tanto de ejecución como de toma de medida es el mismo con la diferencia que en esta práctica se trabajan 3 probetas con diferente composición química con el objetivo principal de enseñar al estudiante las diferencias que se pueden presentar al variar la composición química de un acero en cuanto a sus propiedades mecánicas, así como la variación de la fractura presentada por cada probeta, para este ensayo se dispuso inicialmente la comparación de diferentes clases de metales por lo cual se realizaron pruebas con aleaciones de aluminio pero debido a la poca disponibilidad del laboratorio no se tuvo en cuenta para la ejecución final de los ensayos, en la figura 9 se observa una de las curvas obtenidas durante los resultados, los informes completos pueden ser revisados en el informe 2, de igual forma en la figura 8 se muestra e montaje realizado para una de las probetas de aluminio estudiadas.

Figura 8. Montaje probeta de aluminio.



Figura 9. Curva esfuerzo-deformación ingenieril 2, aluminio.



#### 4.3 PRACTICA N°6 ENSAYO DE COMPRESIÓN

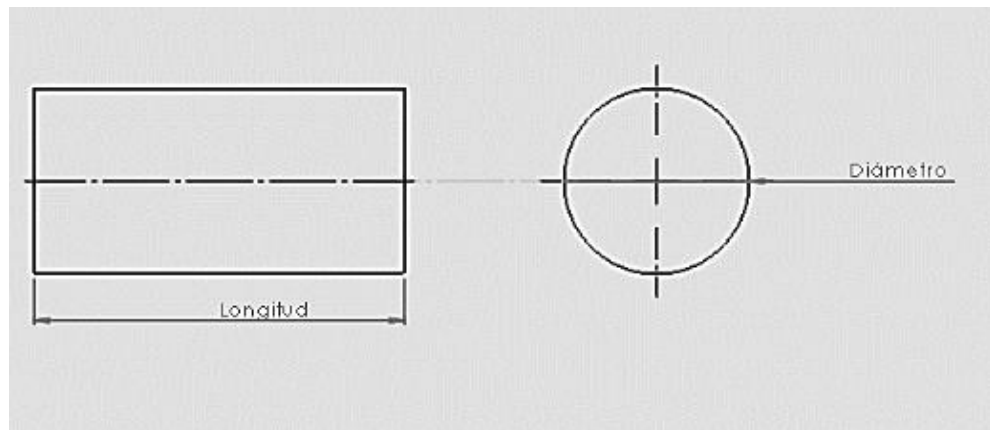
El ensayo de compresión al ser uno de los métodos más usados para la determinación de propiedades mecánicas en cerámicos, es de relevancia entender y comprender los parámetros del mismo por este motivo se diseñó esta guía el procedimiento descrito en esta guía se esbozó de tal forma que la persona que ejecute el ensayo no requiera gran habilidad o conocimientos del equipo y de esta forma asegurar la correcta realización del ensayo en todos los ámbitos y asimismo poder brindar al estudiante una experiencia más enriquecedora, con el objetivo principal de otorgar al estudiantes los conocimientos básicos sobre este ensayo, sus implicaciones y la diferencia existente entre los resultados obtenidos por este ensayo y el ensayo de tracción así como la diferencia entre las curvas esfuerzo-deformación entre otros.

Este ensayo se lleva a cabo mediante la utilización de probetas de aluminio o balsa según la disposición del laboratorio y el docente, de igual forma la práctica

se desarrolla principalmente por medio de 3 etapas las cuales se presentan pasó a paso en la guía práctica las etapas son:

- **Etapas A:** consiste en la toma y registro de las medidas iniciales las cuales corresponden a la longitud o altura de la probeta y el diámetro de estudio como se aprecia en la figura 10, antes de hacer el registro el estudiante deberá tomar 3 medidas de cada dimensión mencionada y registrar el promedio con el fin de asegurar un valor más acertado. Finalmente, el estudiante deberá corroborar que la relación Longitud/ Diámetro se encuentre entre los valores 1.5 y 2, indicados en la norma ASTM E9.

Figura 10. Medidas ensayo de compresión.



- **Etapas B:** esta etapa consiste en la programación y preparación del equipo a utilizar para el caso es la máquina universal de ensayos SHIMADZU, montaje de la probeta y puesta en marcha del ensayo, en esta parte los estudiantes observarán el proceso de preparación del equipo así como el montaje de la probeta el cual es realizado por el técnico a cargo del laboratorio, la programación del software corre por parte del profesor encargado o del técnico según convenga en el momento, y finalmente se le solicita a los estudiantes el de las respectivas gafas de seguridad y posteriormente se da inicio al ensayo, dado la alta posibilidad de que la probeta ensayada salga

disparada por el laboratorio el ensayo debe detenerse al alcanzar las medidas de cargas estimadas por el docente.

- **Etapa c:** en esta fase se realiza el desmontaje de la probeta ensayada la cual posteriormente es entregada a los estudiantes para que procedan con las mediciones finales, las cuales se deben realizar al igual que en la etapa A tres mediciones por dimensión

Finalmente, el estudiante deberá dar solución al cuestionario presentado al final de la guía el cual tiene como objetivo reforzar y evaluar los conocimientos adquiridos por el estudiante en la práctica ejecutada, el cual deberá presentar en un informe con un máximo de 8 días calendario o en cualquier otro caso la fecha de entrega deberá ser entregada por el docente a cargo.

Esta guía se puso a prueba mediante probetas de balsa y aluminio previamente mencionadas, así como cilindros de concreto y latón con el objetivo de poder abarcar una gama un poco más amplia de materiales, al finalizarlos ensayos se optó por trabajar probetas de balsa y aluminio ya que permiten resultados más visibles y además son de fácil adquisición, los resultados de estos ensayos se pueden observar en las figuras 11, así como el resultado del ensayo en la figura 12.

Figura 11. Montaje compresión probeta de balsa.

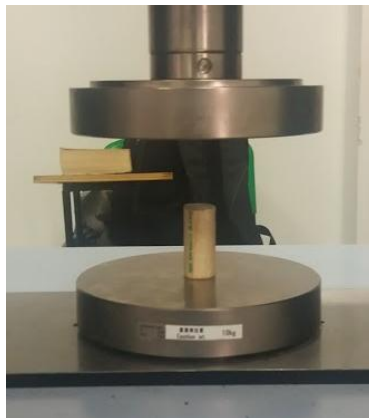
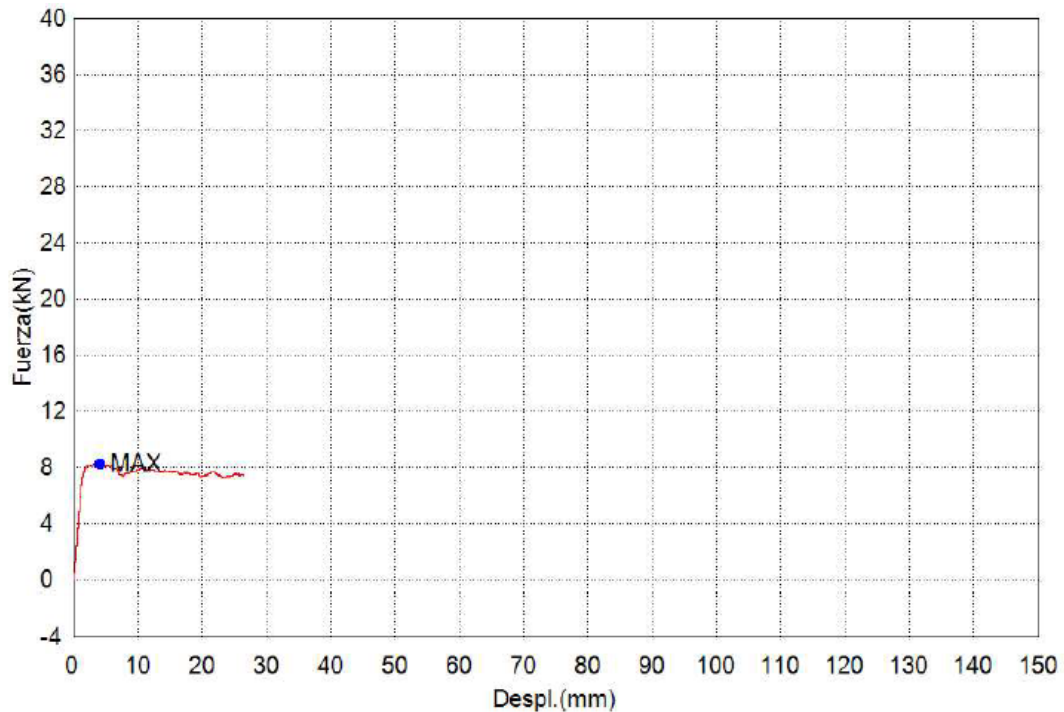


Figura 12. Curva esfuerzo-deformación ingenieril 3, balso.



#### 4.4 PRACTICA N°7 ENSAYO DE FLEXIÓN

A nivel mundial es fácil encontrar empresas o instituciones que utilizan este ensayo para determinar las propiedades de materiales muy frágiles como por ejemplo los cerámicos, así mismo en la rama de la construcción poder estudiar el comportamiento a flexión de elementos como vigas, cerchas, palancas, entre otros que se encuentran constantemente sometidos a fuerzas flectoras es de gran utilidad para la determinación adecuada del material según la geometría que se desea trabajar. Por ende, se realizó la guía práctica N°7 Ensayo de flexión con el objetivo principal de familiarizar a los estudiantes con este ensayo, sus implicaciones y las definiciones, conceptos y diagramas básicos que no son estudiadas en las demás guías prácticas realizadas en este proyecto, definiciones tales como Momento flector, Deflexión, Diagrama de Fuerzas aplicada Vs deflexión, etc.

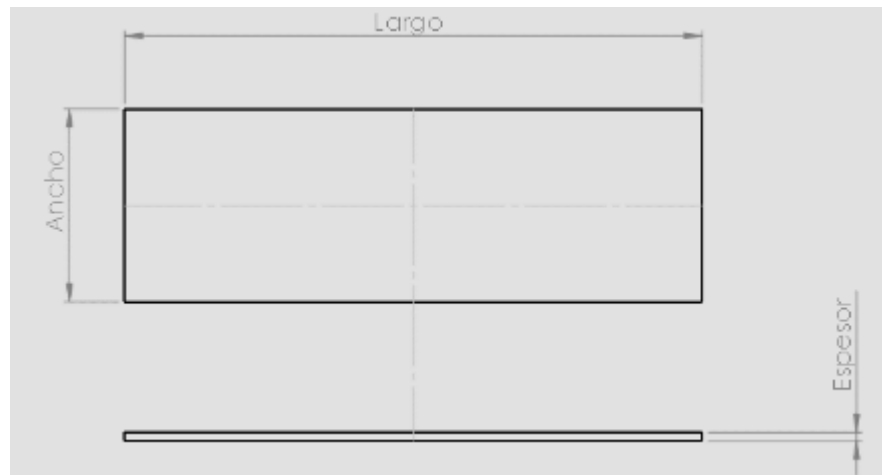
La realización de este ensayo al igual que la práctica mencionada en el inciso 4.3 se lleva a cabo en 3 secciones o etapas las cuales se presentan paso a paso en la guía práctica N°7 Ensayo de flexión.

- **Etapla A:** consiste en la toma y registro de las medidas iniciales las cuales corresponden al ancho, longitud (largo) y espesor de la pletina, como se observa en la figura 3, antes de hacer el registro el estudiante deberá tomar 3 medidas de cada dimensión mencionada y registrar el promedio con el fin de asegurar un valor más acertado, luego el estudiante deberá calcular la separación mínima y máxima de los soportes inferiores de la máquina universal de ensayos por medio de la ecuación 1 según la Norma ASTM E290, finalmente el estudiante deberá marcar la longitud media de la pletina o probeta con el fin de tener una referencia para la posición del aplicador de carga.

$$C = 2r + 3t \pm t/2.$$

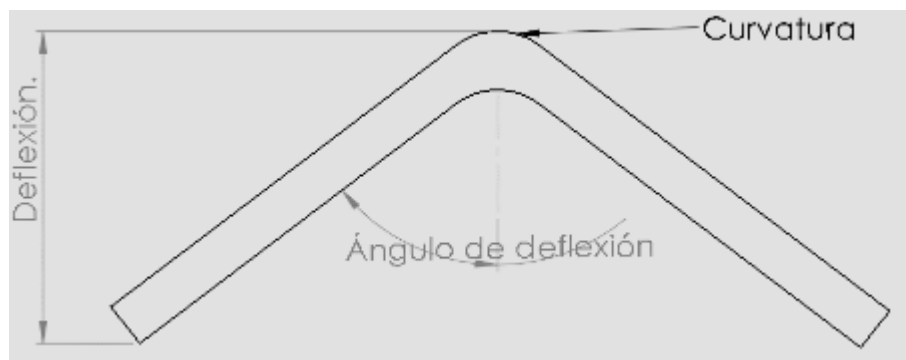
Ecuación 1

Figura 13. Medidas iniciales ensayo de flexión



- **Etapa B:** esta etapa consiste en la Programación y preparación de la máquina universal de ensayos. Montaje de la probeta y puesta en marcha, la ejecución de esta etapa es similar a la previamente explicada en la etapa 2 o etapa B del ensayo de compresión, con la discrepancia que la peligrosidad de este ensayo es mucho menor al de compresión de igual forma se solicita la postura de los implementos de seguridad, además esta es enfocada en el ensayo de flexión por lo que el procedimiento descrito en la guía práctica es considerablemente diferente al descrito en la guía del ensayo de compresión.
- **Etapa C:** esta etapa consiste en el desmontaje de la probeta y medición final de la misma, para la cual se debe tener en cuenta la realización de 3 medidas por dimensión a tomar y registrar el promedio de esta. Se debe plasmar en una hoja de papel block blanco la sección longitudinal final de la probeta y se debe determinar mediante esta, la curvatura, deflexión, Angulo de deflexión, según la figura 14

Figura 14. Medidas finales de ensayo de flexión.



Para este ensayo se optó por la implementación de pletinas de acero bajo carbono y aluminio dado la disponibilidad del laboratorio de igual forma se realizó los ensayos de pruebas con probetas de este material.

Figura 15. Montaje Flexión a tres puntos, imagen tomada por el autor, durante la ejecución del proyecto “Producción de cerámicas tradicionales basadas en

arcillas, que incorporan sustancias vítreas recuperadas de la basura electrónica”.  
[12]



## 5. CONCLUSIONES

El presente trabajo de grado se ejecutó en la modalidad de practica en docencia, en el cual se elaboraron un total de 4 guías prácticas para el laboratorio de metalurgia mecánica de la escuela ingeniería metalúrgica de la Universidad industrial de Santander, las cuales se ejecutaron teniendo en consideración los conocimientos adquiridos por los estudiantes en el complemento teórico de la asignatura y los equipos disponibles que se encuentran bajo el manejo de esta.

Dada la gran relevancia que tiene el ensayo de tracción a nivel industrial y el tiempo dedicado al mismo se elaboraron dos guías prácticas para el ensayo de tracción, parte 1 y parte 2, la división de este ensayo en dos partes tiene como objetivo brindar de forma más propicia la información al estudiante y así asegurar un mejor aprovechamiento de la práctica.

Para asegurar una mejor asimilación de las guías prácticas por parte de los estudiantes, teniendo como objetivo fomentar el aprendizaje y la familiarización de los estudiantes con los ensayos se realizaron pruebas pilotos a partir de las guías elaboradas con la finalidad de prevenir e identificar las falencias que se pueden presentar durante la ejecución de los ensayos por parte de los estudiantes.

## 6. RECOMENDACIONES

Según el desarrollo del presente trabajo de grado, se recomienda a la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los materiales realizar la compra de materiales para la implementación de los ensayos ya que actualmente la poca variedad de los mismos limita el estudio de los ensayos.

Con miras a una mejor seguridad tanto para los estudiantes como para los técnicos y docentes a cargo del laboratorio se sugiere la implementación de una malla o celda de protección para la máquina universal de ensayos con el objetivo de proteger los participantes de pequeñas piezas que puedan salir disparadas de las probetas durante los ensayos o la probeta completa, teniendo en cuenta principalmente para la ejecución del ensayo de compresión, el cual presenta mayor riesgo de este suceso.

Se debe considerar el tiempo de uso que presenta la máquina universal de ensayos, por ende, se recomienda a la escuela de ingeniería metalúrgica implementar un mantenimiento y calibración de esta, con la finalidad de obtener resultados más precisos y adecuados para su estudio.

## REFERENCIAS

[1] CALLISTER, William D. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Primera edición, Ed. Reverté, 2000-2001.

[2] DOWLING, Norman E. Mechanical behavior of materials. Engineering methods for deformation, fracture, and fatigue, cuarta edición, Ed. Pearson, 2013.

[3] ASKELAND, Donal R. and Phulé Pradeep P. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, cuarta edición, Ed. Thomson, 2010.

[4] ASTM International “Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility”, ASTM designation E290-14, West Conshohocken, Pa, 2014 [Disponible en: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0290-14>].

[5] ASTM International “Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials”, ASTM designation E8/E8M-16a, West Conshohocken, Pa, 2016 [Disponible en: [https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0008\\_E0008M-16A](https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0008_E0008M-16A)].

[6] ASTM International “Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature”, ASTM designation E9-09 West Conshohocken, Pa, 2009 [Disponible en: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0009-09>].

[7] ASTM International “Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products”, ASTM designation ASTM A370-17, West Conshohocken, Pa, 2017 [Disponible en: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/A0370-17>].

[8] ASTM International “Standard Test Methods for Mechanical Properties of Lumber and Wood-Base Structural Material”, ASTM designation D4761-13 West Conshohocken, Pa, 2013 [Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D4761.htm>].

[9] NTC COLOMBIANA “ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente” NTC designación 2, 1995, [Disponible en: [http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec\\_enormas\\_mobile/visor/HTML5.asp](http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec_enormas_mobile/visor/HTML5.asp)].

[10] NTC. COLOMBIA “terminología relacionada con los métodos de ensayos mecánicos” NTC designación 4525, 2002, [Disponible en: [http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec\\_enormas\\_mobile/visor/HTML5.asp](http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec_enormas_mobile/visor/HTML5.asp)].

[11] NTC COLOMBIA “Definiciones y métodos para los ensayos mecánicos de productos de acero” NTC designación 3353, 1997, [Disponible en: [http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec\\_enormas\\_mobile/visor/HTML5.asp](http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec_enormas_mobile/visor/HTML5.asp)].

[12] Franklin Pabón, Nain Cala, “Producción de cerámicas tradicionales basadas en arcillas, que incorporan sustancias vítreas recuperadas de la basura electrónica Trabajo de pregrado (Ingeniero metalúrgico). Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingenierías fisicoquímicas, programa ingeniería metalurgica, 2018.

## BIBLIOGRAFÍA

ASKELAND, Donal R. and Phulé Pradeep P. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, cuarta edición, Ed. Thomson, 2010.

ASTM International “Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products”, ASTM designation ASTM A370-17, West Conshohocken, Pa, 2017 [Disponible en: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/A0370-17>].

ASTM International “Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility”, ASTM designation E290-14, West Conshohocken, Pa, 2014 [Disponible en: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0290-14>].

ASTM International “Standard Test Methods for Mechanical Properties of Lumber and Wood-Base Structural Material”, ASTM designation D4761-13 West Conshohocken, Pa, 2013 [Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D4761.htm>].

ASTM International “Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials”, ASTM designation E8/E8M-16a, West Conshohocken, Pa, 2016 [Disponible en: [https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0008\\_E0008M-16A](https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0008_E0008M-16A)].

ASTM International “Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature”, ASTM designation E9-09 West Conshohocken, Pa, 2009 [Disponible en: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0009-09>].

CALLISTER, William D. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Primera edición, Ed. Reverté, 2000-2001.

DOWLING, Norman E. Mechanical behavior of materials. Engineering methods for deformation, fracture, and fatigue, cuarta edición, Ed. Pearson, 2013.

HIBBELER, R C, Mechanics of Materials, 9ª ed. 2014.

NTC COLOMBIA “Definiciones y métodos para los ensayos mecánicos de productos de acero” NTC designación 3353, 1997, [Disponible en: [http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec\\_enormas\\_mobile/visor/HTML5.asp](http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec_enormas_mobile/visor/HTML5.asp)].

NTC COLOMBIANA “ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente” NTC designación 2, 1995, [Disponible en: [http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec\\_enormas\\_mobile/visor/HTML5.asp](http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec_enormas_mobile/visor/HTML5.asp)].

NTC. COLOMBIA “terminología relacionada con los métodos de ensayos mecánicos” NTC designación 4525, 2002, [Disponible en: [http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec\\_enormas\\_mobile/visor/HTML5.asp](http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2160/icontec_enormas_mobile/visor/HTML5.asp)].

# **ANEXOS**

## **ANEXO A. PRESENTACIÓN DE PRE-INFORMES E INFORMES**

Para un mayor aprovechamiento de los ensayos realizados se recomienda la realización de un documento escrito a mano, para el cual se sugiere la siguiente estructura.

1. título de la práctica (Practica N°#, Nombre Del ensayo).
2. Nombre del estudiante con su respectivo código.
3. Marco teórico: consiste en la investigación previa de los temas de consulta, dicha información deberá ser presentada con palabras propias del estudiante y por ningún motivo deberá ser una transcripción literal de los libros o la literatura en general. Dichos temas de consulta se encuentran disponibles en las guías prácticas de cada ensayo.

Se sugiere la socialización de los temas de consulta por parte del docente a cargo, por medio de un cuestionario el cual será resuelto por parte de los estudiantes en las horas iniciales de la experiencia, con el fin de solucionar dudas o inquietudes por parte del estudiantado y complementar eficientemente los conocimientos previos del estudiante.

### **Presentación de informes**

Los informes deberán ser resultado de la unión entre la experiencia vivida por los estudiantes durante la ejecución de las prácticas correspondientes y los fundamentos teóricos adquiridos con anterioridad, y por ningún motivo deberá ser un plagio de cualquier propiedad intelectual disponible.

### **Se sugiere la siguiente estructura para la presentación de los informes:**

4. título de la práctica (Practica N°#, Nombre Del ensayo).
5. Nombre del estudiante con su respectivo código.

6. Resultados: será el desarrollo del cuestionario presente en cada guía.
7. Interpretación de resultados.
8. Conclusiones y recomendaciones.

## **CRONOGRAMA DE PRÁCTICAS**

Semana 2: practica N°1. Normas de laboratorio, equipos y programación de prácticas

Semana 3: Practica N°2. Identificación de los materiales de ensayo

Semana 4: Practica N°3. Ensayos de dureza y microdureza

Semana 5: Practica N°4. Ensayo de tracción- PARTE 1

Semana 6: Practica N°5. Ensayo de tracción- PARTE 2

Semana 7: Practica N°6. Ensayo de Compresión

Semana 8: Practica N°7. Ensayo de Flexión

Semana 9: Practica N°8. Ensayo de embutido

Semana 10: Practica N°9. Ensayo de impacto

## **ANEXO B. PRÁCTICA 4º. ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSIÓN – PARTE 1**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
LABORATORIO DE METALURGIA MECÁNICA**

### **PRÁCTICA 4º. ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSIÓN – PARTE 1**

#### **INTRODUCCIÓN**

Actualmente el ensayo de tracción es uno de los métodos más comunes para la determinación de las propiedades mecánicas de un material, ya que este facilita la obtención de resultados con gran valor para el diseño y la fabricación de piezas (Callister, 2001). Así mismo los resultados obtenidos por este ensayo son factores de suma importancia para la simulación computacional, lo cual permite predecir el comportamiento de piezas durante la aplicación de cargas externas.

#### **OBJETIVOS**

- Determinar las propiedades mecánicas del material estudiado mediante un ensayo de tracción.
- Obtener la curva esfuerzo – deformación real a partir de los datos obtenidos de una curva esfuerzo- deformación ingenieril.
- Familiarizar a los estudiantes con el equipo y el procedimiento ejecutado para realizar ensayos de tracción de materiales metálicos.

#### **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico de este ensayo debe contener una descripción de los temas a trabajar en la práctica. Los contenidos que se incluirán son:

- Ensayo de tracción.
- Curva esfuerzo-deformación real e ingenieril.
- Propiedades mecánicas del acero utilizado.
- Tipos de fractura en los metales.
- Norma ASTM E8/E8M

### **MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Máquina universal de ensayos SHIMADZU AG-X Plus 250KN (con los elementos necesarios para la correcta implementación del ensayo).
- Calibrador (pie de rey).
- 3 probetas de acero bajo carbono (Acero de refuerzo ½ pulgada de diámetro).
- Marcador para metales

### **Elementos de protección personal obligatorios en el laboratorio.**

- Gafas protectoras
- Bata manga larga
- Pantalón jeans sin desgaste
- Zapato cerrado.

**Nota:** todo el personal que ingrese al laboratorio antes, durante y al finalizar el ensayo deberán cumplir con todos los elementos de seguridad mencionados, para cualquier manipulación o interacción con las mordazas de la máquina universal de ensayos el personal encargado de esto deberá llevar guantes que eviten el contacto directo de las manos con las partes del equipo.

### **PROCEDIMIENTO**

Para la correcta ejecución de este ensayo se deben seguir los siguientes pasos los cuales estarán divididos en 3 etapas:

**NOTA:** Antes de iniciar el ensayo verifique el estado de la máquina (suministro de energía).

- Etapa A: Medición inicial de la probeta
- Etapa B: Programación y preparación de la máquina universal de ensayos. Montaje de la probeta y puesta en marcha del ensayo.
- Etapa C: Desmontaje de la probeta y medición final de la probeta.

### **ETAPA A:**

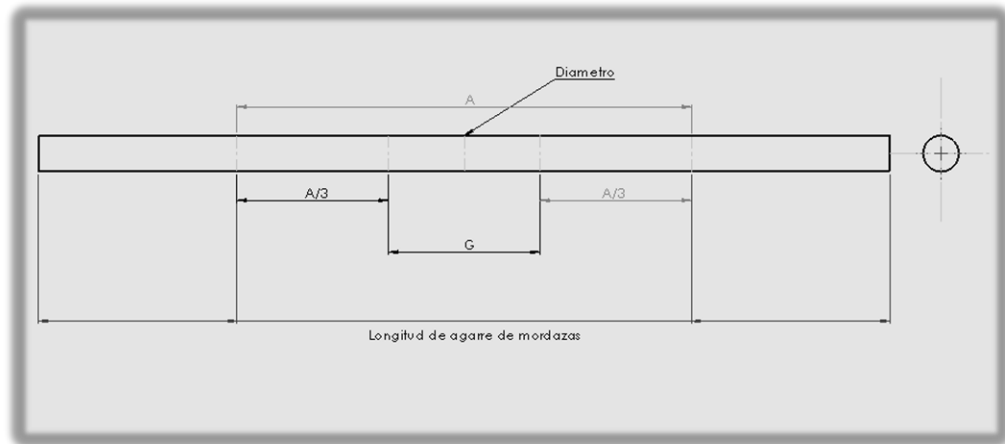
1. Realizar la medición y registro de las dimensiones iniciales A, D y G, así como también las longitudes de agarre, como se observa en la imagen 1.

A: Longitud libre.

G: Longitud de calibración.

D: Diámetro de estudio.

### **Imagen 1.**



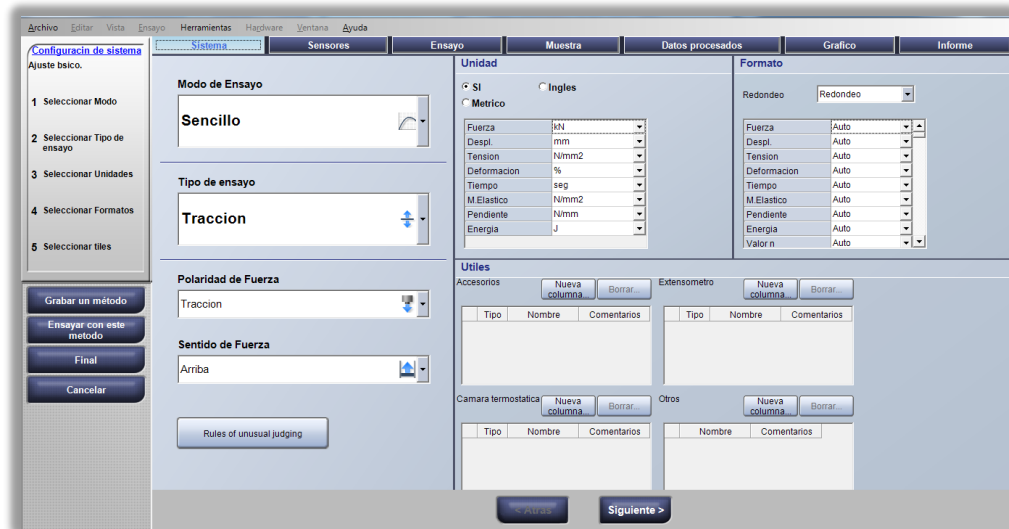
- 1.1. Medir 7 centímetros por cada longitud de agarre de mordazas según la imagen 1.
- 1.2. Marque en la probeta la medición anterior.
- 1.3. Establecer la medida del espacio libre entre las marcas anteriores, esta medida será A.

- 1.4. Dividir A en 3 partes y marque estas medidas en la probeta partiendo de una de las marcas de 7 cm.
- 1.5. La zona intermedia correspondiente a 1/3 de A será la medida de calibración G.
- 1.6. Medir el diámetro en ambos extremos de la probeta y en el centro de la misma para hacer un total de 3 mediciones, utilicé el promedio de estos diámetros como D.

## ETAPA B:

1. Encender la máquina.
2. Iniciar el software TRAPEZIUM X Versión 14.
3. Dar clic en ensayo.
4. **Configuración del sistema (imagen 2):**

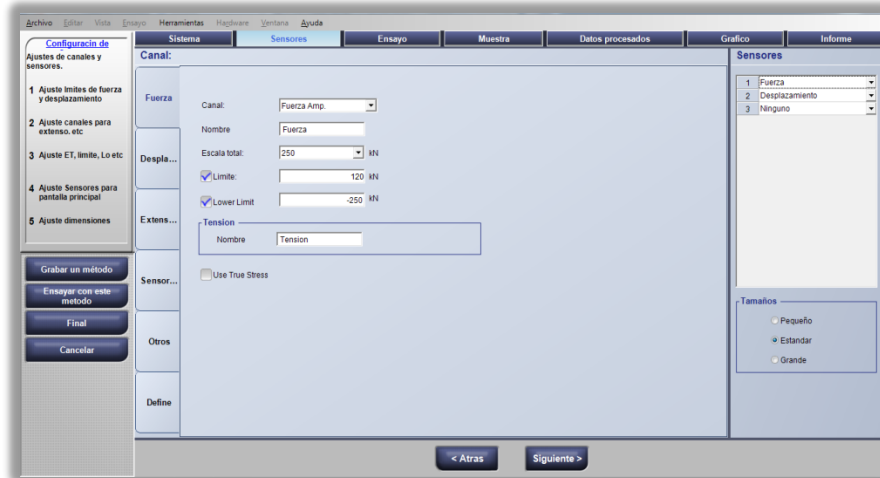
Imagen 2.



- 4.1. Modo de ensayo: no aplica.
- 4.2. Tipo de ensayo: verificar que se encuentre en tracción.
- 4.3. Unidad: seleccionar el sistema de unidades a trabajar.
- 4.4. Dar clic en siguiente.

## 5. Configuración de sensores (imagen 3):

Imagen 3.

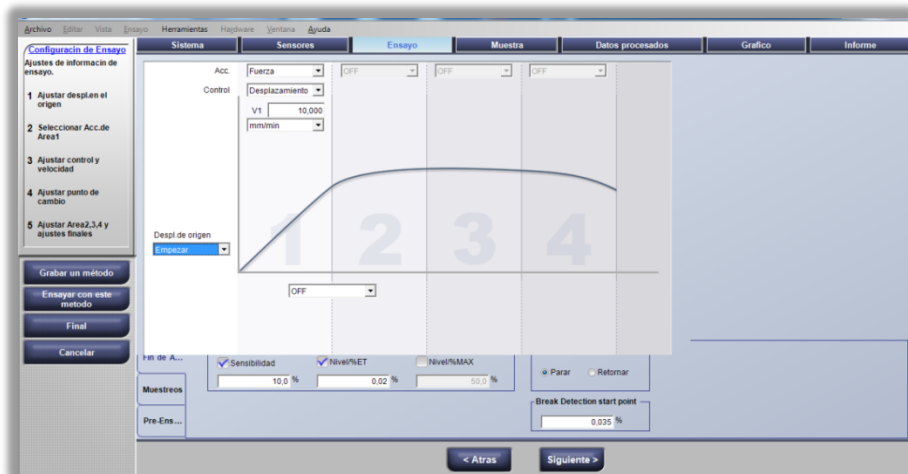


5.1. Seleccionar el límite de carga máximo a trabajar (según el material ensayado).

5.2. Dar clic en siguiente.

## 6. Configuración de ensayo (imagen 4):

Imagen 4.



6.1. Ajustar velocidad (V1) entre 6 y 10 mm/min (según criterio del docente).

6.2. Dar clic en siguiente.

**7. Realizar el montaje de la probeta:**

7.1. Ajustar las mordazas según la probeta a estudiar (seguir indicaciones del docente).

7.2. Ubicar la probeta en la mordaza superior, tenga en cuenta que debe abrir las mordazas superior e inferior para dar paso a la probeta, posteriormente asegúrela en la mordaza superior

7.3. Colocar el mando en modo manual, posteriormente oprimir el botón (Down) o (Up) para bajar o subir la mordaza superior de modo que logre el adecuado posicionamiento de la probeta en la mordaza inferior.

**Nota:** tenga en cuenta que durante esta etapa la probeta no debe chocar con la superficie de la mordaza y se debe encontrar completamente centrada, no se exceda en la operación de este paso.

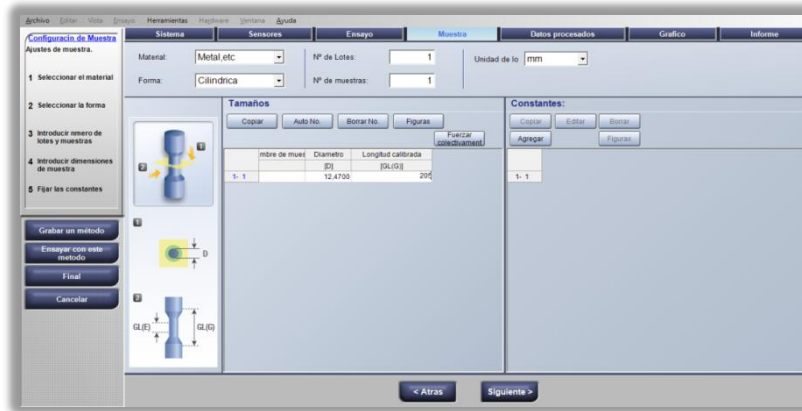
7.4. Asegurar la probeta en la mordaza inferior.

7.5. Colocar el mando nuevamente en modo automático.

7.6. Volver al software.

**8. Configuración de la muestra (imagen 5):**

Imagen 5.

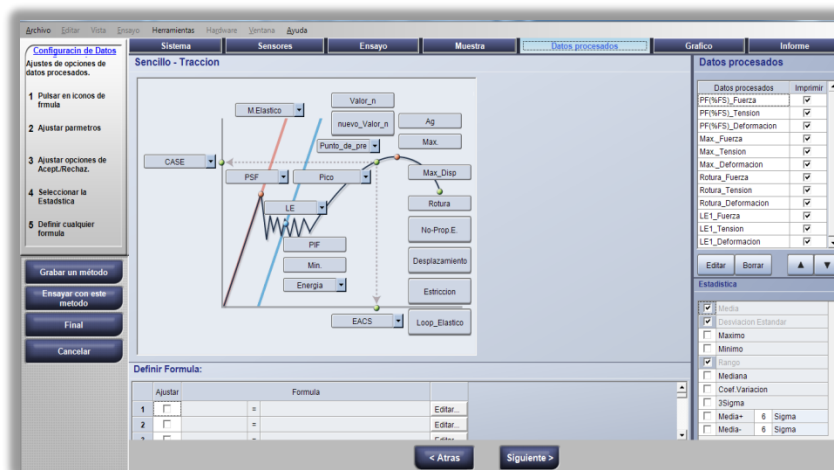


- 8.1. Seleccionar tipo de material (plástico, metal, goma, para este caso seleccionar metal)
- 8.2. Seleccionar forma (plana, cilíndrica, tubo, irregular, aro, anillo circular, cuerda, hexagonal, área, para este caso seleccionar cilíndrica).
- 8.3. Ajustar dimensiones.
- 8.4. Dar clic en siguiente.

## 9. Configuración de datos procesados (imagen 6):

- 9.1. Seleccionar los datos que desea que el software calcule para la gráfica.

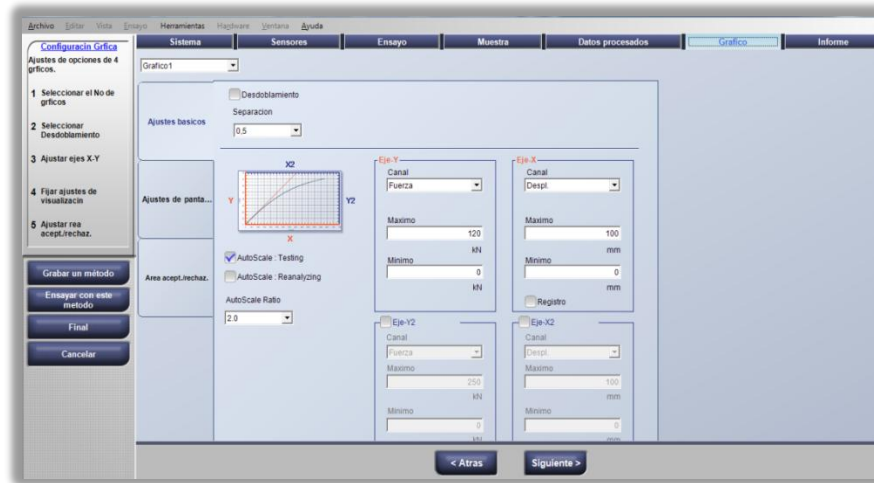
Imagen 6.



9.2. Dar clic en siguiente.

## 10. Configuración de gráfico (imagen 7):

Imagen 7.



10.1. Ajustar el máximo límite de fuerza con el seleccionado en el punto 5.1.

10.2. Dar clic en siguiente.

## 11. Configuración del informe:

11.1. Dar doble clic en los incisos que desea alterar del informe (título, fecha, nombre del proyecto, etc.).

11.2. Dar clic en grabar ensayo, y guardar el archivo en la carpeta deseada.

12. Calibrar y poner a cero la máquina.

13. iniciar el ensayo.

**Precaución:** Verificar que el mando de la máquina no se encuentre en operación manual.

### **Etapa C:**

1. Al finalizar el ensayo, abrir la mordaza superior y retirar la sección superior final de la probeta.
2. Abrir la mordaza inferior y retirar la sección inferior final de la probeta.
3. Realizar la medición y registro de las dimensiones finales  $A_2$ ,  $D_2$  y  $G_2$

$A_2$ : Longitud libre final.

$G_2$ : Longitud de calibración final.

$D_2$ : Diámetro de estudio final.

**NOTA:** para la medición de estas dimensiones debe tener en cuenta las marcas realizadas en la etapa A, adicionalmente se medirá el diámetro en la sección reducida de la parte superior final de la probeta, así como de la parte inferior final y el  $D_2$  será el promedio entre estas medidas.

### **RESULTADOS**

- Graficar las curvas esfuerzo- deformación real e ingenieril.
- Ocupando diferentes puntos de la gráfica esfuerzo-deformación ingenieril obtenida, calcule:
  - Módulo de Young (pendiente de la zona elástica).
  - Límite elástico con el 0,2% de deformación.
  - Resistencia a la tracción.
  - Porcentaje de reducción de área.
  - Porcentaje de elongación.
- Realizar una comparación entre la curva esfuerzo-deformación ingenieril y la curva esfuerzo-deformación real, y sus implicaciones.
- Mencionar aplicaciones industriales del acero estudiado de acuerdo con sus propiedades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- D. R. ASKELAND, P. P. PHULÉ, Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, cuarta edición, Ed. Thomson, 2010.
- N.E.DOWLING, Mechanical behavior of materials. Engineering methods for deformation, fracture, and fatigue, cuarta edición, Ed. Pearson, 2013.
- W. D.CALLISTER. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Primera edición, Ed. Reverté, 2000-2001.
- R.C. Hibbeler, Mechanics of Materials, 9ª ed. 2014.
- ASTM International. (2016). ASTM E8/E8M-16a Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. Obtenido de: [https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0008\\_E0008M-16A](https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0008_E0008M-16A)
- ASTM International. (2017). ASTM A370-17 Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. Obtenido de: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/A0370-17>

## **ANEXO C. PRÁCTICA 5º. ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSIÓN – PARTE 2**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
LABORATORIO DE METALURGIA MECÁNICA**

### **PRÁCTICA 5º. ENSAYO DE TRACCIÓN O TENSIÓN – parte 2**

#### **INTRODUCCIÓN**

Como se observó en el laboratorio de tracción parte 1, la implementación de dicho ensayo de tracción es de suma importancia para el diseño y fabricación de piezas, así mismo para la selección de materiales, por ende es de gran relevancia conocer e identificar las variaciones de las propiedades mecánicas de un material en función de su composición química y/o estado de suministro teniendo en consideración si este presenta o no algún tratamiento térmico, de igual forma este ensayo no solo es aplicado para la selección de materiales metálicos ya que de igual forma es aprovechado para la selección o estudio de comportamientos de materiales poliméricos y compuestos.

#### **OBJETIVOS**

- Estudiar el comportamiento de diferentes materiales metálicos al ser sometidos a cargas o esfuerzos de tensión.
- Comprobar las diferencias que se pueden presentar en diversos materiales en cuanto a su comportamiento mecánico.
- Determinar el efecto que tiene la composición de un acero en función de sus propiedades mecánicas.

## **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico de este ensayo debe contener una descripción de los temas a trabajar en la práctica. Los contenidos que se incluirán son:

- Descripción de las propiedades mecánicas de los diferentes metales a trabajar.
- Diferencia entre las propiedades mecánicas de los materiales a estudiar.
- Tipos y morfología de fractura de los metales trabajados según los esfuerzos aplicados.

## **MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Máquina universal de ensayos SHIMADZU AG-X Plus 250KN (con los elementos necesarios para la correcta implementación del ensayo).
- Calibrador (pie de rey).
- Probetas metálicas (Aluminio, Acero AISI SAE 1020, 4140, 1045, de ½ pulgada de diámetro, para este ensayo se debe trabajar según disponibilidad de material en el laboratorio).
- Marcador.

## **ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL OBLIGATORIOS EN EL LABORATORIO.**

- Gafas protectoras
- Bata manga larga
- Pantalón jeans sin desgaste
- Zapato cerrado.

**Nota:** todo el personal que ingrese al laboratorio antes, durante y al finalizar el ensayo deberán cumplir con todos los elementos de seguridad mencionados, para cualquier manipulación o interacción con las mordazas de la máquina universal de

ensayos el personal encargado de esto deberá llevar guantes que eviten el contacto directo de las manos con las partes del equipo.

## PROCEDIMIENTO

Para la correcta ejecución de este ensayo se deben seguir los siguientes pasos los cuales estarán divididos en 3 etapas:

**NOTA:** Antes de iniciar el ensayo verifique el estado de la máquina (suministro de energía).

- Etapa A: Medición inicial de la probeta
- Etapa B: Programación y preparación de la máquina universal de ensayos. Montaje de la probeta y puesta en marcha del ensayo.
- Etapa C: Desmontaje de la probeta y medición final de la probeta.

### Etapa A:

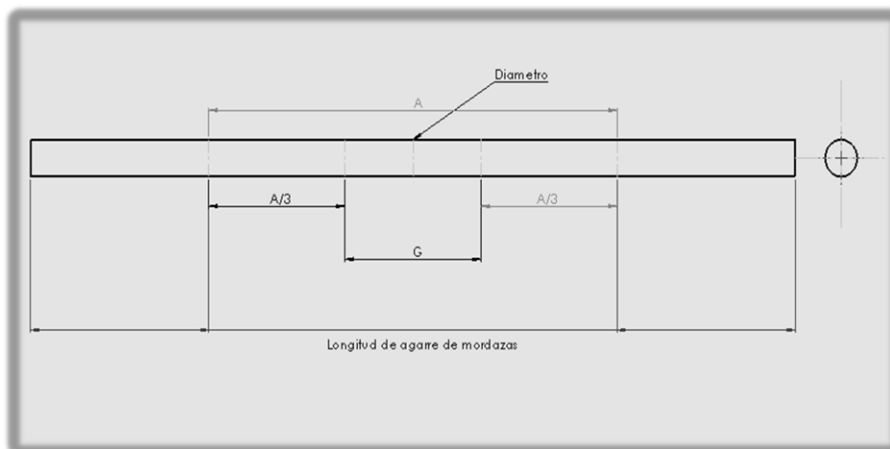
2. Realizar la medición y registro de las dimensiones iniciales A, D y G, así como también las longitudes de agarre, como se observa en la imagen 1.

A: Longitud libre. Longitud total con diámetro reducido.

G: Longitud de calibración.

D: Diámetro de estudio.

### Imagen 1.

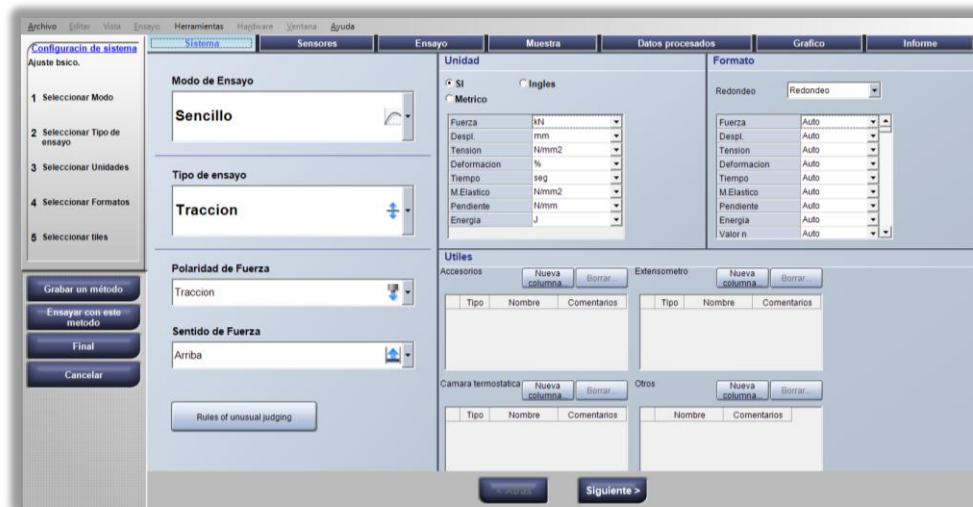


- 1.1. Mida 7 centímetros de extremo a extremo de la probeta.
- 1.2. Marque en la probeta la medición anterior.
- 1.3. Mida el espacio libre entre las marcas anteriores, esta medida será A.
- 1.4. Divida A en 3 partes y marque estas medidas en la probeta partiendo de una de las marcas de 7 cm.
- 1.5. La zona intermedia correspondiente a  $1/3$  de A será la medida de calibración G.

## ETAPA B:

5. Encender la máquina.
6. Iniciar el software TRAPEZIUM X Versión 14.
7. Dar clic en ensayo.
8. **Configuración del sistema (imagen 2):**

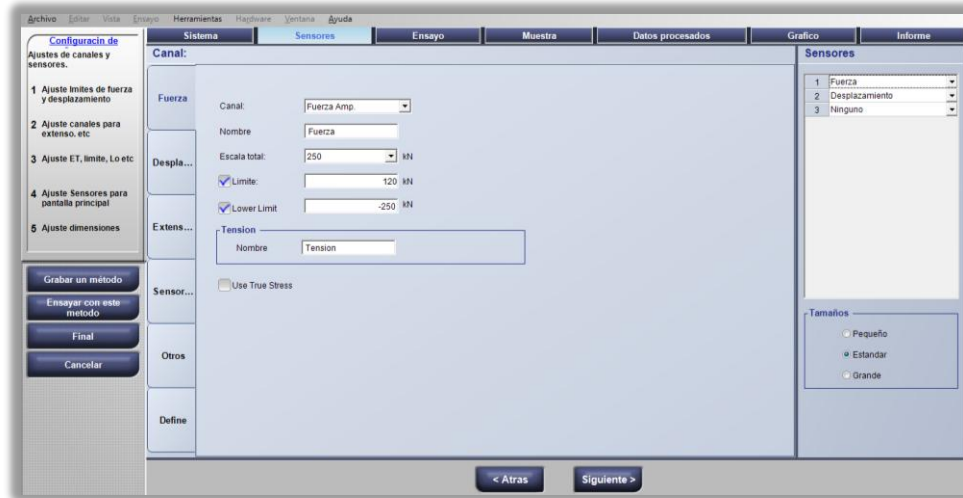
Imagen 2.



- 5.1. Modo de ensayo: no aplica.
- 5.2. Tipo de ensayo: verificar que se encuentre en tracción.
- 5.3. Unidad: seleccionar el sistema de unidades a trabajar.
- 5.4. Dar clic en siguiente.

## 6. Configuración de sensores (imagen 3):

Imagen 3.

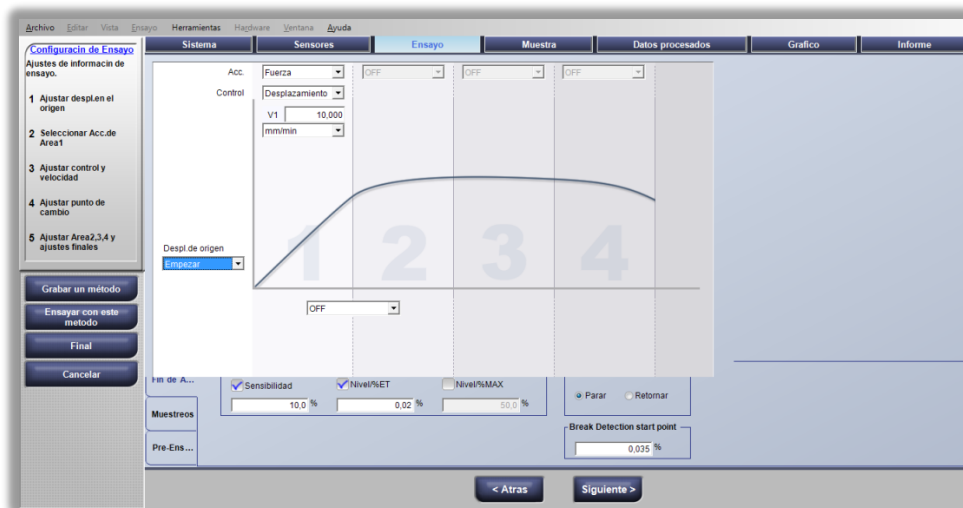


6.1. Seleccionar el límite de carga máximo a trabajar (según el material ensayado).

6.2. Dar clic en siguiente.

## 7. Configuración de ensayo (imagen 4):

Imagen 4.



13.1. Ajustar velocidad (V1) entre 6 y 10 mm/min (según criterio del docente).

13.2. Dar clic en siguiente.

**14. Realizar el montaje de la probeta:**

14.1. Ajustar las mordazas según la probeta a estudiar (seguir indicaciones del docente).

14.2. Ubicar la probeta en la mordaza superior, tenga en cuenta que debe abrir las mordazas superior e inferior para dar paso a la probeta, posteriormente asegúrela en la mordaza superior.

14.3. Colocar el mando en modo manual, posteriormente oprimir el botón (Down) o (Up) para bajar o subir la mordaza superior de modo que logre el adecuado posicionamiento de la probeta en la mordaza inferior.

**Nota:** tenga en cuenta que durante esta etapa la probeta no debe chocar con la superficie de la mordaza y se debe encontrar completamente centrada, no se exceda en la operación de este paso.

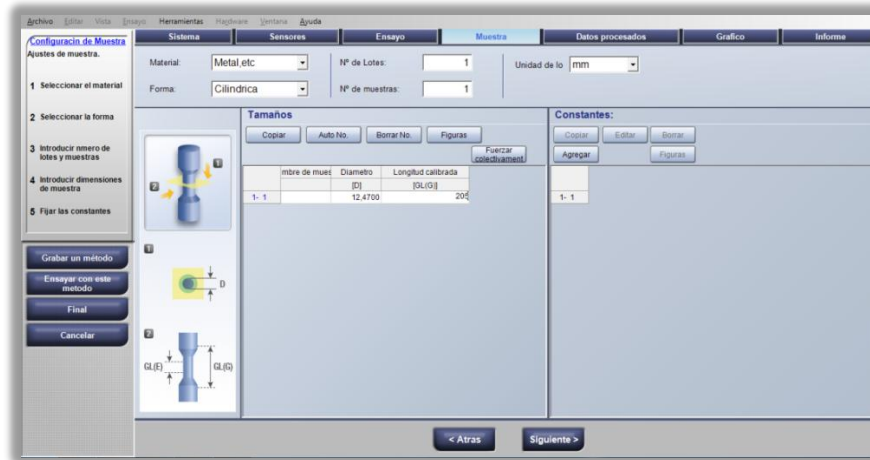
14.4. Asegurar la probeta en la mordaza inferior.

14.5. Colocar el mando nuevamente en modo automático.

**14.6. Volver al software.**

**15. Configuración de la muestra (imagen 5):**

Imagen 5.

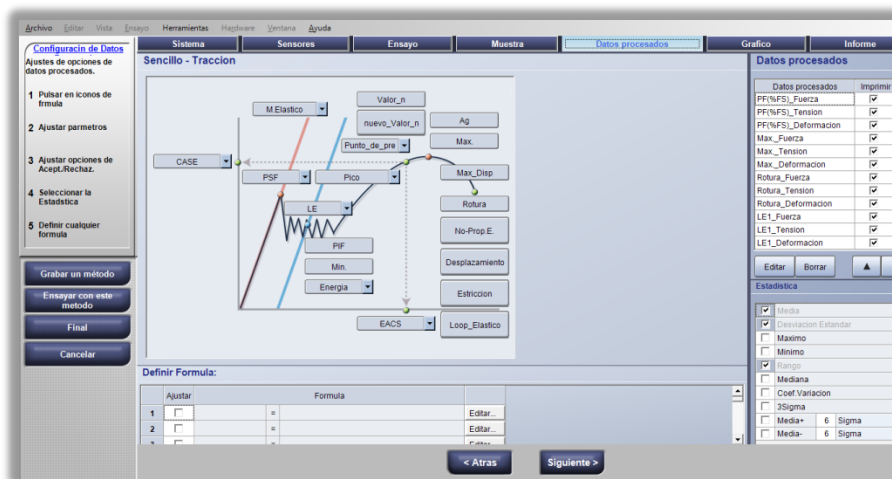


- 15.1. Seleccionar tipo de material (plástico, metal, goma, según sea el caso).
- 15.2. Seleccionar forma (plana, cilíndrica, tubo, irregular, aro, anillo circular, cuerda, hexagonal, área según sea caso).
- 15.3. Ajustar dimensiones.
- 15.4. Dar clic en siguiente.

**16. Configuración de datos procesados (imagen 6):**

- 16.1. Seleccionar los datos que desea que el software calcule para la gráfica.

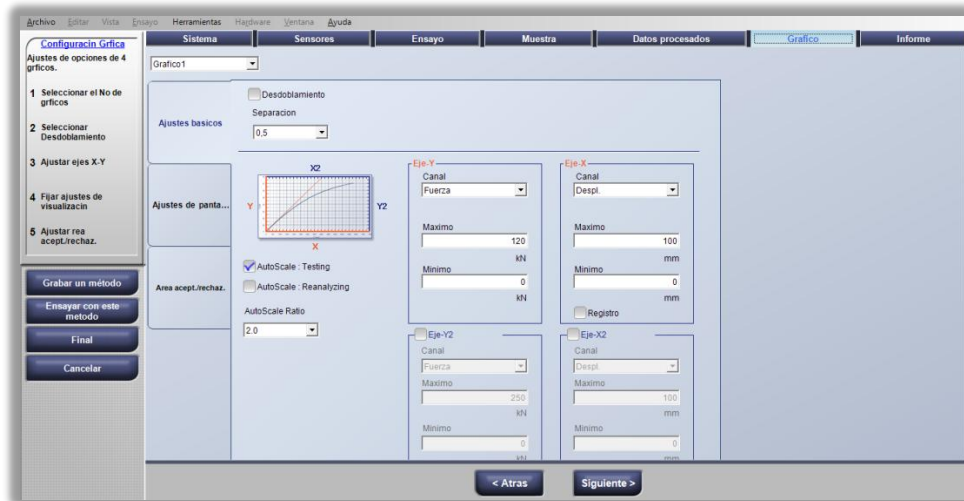
Imagen 6.



16.2. Dar clic en siguiente.

## 17. Configuración de gráfico (imagen 7):

Imagen 7.



17.1. Ajustar el máximo límite de fuerza con el seleccionado en el punto 5.1.

17.2. Dar clic en siguiente.

## 18. Configuración del informe:

18.1. Dar doble clic en los incisos que desea alterar del informe (título, fecha, nombre del proyecto, etc.).

18.2. Dar clic en grabar ensayo, y guardar el archivo en la carpeta deseada.

19. Calibrar y poner a cero la máquina.

20. iniciar el ensayo.

**Precaución:** Verificar que el mando de la máquina no se encuentre en operación manual.

### **Etapas C:**

4. Al finalizar el ensayo, abrir la mordaza superior y retirar la sección superior final de la probeta.
5. Abrir la mordaza inferior y retirar la sección inferior final de la probeta.
6. Realizar la medición y registro de las dimensiones finales  $A_2$ ,  $D_2$  y  $G_2$

$A_2$ : Longitud libre final.

$G_2$ : Longitud de calibración final.

$D_2$ : Diámetro de estudio final.

**NOTA:** para la medición de estas dimensiones debe tener en cuenta las marcas realizadas en la etapa A, adicionalmente se medirá el diámetro en la sección reducida de la parte superior final de la probeta, así como de la parte inferior final y el  $D_2$  será el promedio entre estas medidas.

7. Repetir el procedimiento para la siguiente probeta.

### **CUESTIONARIO**

- Elaborar y comparar las curvas esfuerzo-deformación ingenieril para cada una de las probetas estudiadas.
- Ocupando diferentes puntos de la gráfica esfuerzo-deformación ingenieril obtenida, calcule:
  - Módulo de Young.
  - Límite elástico con el 0,2% de deformación.
  - Resistencia a la tracción.
  - Porcentaje de reducción de área.
  - Porcentaje de elongación.
- Comparar la fractura generada entre los materiales y explicar por qué se formó la fractura en esa zona y con esa morfología.

- Determinar posibles aplicaciones de los diferentes materiales trabajados según las curvas esfuerzo- deformación obtenidas, el estudiante debe justificar con sus propias palabras, apoyado por la bibliografía consultada su respuesta.
- ¿Qué normas rigen este ensayo y bajo qué condiciones son aplicadas? (diferentes a la mencionada en este documento).

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- D. R. ASKELAND, P. P. PHULÉ, Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, cuarta edición, Ed. Thomson, 2010.
- N.E.DOWLING, Mechanical behavior of materials. Engineering methods for deformation, fracture, and fatigue, cuarta edición, Ed. Pearson, 2013.
- W. D.CALLISTER. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Primera edición, Ed. Reverté, 2000-2001.
- R.C. Hibbeler, Mechanics of Materials, 9ª ed. 2014.
- ASTM International. (2016). ASTM E8/E8M-16a Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. Obtenido de: [https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0008\\_E0008M-16A](https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0008_E0008M-16A)
- ASTM International. (2017). ASTM A370-17 Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. Obtenido de: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/A0370-17>

## **ANEXO D. PRÁCTICA #6 ENSAYO DE COMPRESIÓN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
LABORATORIO DE METALURGIA MECÁNICA**

### **PRÁCTICA #6 ENSAYO DE COMPRESIÓN**

#### **INTRODUCCIÓN.**

El ensayo de compresión a nivel industrial es utilizado en materiales que en su vida útil son sometidos a esfuerzos de este tipo, principalmente materiales de construcción. Por lo cual este ensayo es de gran importancia no solo para la ingeniería de los materiales sino también en la ingeniería civil y afines. De igual forma este ensayo es muy aplicado a materiales que bajo esfuerzos de tensión difiere su comportamiento al someterlos a esfuerzos de compresión (dowling, 2013).

#### **OBJETIVOS.**

- Estudiar el comportamiento de los algunos materiales al ser sometidos a cargas axiales de compresión.
- Elaborar la curva esfuerzo - deformación para los materiales a trabajar.
- Determinar las propiedades mecánicas que pueden ser obtenidas mediante un ensayo de compresión.

#### **MARCO TEÓRICO.**

El marco teórico de este ensayo debe contener una descripción de los temas a trabajar en la práctica. Los contenidos que se incluirán son:

- Ensayo de compresión.
- Importancia de la geometría y morfología de la probeta para un ensayo de compresión.
- ¿Qué materiales son estudiados por este modo?

### **MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Máquina universal de ensayos SHIMADZU AG-X Plus 250KN.
- Calibrador (pie de rey).
- Probeta de aluminio o madera (balso).
- Marcador para metales.

### **ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL OBLIGATORIOS EN EL LABORATORIO.**

- Gafas protectoras
- Bata manga larga
- Pantalón jeans sin desgaste
- Zapato cerrado.

**Nota:** todo el personal que ingrese al laboratorio antes, durante y al finalizar el ensayo deberán cumplir con todos los elementos de seguridad mencionados, para cualquier manipulación o interacción con las masas de la máquina universal de ensayos el personal encargado de esto deberá llevar guantes que eviten el contacto directo de las manos con las partes del equipo.

### **PROCEDIMIENTO**

Para la correcta ejecución de este ensayo se deben seguir los siguientes pasos los cuales estarán divididos en 3 etapas:

Antes de iniciar el ensayo verifique el estado de la máquina (suministro de energía).

- Etapa A: Medición inicial de la probeta
- Etapa B: Programación y preparación de la máquina universal de ensayos. Montaje de la probeta y puesta en marcha del ensayo.
- Etapa C: Desmontaje de la probeta y medición final de la probeta.

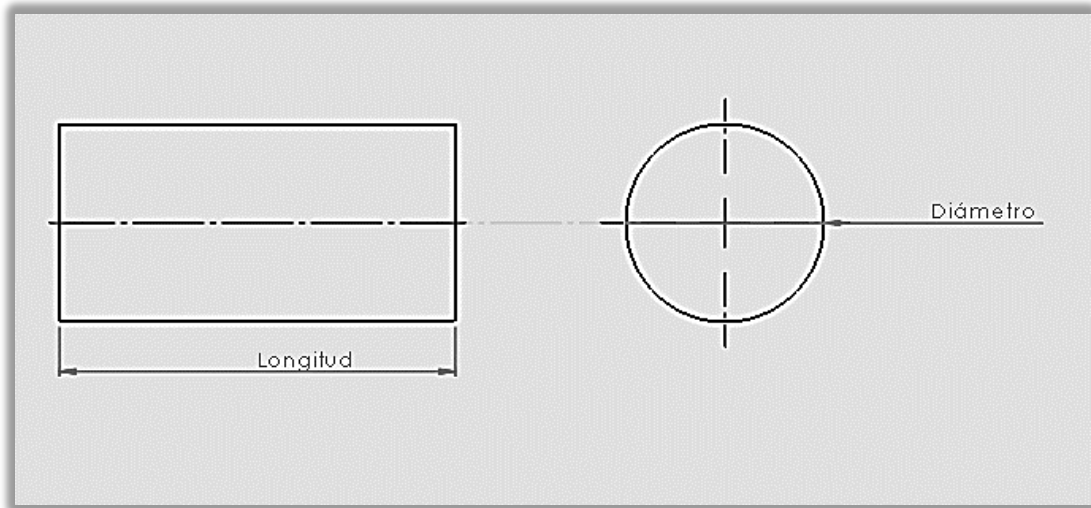
**ETAPA A:**

3. Realizar la medición y registro de las dimensiones iniciales D y L, como se observa en la imagen 1.

L: Longitud o altura de la probeta.

D: Diámetro de estudio.

**Imagen 1.**



**Nota:** debe realizar como mínimo 3 mediciones de las dimensiones anteriores y tomar un promedio de las medidas realizadas, en el caso del diámetro las tres medidas corresponden a la parte superior, inferior y central de la probeta.

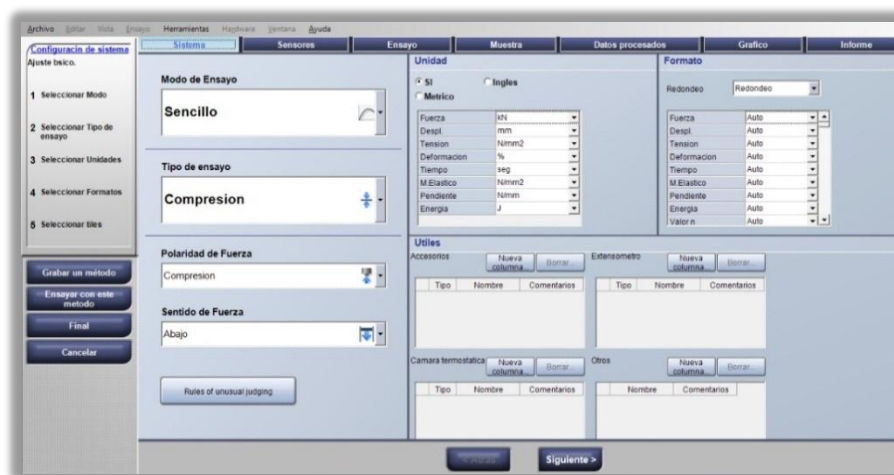
3.1. Comprobar que la relación L/D se encuentre entre 1.5 y 2.0.

## Etapa B:

- 1 Encender la máquina.
- 2 Iniciar el software TRAPEZIUM X Versión 14.
- 3 Dar clic en ensayo.

## 4 Configuración del sistema (imagen 2):

Imagen 2.



- 6.1. Modo de ensayo: no aplica.
- 6.2. Tipo de ensayo: seleccionar compresión.
- 6.3. Unidad: seleccionar el sistema de unidades a trabajar.
- 6.4. Dar clic en siguiente.

## 7. Configuración de sensores (imagen 3):

Imagen 3.

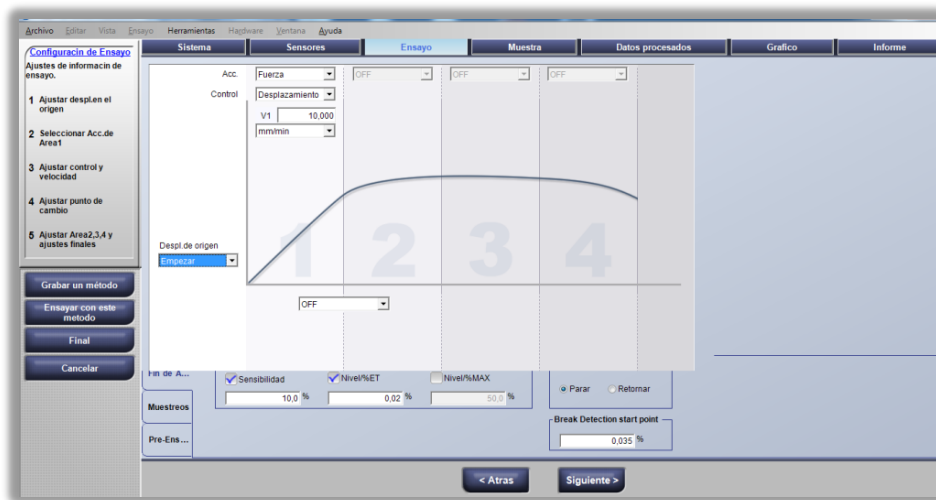


7.1. Seleccionar el límite de carga máximo a trabajar (según el material ensayado).

8. Dar clic en siguiente.

9. **Configuración de ensayo (imagen 4):**

Imagen 4.



20.1. Ajustar velocidad (V1) entre 6 y 10 mm/min (según criterio del docente).

20.2. Dar clic en siguiente.

## 21. Realizar el montaje de la probeta:

- 6.1. Ajustar los apoyos según la probeta a estudiar (seguir indicaciones del docente).
- 6.2. Ubicar la probeta en los apoyos inferiores, de tal forma que la probeta se encuentre ubicada en el centro de los apoyos inferiores y la longitud de la probeta se encuentre perpendicular al apoyo inferior.
- 6.3. Colocar el mando en modo manual, posteriormente oprimir el botón (Down) o (Up) para bajar o subir el soporte superior de modo que logre el adecuado posicionamiento en la probeta.

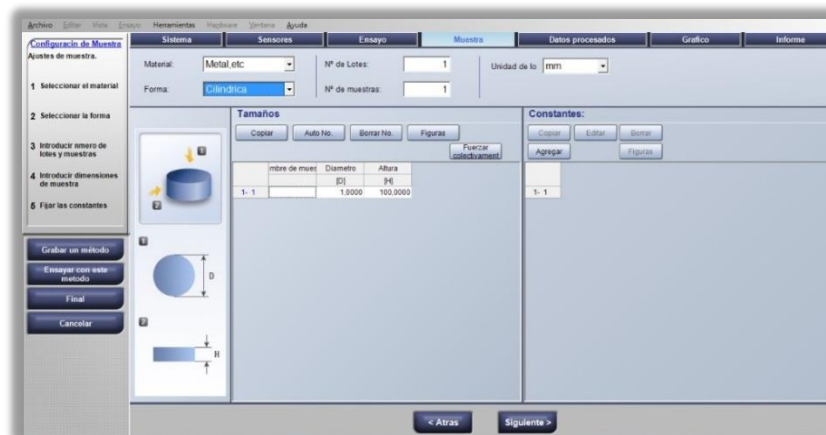
**Nota:** tenga en cuenta que durante esta etapa el soporte superior se debe encontrar completamente centrado y tocando levemente la probeta (no debe quedar ninguna separación entre el soporte superior y la probeta). No se exceda en la operación de este paso.

- 6.4. Colocar el mando nuevamente en modo automático.

## 6.5. Volver al software.

## 22. Configuración de la muestra (imagen 5):

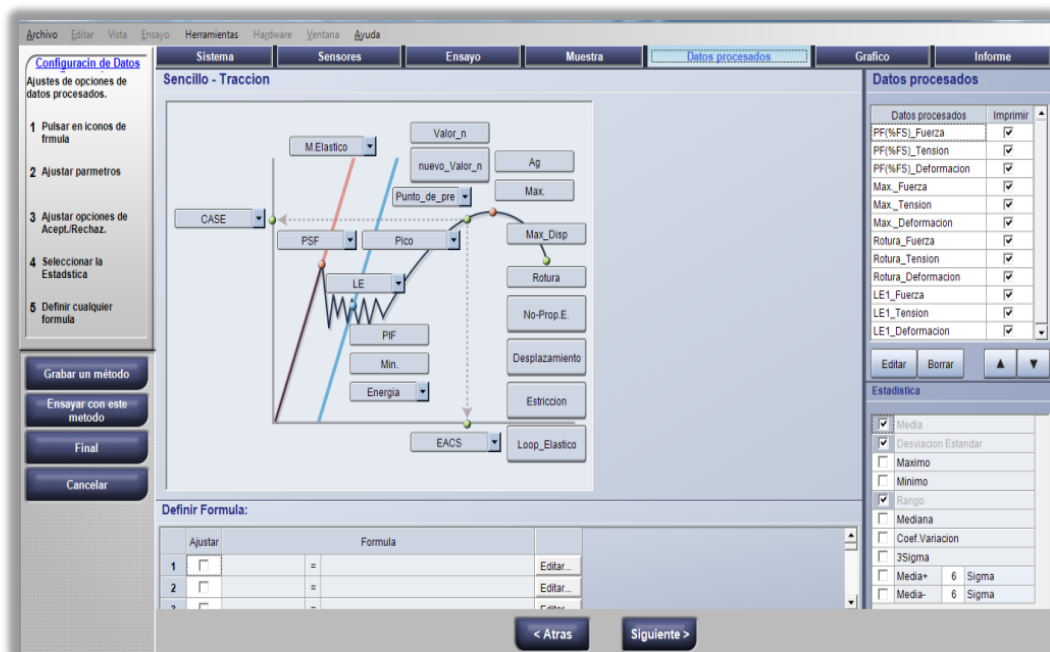
### Imagen 5.



- 22.1. Seleccionar tipo de material (plástico, metal, goma, según sea el caso)
- 22.2. Seleccionar forma (plana, cilíndrica, tubo, área según sea caso).
- 22.3. Ajustar dimensiones.
- 22.4. Dar clic en siguiente.

**23. Configuración de datos procesados (imagen 6):**

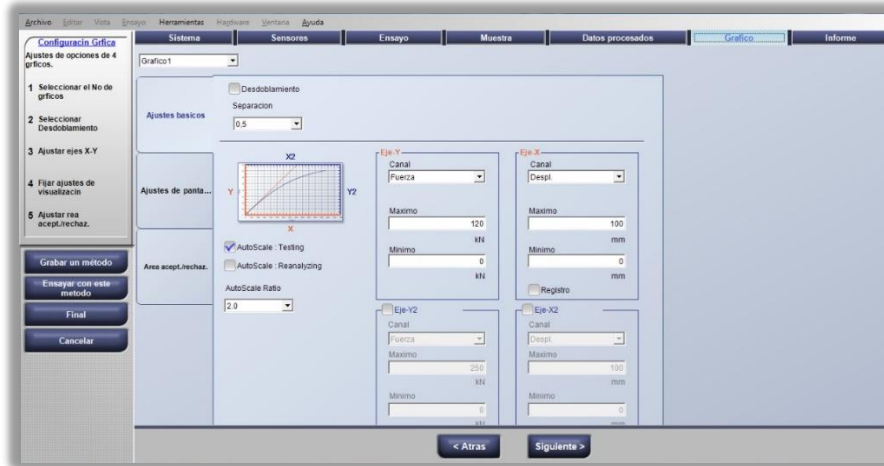
**Imagen 6**



- 23.1. Seleccionar los datos que desea que el software calcule para la gráfica.
- 23.2. Dar clic en siguiente.

**24. Configuración de gráfico (imagen 7):**

Imagen 7.



24.1. Ajustar el máximo límite de fuerza con el seleccionado en el punto 5.1.

24.2. Dar clic en siguiente.

## 25. Configuración del informe:

25.1. Dar doble clic en los incisos que desea alterar del informe (título, fecha, nombre del proyecto, etc.).

25.2. Dar clic en grabar ensayo, y guardar el archivo en la carpeta deseada.

25.3. Calibrar y poner a cero la máquina.

25.4. iniciar el ensayo.

**Precaución:** Verificar que el mando de la máquina no se encuentre en operación manual.

## Etapa C:

1. Colocar el mando del equipo en manual y subir el soporte superior.

2. Retirar la probeta de los soportes.

3. Realizar la medición y registro de las dimensiones finales  $D_2$  y  $L_2$ .

**Nota:** se debe realizar como mínimo 3 mediciones de las dimensiones anteriores y tomar un promedio de las medidas realizadas. Adicionalmente el diámetro final deberá ser tomado en el centro de la altura de la probeta.

**Preguntas:**

- Realice una comparación entre la curva esfuerzo-deformación en un ensayo de compresión y la obtenida por un ensayo de tracción.
- Elaborar la gráfica esfuerzo-deformación.
- Ocupando los resultados obtenidos durante el ensayo de compresión, calcule:
  - Coeficiente de poisson.
  - Esfuerzo máximo.
  - Módulo de elasticidad.
  - Porcentaje de abarrilamiento.
- ¿Qué normas rigen este ensayo y bajo qué condiciones? (diferentes a la mencionada en este documento, mínimo 3).

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- N.E.DOWLING, Mechanical behavior of materials. Engineering methods for deformation, fracture, and fatigue, cuarta edición, Ed. Pearson, 2013.
- W. D.CALLISTER. Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Primera edición, Ed. Reverté, 2000-2001.
- R.C. Hibbeler, Mechanics of Materials, 9ª ed. 2014.
- ASTM International. (2017). ASTM A370-17 Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. Obtenido de: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/A0370-17>
- ASTM International. (2009). ASTM E9-09 Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature. Obtenido de : <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0009-09>

- ASTM International. (2013). ASTM D4761-13 Standard Test Methods for Mechanical Properties of Lumber and Wood-Base Structural Material. Obtenido de : <https://www.astm.org/Standards/D4761.htm>

## **ANEXO E. PRÁCTICA #7. ENSAYO DE FLEXIÓN.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
LABORATORIO DE METALURGIA MECÁNICA**

### **PRÁCTICA #7. ENSAYO DE FLEXIÓN.**

#### **INTRODUCCIÓN.**

A nivel industrial es muy común encontrarse con materiales cuya fragilidad es significativamente alta. Además, estos materiales presentan imperfecciones superficiales, las cuales en un ensayo de tracción se convierten en concentradores de esfuerzo, e incluso dificultan el montaje en las mordazas, implicando así, que la realización de un ensayo de tensión sea de gran dificultad (Askeland, 2010). Por lo anterior es necesario implementar en estos materiales otro tipo de ensayo, que permita determinar las propiedades mecánicas deseadas. Debido a lo anterior es utilizado el ensayo de flexión ya que me permite calcular las propiedades requeridas. Así mismo es de gran importancia para el estudio de materiales o piezas que están sometidas a cargas flectoras como, por ejemplo: vigas, cerchas, palancas, etc.

#### **OBJETIVOS.**

- Estudiar el comportamiento de los materiales metálicos al estar sometidos a esfuerzos de flexión.
- Reconocer y determinar las distintas propiedades mecánicas que se pueden obtener mediante un ensayo de flexión.

- Familiarizar al estudiante con definiciones básicas tales como: Momento flector, deflexión, diagrama de fuerza aplicada versus deflexión, esfuerzo por flexión.

### **MARCO TEÓRICO.**

El marco teórico de este ensayo debe contener una descripción de los temas a trabajar en la práctica. Los temas que deben ser incluidos son:

- Ensayos de flexión.
- Tipos de aplicación de cargas para un ensayo de flexión.
- Propiedades mecánicas que pueden ser determinadas mediante este método.
- Diagrama de fuerza aplicada versus deflexión.
- Norma ASTM E290.

### **MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Máquina universal de ensayos SHIMADZU AG-X Plus 250KN (con los elementos necesarios para la correcta implementación del ensayo).
- Calibrador (pie de rey).
- Pletinas de acero bajo carbono y aluminio de 21cm de largo (el espesor y ancho de la pletina están sujetos a la disponibilidad del laboratorio).
- Escuadra de 45°.
- Transportador.
- Flexómetro.
- Hojas block blancas sin rayas.
- 1 Marcador para metales.

### **Elementos de protección personal obligatorios en el laboratorio.**

- Gafas protectoras
- Bata manga larga
- Pantalón jeans sin desgaste
- Zapato cerrado.

**Nota:** todo el personal que ingrese al laboratorio antes, durante y al finalizar el ensayo deberán cumplir con todos los elementos de seguridad mencionados. Para cualquier manipulación o interacción con los soportes para el ensayo, el personal encargado de esto deberá llevar guantes que eviten el contacto directo de las manos con las partes del equipo.

**Procedimiento:**

Para la correcta ejecución de este ensayo se deben seguir los siguientes pasos los cuales estarán divididos en 3 etapas:

**NOTA:** Antes de iniciar el ensayo verifique el estado de la máquina (suministro de energía).

- Etapa A: Medición inicial de la probeta.
- Etapa B: Programación y preparación de la máquina universal de ensayos. Montaje de la probeta y puesta en marcha del ensayo.
- Etapa C: Desmontaje de la probeta y medición final de la probeta.

**Etapas A:**

4. Realizar la medición y registro de las dimensiones iniciales Ancho, longitud (largo) y espesor de la pletina, como se observa en la imagen 1.

**Imagen 1.**



5. Calcular C1 y C2 las cuales corresponden a la separación mínima y máxima de los soportes inferiores, para esto tenga en cuenta la siguiente ecuación:

$$C = 2r + 3t \pm t/2.$$

r: radio del soporte superior, o aplicador de carga.

t: espesor de la pletina.

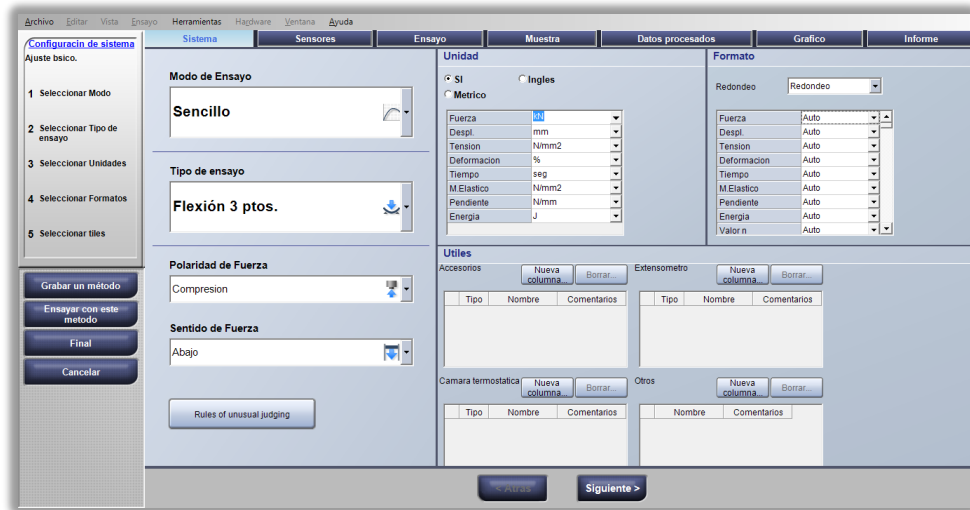
6. Tomar la longitud total de la pletina dividir en dos y marcar esta medida en la pletina.

#### **Etapas B:**

- 5 Encender la máquina.
- 6 Iniciar el software TRAPEZIUM X Versión 14.
- 7 Dar clic en ensayo.

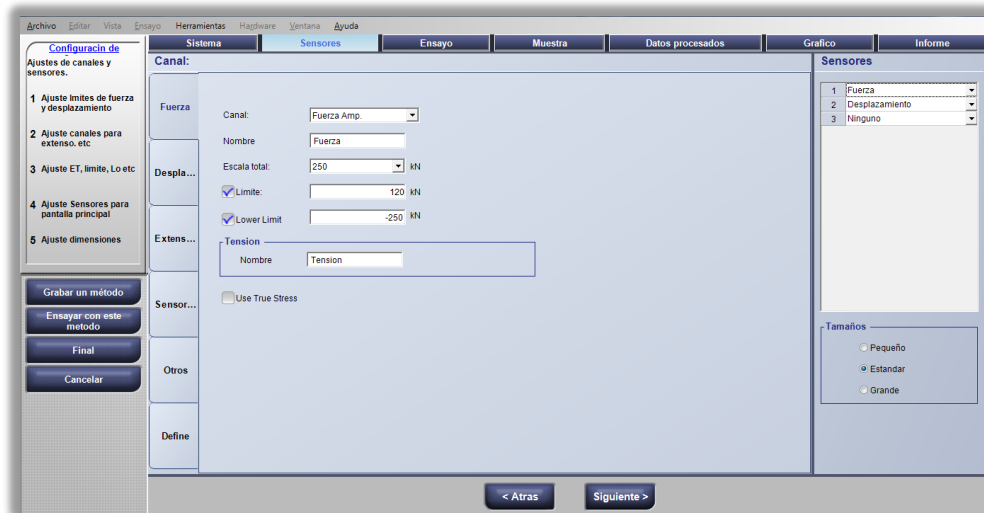
#### **8 Configuración del sistema (imagen 2):**

**Imagen 2.**



- 7.1. Modo de ensayo: no aplica.
- 7.2. Tipo de ensayo: seleccionar flexión a 3 puntos.
- 7.3. Unidad: seleccionar el sistema de unidades a trabajar.
- 7.4. Dar clic en siguiente.

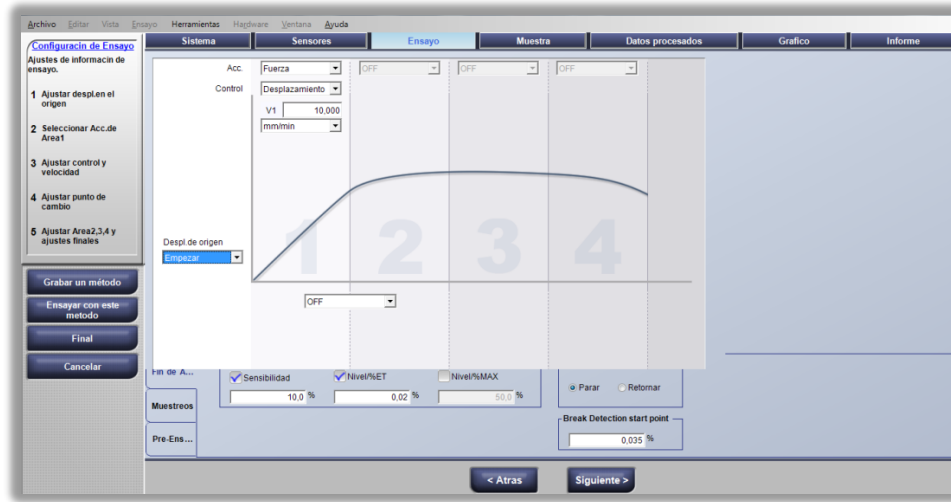
## 8. Configuración de sensores (imagen 3): Imagen 3.



- 9.1. Seleccionar el límite de carga máximo a trabajar (según el material ensayado).
- 9.2. Dar clic en siguiente

## 10. Configuración de ensayo (imagen 4):

## Imagen 4.



25.5. Ajustar velocidad (V1) entre 6 y 10 mm/min (según criterio del docente).

25.6. Dar clic en siguiente.

## 26. Realizar el montaje de la probeta:

26.1. Ajustar los apoyos según la probeta a estudiar (seguir indicaciones del docente).

26.2. Ubicar la probeta en los apoyos inferiores, de tal forma que el soporte superior este ubicado en la longitud media de la probeta, marcada en el inciso 3 de la etapa A.

26.3. Colocar el mando en modo manual, posteriormente oprimir el botón (Down) o (Up) para bajar o subir el soporte superior de modo que logre el adecuado posicionamiento en la probeta.

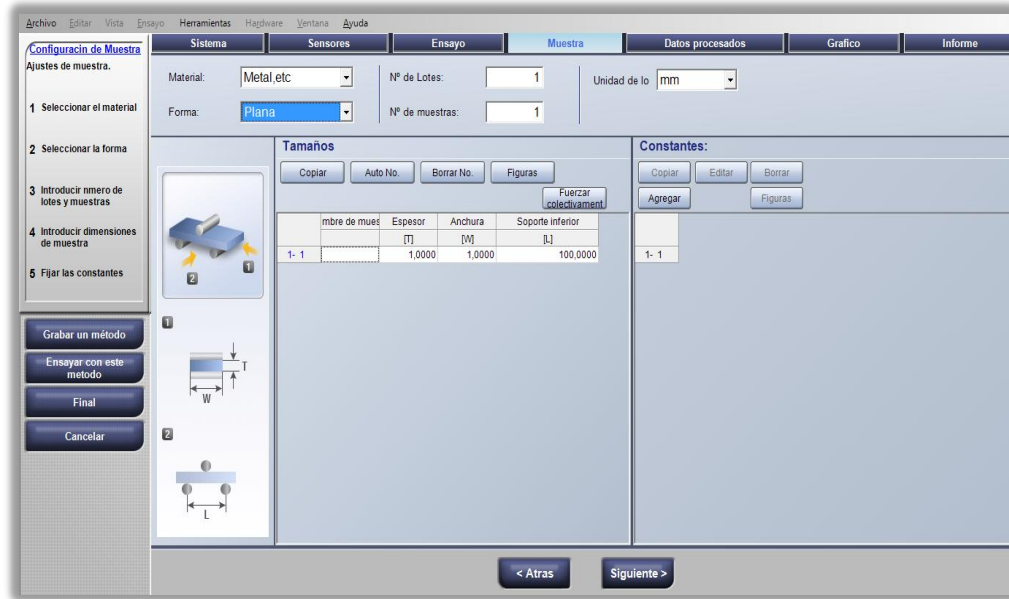
**Nota:** tenga en cuenta que durante esta etapa el soporte superior se debe encontrar completamente centrado y tocando levemente la probeta (no debe quedar ninguna separación entre el soporte superior y la probeta). No se exceda en la operación de este paso.

26.4. Colocar el mando nuevamente en modo automático.

## 26.5. Volver al software.

## 27. Configuración de la muestra (imagen 5):

### Imagen 5.



27.1. Seleccionar tipo de material (plástico, metal, goma, para este caso seleccionar metal)

27.2. Seleccionar forma (plana, cilíndrica, tubo 1 o 2, flexión por un punto, para este caso plana).

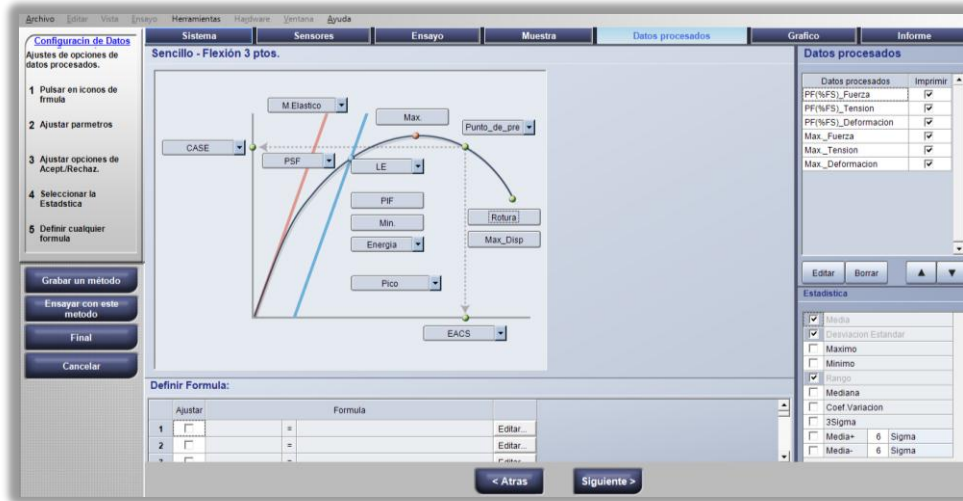
27.3. Ajustar dimensiones.

27.4. Dar clic en siguiente.

## 28. Configuración de datos procesados (imagen 6):

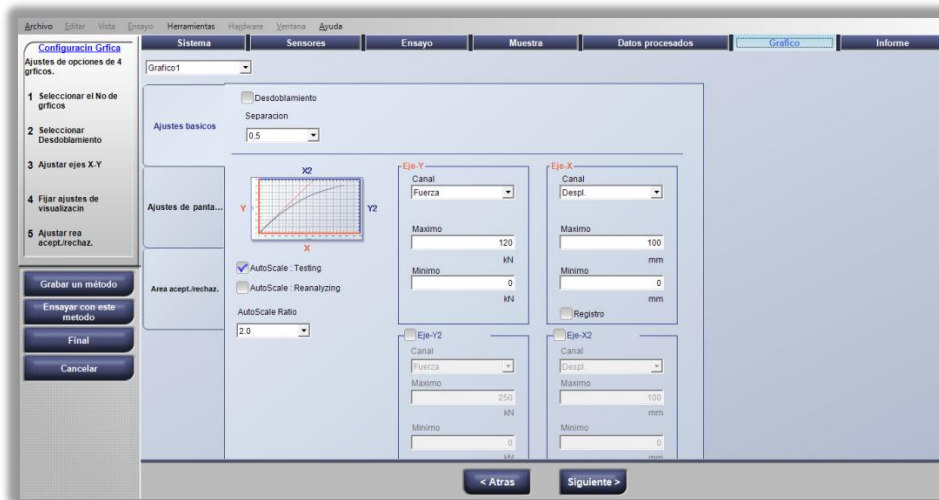
28.1. Seleccionar los datos que desea que el software calcule para la gráfica.

### Imagen 6.



28.2. Dar clic en siguiente.

**29. Configuración de gráfico (imagen 7):  
Imagen 7.**



29.1. Ajustar el límite máximo de fuerza, seleccionado en el punto 5.1.

29.2. Dar clic en siguiente.

**30. Configuración del informe:**

- 30.1. Dar doble clic en los incisos que desea alterar del informe (título, fecha, nombre del proyecto, etc.).
- 30.2. Dar clic en grabar ensayo, y guardar el archivo en la carpeta deseada.
31. Calibrar y poner a cero la máquina.
32. iniciar el ensayo.

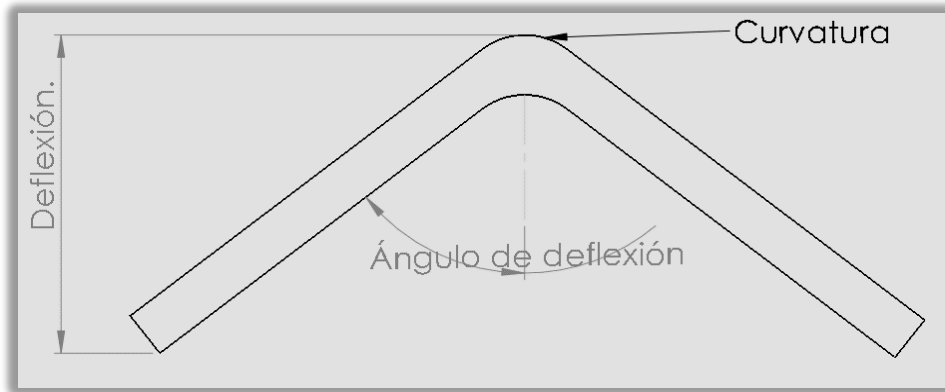
**Precaución:** Verificar que el mando de la máquina no se encuentre en operación manual.

**Etapas C:**

8. Al finalizar el ensayo, colocar el mando en modo manual y subir el soporte superior.
9. Retirar la probeta.
10. Plasmar en una hoja de papel blanco la deflexión generada, como se muestra en la imagen 8.
11. Realizar la medición y registro de:
  - a. Curvatura.
  - b. Deflexión.
  - c. Angulo de deflexión.
  - d. Carga máxima aplicada.

**Nota:** para la medición de la curvatura, deflexión y ángulo de deflexión tenga en cuenta la imagen 8.

**Imagen 8**



### **Resultados**

- Que normas rigen este ensayo y bajo qué condiciones.
- Elabore la gráfica esfuerzo-deformación y calcule el módulo de elasticidad.
- Mediante los datos obtenidos en el laboratorio determine o calcule:
  - Esfuerzo máximo.
  - Momento de inercia.
  - Deflexión.
- Explique brevemente las características y propiedades observadas y determinadas para los materiales estudiados, así como su importancia ingenieril.
- ¿Por qué es importante realizar este ensayo y a cuáles materiales se puede aplicar?

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

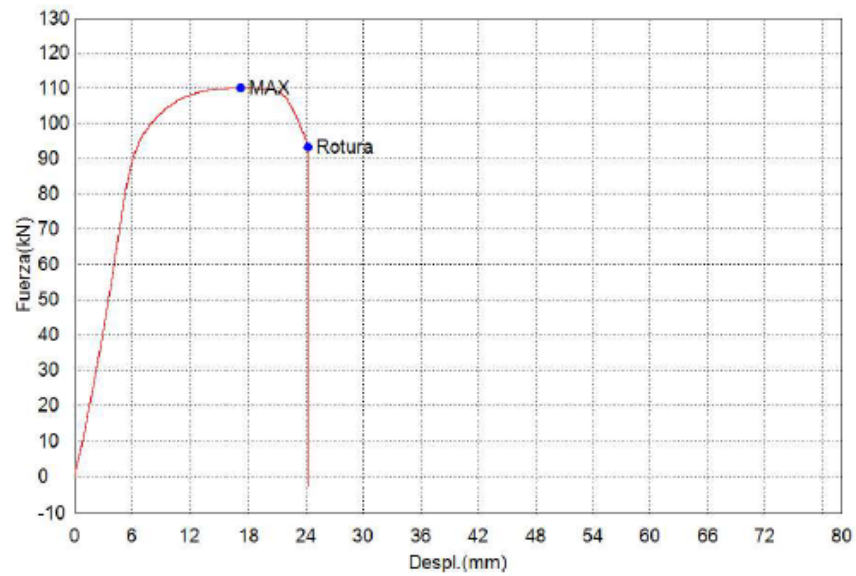
- ASTM International. (2014). ASTM E290-14 Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility. Obtenido de: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/E0290-14>
- ASTM International. (2017). ASTM A370-17 Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. Obtenido de: <https://ezproxy.uis.edu.co:2979/10.1520/A0370-17>
- D. R. ASKELAND, P. P. PHULÉ, Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, cuarta edición, Ed. Thomson, 2010.
- N.E.DOWLING, Mechanical behavior of materials. Engineering methods for deformation, fracture, and fatigue, cuarta edición, Ed. Pearson, 2013.
- R.C. Hibbeler, Mechanics of Materials, 9ª ed. 2014.

## ANEXO F. INFORME 1, PROBETA ACERO LISO AISI SAE 1045, ENSAYO TRACCIÓN.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	k3 1045 1.xtak	Nombre de metodo de ensayo	k3 1045 1.xmak
Fecha de informe	12/10/2017	Fecha de ensayo	12/10/2017
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	10mm/min	Forma	Cilindrica
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre Parametros	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max_Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
1 _ 1	110,046	861,915	17,1151	10,0088
Media	110,046	861,915	17,1151	10,0088
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Nombre Parametros	Rotura_Fuerza Sensibilidad 10 kN	Rotura_Tension Sensibilidad 10 N/mm2	Rotura_Desplazamiento Sensibilidad 10 mm	Rotura_Deformacion Sensibilidad 10 %
1 _ 1	93,3474	731,126	24,1817	14,1413
Media	93,3474	731,126	24,1817	14,1413
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

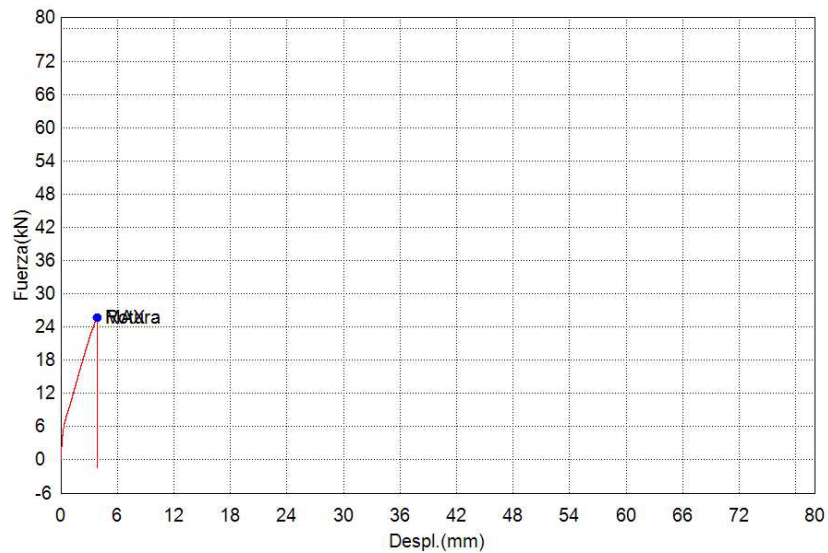


## ANEXO G. INFORME 2, PROBETA ALUMINIO-SILICIO, ENSAYO TRACCIÓN.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo		Nombre de metodo de ensayo	Al Si Camilo.xmak
Fecha de informe	30/11/2017	Fecha de ensayo	30/11/2017
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	6mm/min	Forma	Cilindrica
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre Parametros	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas Unidad kN	Max._Tension Calc. at Entire Areas Unidad N/mm2	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas Unidad mm	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas Unidad %
1_1	25,6933	127,788	3,83360	3,54307
Media	25,6933	127,788	3,83360	3,54307
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

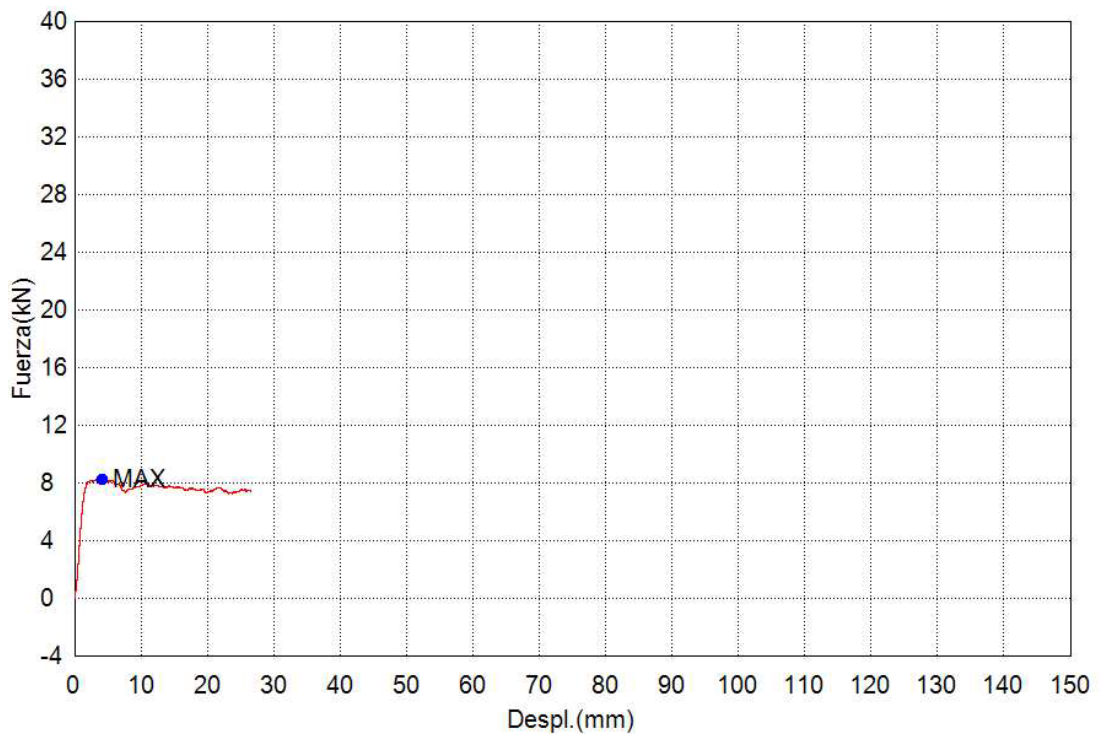
Nombre Parametros	Rotura_Fuerza Sensibilidad 10 Unidad kN	Rotura_Tension Sensibilidad 10 Unidad N/mm2	Rotura_Desplazamiento Sensibilidad 10 Unidad mm	Rotura_Deformacion Sensibilidad 10 Unidad %
1_1	25,6919	127,781	3,83460	3,54400
Media	25,6919	127,781	3,83460	3,54400
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



ANEXO H. INFORME 3, PROBETA BALSO, ENSAYO COMPRESIÓN.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo		Nombre de metodo de ensayo	Balso rectangular k2.xmak
Fecha de informe	01/12/2016	Fecha de ensayo	01/12/2016
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

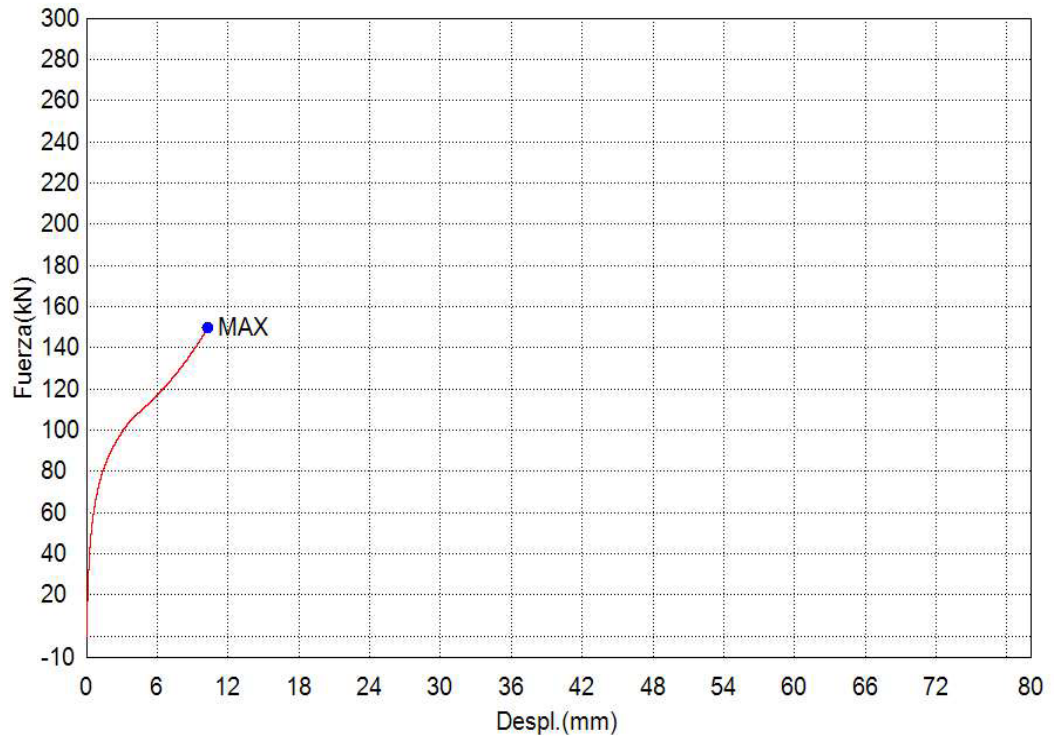
Nombre Parametros	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas Unidad kN	Max_Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max_Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %
1_1	8,23506	9,10751	4,08218	5,26257
Media	8,23506	9,10751	4,08218	5,26257
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



## ANEXO I. INFORME 4, PROBETA ACERO MEDIO CARBONO, ENSAYO COMPRESIÓN.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo		Nombre de metodo de ensayo	compresion acero k2.xmak
Fecha de informe	01/12/2016	Fecha de ensayo	01/12/2016
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre Parametros Unidad	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max_Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %
1_1	150,020	1160,40	10,3275	41,7105
Media	150,020	1160,40	10,3275	41,7105
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



## ANEXO J. INFORME 5, PROBETA ALUMINIO-SILICIO, ENSAYO COMPRESIÓN.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo		Nombre de metodo de ensayo	compresion aluminio k2.xmak
Fecha de informe	01/12/2016	Fecha de ensayo	01/12/2016
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	5mm/min	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre Parametros	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas Unidad kN	Max._Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
1_1	200,035	393,842	5,91926	19,5549
Media	200,035	393,842	5,91926	19,5549
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

