

Desarrollo de prácticas de fabricación en CNC y pruebas de tensión en probetas de acero, aluminio y cobre en Máquina Universal

RESUMEN: Este trabajo consiste en la fabricación de probetas para someterlas a ensayo de tensión de acuerdo a las normas DIN en ISO 6892-1 [1] y ASTM E8 [2].

Una probeta es una muestra de un producto industrial o manufacturado, que se saca de un lote para ser sometida a pruebas mecánicas, análisis químicos u otros ensayos [3]. Se denomina prueba de tensión al ensayo que permite conocer las características de un material cuando se somete a esfuerzos de tracción [4]. El objetivo es determinar la resistencia a la rotura y las principales propiedades mecánicas del material vs normatividad.

La práctica inicio con el diseño de las probetas de acero, aluminio y cobre, de acuerdo a la normatividad antes mencionada, continuando con la programación y mecanizado en el CNC, una vez fabricadas las probetas se procedió a realizar el ensayo de tensión en cada una de las diferentes probetas, finalmente, se realizó una comparación entre la teoría y la práctica.

Los resultados obtenidos en la prueba de tensión demostraron a los estudiantes que los datos teóricos no difieren de los datos que proporcionan las normas DIN, ISO y ADTM; se refuerza que los estudios realizados con anterioridad sobre estos materiales son acordes a la normatividad vigente.

El TecNM demuestra con este estudio que tienen la capacidad de brindar servicios de diseño, maquinado y pruebas de tensión a la industria Metal – Mecánica, ya que los resultados obtenidos en esta práctica están conforme a normatividad vigente.

PALABRAS CLAVE:

Probeta, CNC, Normatividad, Comparación, Fabricación, Mecanizado, Tensión.



Colaboración

Carlos Alberto González Jiménez; María de los Ángeles Balderas Cid; Raúl Eusebio Grande, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

Fecha de recepción: 13 de junio de 2024

Fecha de aceptación: 04 de marzo de 2025

ABSTRACT: This work consists of the fabrication of test specimens to be subjected to tensile testing according to the DIN standards in ISO 6892-1 [1] and ASTM E8 [2].

A test specimen is a sample of an industrial or manufactured product, taken from a batch to be subjected to mechanical tests, chemical analysis, or other trials [3]. It is called a tensile test to the test that allows knowing the characteristics of a material when subjected to tensile stresses [4]. The objective is to determine the breakage resistance and the main mechanical properties of the material versus standards.

The practice began with the design of steel, aluminum, and copper specimens, according to the aforementioned regulations, followed by programming and machining on the CNC. Once the specimens were manufactured, tensile testing was conducted on each of the different specimens. Finally, a comparison between theory and practice was made.

The results obtained in the tensile test demonstrated to the students that the theoretical data does not differ from the data provided by the DIN, ISO, and ADTM standards; it reinforces that the studies previously conducted on these materials are in accordance with current regulations.

The TecNM demonstrates with this study that they have the capacity to provide design, machining, and tensile testing services to the Metal-Mechanical industry, as the results obtained in this practice comply with current regulations.

KEYWORDS:

Probe, CNC, Standards, Comparison, Fabrication, Machining, Tension.

INTRODUCCIÓN

Todos los seres humanos aprenden de diferente forma, a algunos estudiantes les basta con solo leer, otros ven vídeos, pero existen algunos que prefieren llevar a cabo experimentos para corroborar información y generar aprendizaje significativo. Al abordar el tema de tensión, la propuesta del docente fue diseñar probetas de acero, aluminio y cobre, maquinas en máquina CNC – fresadora, para someterlas a pruebas destructivas de tensión en la Máquina Universal y comparar los resultados con la normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8.

La selección del material fue en base al uso que tienen en la industria metal mecánica y su disponibilidad en el mercado del estado de Puebla, México; de acuerdo al sitio Alsimet [5] (2022), los metales más utilizados son: acero, hierro, aluminio, cobre y titanio.

El acero es una aleación de hierro y carbono, donde el carbono generalmente no supera el 2% en peso. Esta combinación de elementos le confiere al acero propiedades mecánicas superiores al hierro puro [6].

McCormac y Csernak [7] en su libro Diseño de estructuras de acero, menciona las ventajas de del acero ver Figura 1.

Alta resistencia	• Alta resistencia por unidad de peso.
Uniformidad	• Las propiedades del acero no cambian con el tiempo.
Elasticidad	• Los momentos de inercia del acero se pueden calcular exactamete.
Durabilidad	• Bajo ciertas condiciones no se requiere de ningún mantenimiento a base de pintura.
Ductilidad	• Soporta grandes deformaciones sin fallar.
Tenacidad	• Los aceros poseen resistencia y ductilidad.

Figura 1. Ventajas del Acero.
Fuente: Elaboración propia.

El aluminio es un metal abundante, constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre [8], solo superado por la sílice; es un material relativamente fácil de fabricar con una alta relación peso/resistencia, que lo hace atractivo para la fabricación de recipientes.

Las características del aluminio se muestran en la Figura 2. [9]

Peso y densidad	• Su densidad es de aproximadamente 2.7 g/cm3, es un metal ligero.
Resistencia a la corrosión	• Cuando se expone al aire, el aluminio forma una capa de óxido de aluminio en su superficie que es extremadamente dura y resistente a la corrosión.
Conductividad térmica y eléctrica	• Es un buen conductor de calor y electricidad, solo superado por el cobre.
Maleabilidad y ductilidad	• Es un metal muy maleable y dúctil, excelente opción pra una amplia gama de aplicaciones.
Atoxicidad	• Tiene poca incidencia negativa en la salud, pero la exposición a altos niveles de aluminio si puede tener efectos perjudiciales para el ser humano.
Reciclabilidad	• 100% reciclable sin perder sus propiedades, requiere solo el 5% de eergia del utilizado en la producción de aluminio primario.

Figura 2. Características del Aluminio.
Fuente: Elaboración propia.

Codelco [10], empresa dedicada a la exploración, desarrollo y explotación de recursos mineros de cobre, en Chile, informa en su página web que el cobre es un elemento químico esencial, un metal de transición rojizo y uno de los metales más utilizados por la humanidad. Su símbolo químico es Cu y su número atómico es 29.

En la Figura 3 se muestran sus principales propiedades. [11]

Conductividad	• Excelente conductor de la electricidad y el calor, solo superado por la plata.
Maleabilidad	• Es muy maleable y dúctil, lo que facilita su transformación.
Resistencia a la corrosión	• Forma una capa de pátina (carbonato de cobre) en su superficie que lo protege de la corrosión
Antibacteriano	• Tiene propiedades antibacterianas naturales.
Reciclable	• Es 100% reciclable sin perder sus propiedades, lo que lo convierte en un material sostenible.

Figura 3. Características del Cobre.
Fuente: Elaboración propia.

Problema de investigación

Demostrar a los estudiantes de Ingeniería Industrial mediante la experimentación -diseño, maquinado, pruebas de tensión destructiva- que las propiedades de resistencia de las probetas elaboradas de acero, aluminio y cobre son acordes a las normas DIN en ISO 6892-1 [1] y ASTM E8.

MATERIAL Y MÉTODOS

El desarrollo de este proyecto se realizó en el Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, en el estado de Puebla. De acuerdo al INEGI [12], en el año 2022, la industria manufacturera represento un 11% del VAB del estado. Estas empresas están relacionadas con la industria automotriz, qué en sus procesos, utilizan principalmente acero, aluminio y cobre.

Los materiales utilizados para este trabajo fueron adquiridos en la ciudad de Puebla, en la sucursal de Materiales Torrecillas.

El material fue usado para la fabricación de cinco muestras de acero comercial, cinco de aluminio y cinco de cobre. A continuación, se muestran los pasos que se siguieron en la metodología realizada:

Diseñar probeta en software CAD

Como primer paso, se realizó el diseño de la probeta de acuerdo con la norma ISO 6892-1 [8], como se muestra en la Figura. 4.

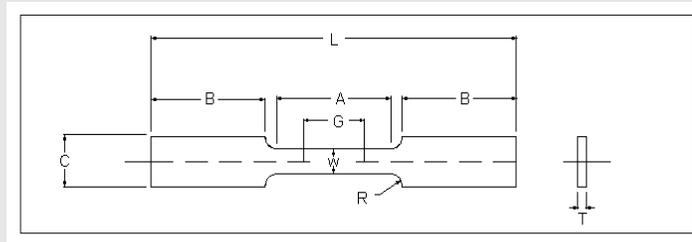


Figura 4. Diseño de la Probeta.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Dimensiones de probeta a ensayar.

Dimensiones	
G - Logitud calculada	2in o 50.8mm
W - Anchura	½ in o 12.7mm
T - Espesor	3/6 o 4.76mm
R - Radio del filete	¼ o 6.35mm
L - Longitud total	8 0 203.2mm
A - Longitud de la sección reducida	2 ½ in o 63.5mm
B - Longitud de fijación	2 ½ in o 63.5mm
C - Anchura de fijación	1in o 25.4mm

Fuente: Elaboración propia.

Generar códigos G y M mediante Software CAM

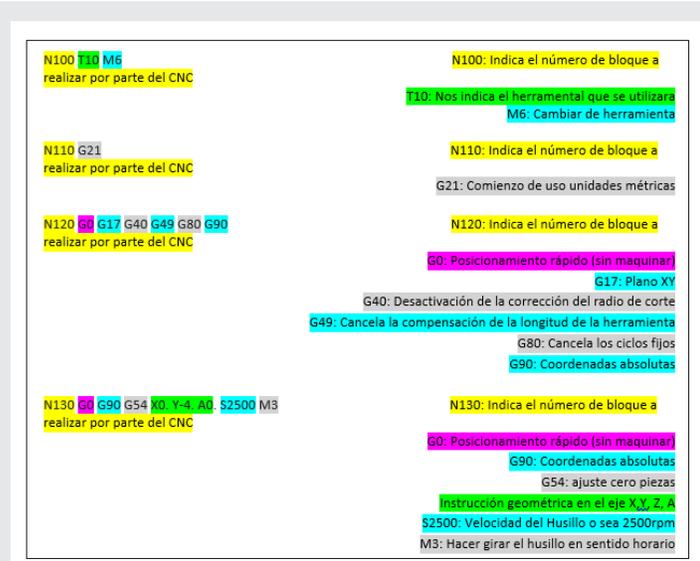


Figura 5. Extracto de código G y M.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5, se muestra solo una parte o extracto de los códigos utilizados en Software CIMCO, debido a que la codificación abarca siete hojas, para la fabricación de las diferentes probetas en CNC.

Fabricar probetas según las normas DIN EN ISO 6892-1 y ASTM E8.

Para la fabricación de las probetas se utilizaron tres diferentes materiales los cuales, se mencionan a continuación:

Acero comercial:

Estos presentan aleaciones de hierro y carbono con porcentaje de este último que varía entre el 0.08 % y el 2 % en masa de su composición. El acero al carbono se deriva de la aleación entre hierro y carbono. Al variar el porcentaje de carbono, es posible producir aceros con diferentes cualidades. En general, mientras más alto es el porcentaje de carbón, más tenaz y rígido será el acero. El acero con un contenido medio de carbón es altamente tenaz, motivo por el cual se usa para fabricar puentes o partes estructurales aptas para soportar enormes cargas. Por su parte, el acero con alto contenido de carbón se utiliza para fabricar cables. Cuando el porcentaje de carbón es mayor que el de hierro, se habla de hierro fundido, el cual se trabaja para la fabricación de jarrones y otro tipo de artículos. Aunque este último tipo de acero es bastante duro, también es altamente frágil. El acero con bajo porcentaje de carbón se conoce en el mercado como hierro forjado. Este tipo de acero es fácil de manipular, ya que es altamente plástico.

Aluminio:

Las características mecánicas del aluminio varían considerablemente dependiendo de la aleación que se esté considerando, la resistencia al cizallamiento es un valor importante para tener en cuenta y poder calcular la fuerza necesaria para el corte, así como para determinadas construcciones.

Cobre:

Para mejorar sus propiedades mecánicas de resistencia el cobre puro se suele mezclar con otros elementos, formando aleaciones que mejoran sus prestaciones resistentes, aunque sea a costa de perder algo de su buena conductividad original [13]

A continuación, en la Figura. 6 se presenta un collage de imágenes de la fabricación de las probetas de acuerdo con las dimensiones presentadas en la Tabla 1.



Figura 6. Maquinado de probetas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Probetas maquinadas de los tres materiales, acero, aluminio y cobre.

Fuente: Elaboración propia.

Las probetas fabricadas en máquina universal se someten a ensayo y tensión

En este apartado se realizaron pruebas de ensayo a tres probetas: la primera de acero comercial, la segunda de aluminio y la tercera de cobre [14], tal como se observa en la Figura 8.

A continuación, se muestra en la Figura 8 un collage del cómo se realizó dicha actividad en la máquina universal.



Figura 8. Collage de prueba de tensión en máquina universal.

Fuente: Elaboración propia.

Corroborar resultados obtenidos de Máquina Universal con la teoría

De acuerdo con la normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8 [1], se realizó en el Anexo A el comparativo de los resultados de la Teoría a la práctica, como se muestra a continuación:

RESULTADOS

De acuerdo con el Anexo A, podemos observar que la probeta de acero posee una gran resistencia en comparación con las probetas de aluminio y cobre, de tal forma que la probeta de acero puede tener una mayor tensión sin sufrir deformación, como es el caso de las probetas de aluminio y cobre, es decir, puede tener una buena tensión y poder regresar a su forma original, tal como se visualiza en la Figuras 9, 10 y 11 esfuerzo - deformación.

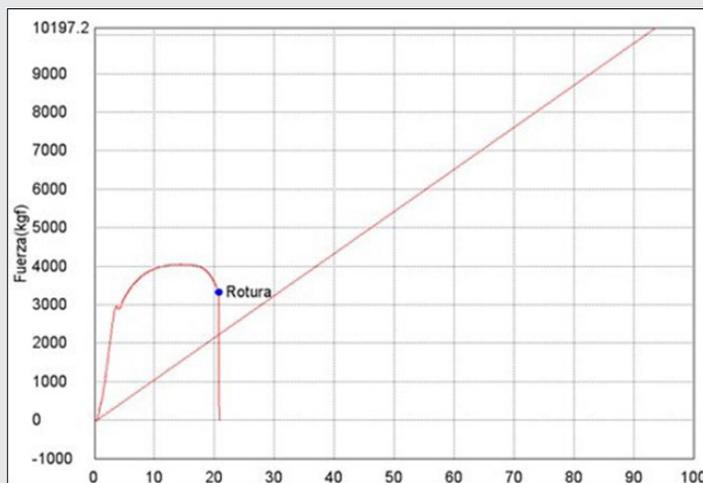


Figura 9. Resultado de la probeta de acero en diagrama de esfuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

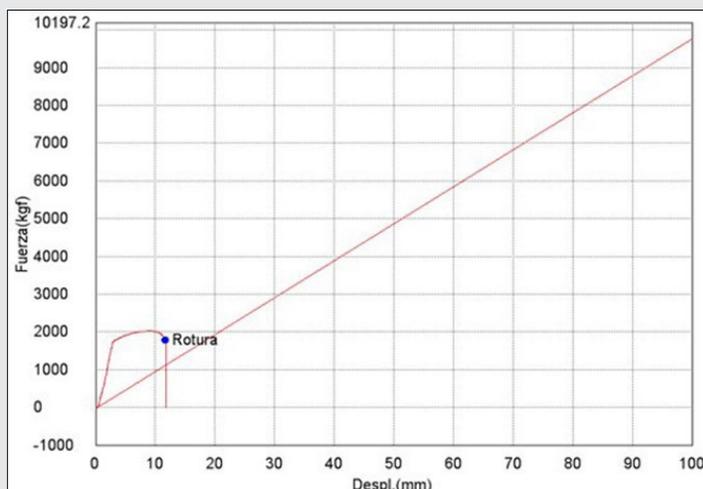


Figura 10. Resultado de la probeta de aluminio en diagrama de esfuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

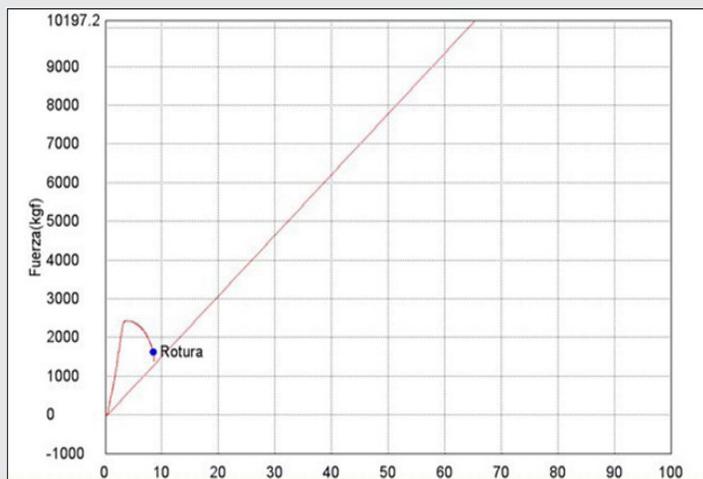


Figura 11. Resultado de la probeta de cobre en diagrama de esfuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que hay probabilidad de que llegue el momento en el que la probeta pierda tensión y pase a la deformación permanente, lo cual, generaría una ruptura, así como lo explica el ensayo de tensión de la norma DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8. [1] [2]

El segundo caso, las probetas de aluminio, (ver Figura 10) tienen un mejor resultado en las pruebas de ensayo de tensión, en comparación con las probetas de cobre, ya que se observa que, al aplicar un poco de tensión, la probeta tiene una ligera deformación al momento de entrar en la zona de endurecimiento, esto nos indica que tiene una mayor deformación en comparación con el acero, lo que indica que este material es más maleable con respecto al material anterior. [13]

Por último, en el ensayo de tensión, las probetas de cobre llegan más rápido a la ruptura, de acuerdo con la tabla 2 y así como con la teoría, se observa que el cobre al igual que el aluminio empiezan a sufrir una ligera deformación en la prueba de tensión, aunque este tiene una resistencia menor en comparación al aluminio, es decir no pasa mucho tiempo en la zona de endurecimiento por deformación lo que ocasiona que su zona de tensión sea mayor. [14]

CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados, se concluye que, no existe gran diferencia entre la teoría y la práctica de este trabajo, esto se debe a que los materiales en ocasiones tienen diferentes porcentajes en la combinación de los elementos que los conforman, como ejemplo podemos mencionar al acero, que entre mayor porcentaje de carbón, mayor será su resultado en la prueba de tensión, es decir, va a tener un mayor esfuerzo a la deformación y a la ruptura.

Es importante mencionar, que estas pruebas tienen un impacto muy importante en la industria de la Metalmeccánica, como por ejemplo, la industria automotriz, ya que estas pruebas se utilizan para determinar la resistencia de la estructura del metal que conforma el auto, tal como es el caso del chasis, en el que realizan pruebas tomando en cuenta las normas DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8.

En lo que respecta a la parte académica, es muy importante que el alumnado tenga conocimientos en el funcionamiento de cada uno de los equipos que se tiene en el ITSA, tales como el CNC y la máquina universal, así como el diseño de piezas, todo esto para poder responder a los requerimientos de las empresas interesadas en que se lleve a cabo dichas pruebas para sus componentes que fabrican en sus diferentes empresas referentes a la Metalmeccánica y sobre todo y más importante tener al alumnado capacitado para cumplir con los objetivos educacionales del TECNIM.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Atlixco por su invaluable apoyo en el desarrollo de nuestras prácticas de probeta CNC y en el uso de la máquina universal.

El acceso a sus instalaciones y recursos técnicos ha sido fundamental para llevar a cabo nuestras investigaciones y proyectos prácticos. La colaboración y disposición del personal del instituto, así como el uso de sus equipos avanzados, han permitido que se adquieran conocimientos y habilidades esenciales en el ámbito de la ingeniería y la tecnología.

Agradecemos especialmente la dedicación y profesionalismo de los profesores y colaboradores que nos han asistido durante estas prácticas. Su experiencia y orientación han sido cruciales para el éxito de nuestras actividades y para el crecimiento académico y profesional.

Esperamos continuar esta fructífera colaboración en el futuro y seguir contando con su valioso apoyo para el desarrollo de proyectos educativos y de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

[1] ISO 6892-1:2019. (s. f.). ISO. <https://www.iso.org/standard/78322.html>

[2] ASTM E8: Norma y probetas Ensayo de tracción en metal. (s. f.). ASTM E8: Norma y Probetas Ensayo de Tracción En Metal. <https://www.zwickroell.com/es/sectores/metales/normas-para-metales/ensayo-de-traccion-en-metales-astm-e8/>

[3] Ruiz, Diego Hernán; Fundamentos y ensayos en materiales metálicos, coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum. - 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2006. ISBN 950-00-0547-6

[4] La Prueba de Tensión. (n.d.). Tecnopol.es. <https://tecnopol.es/actualidad/la-prueba-de-tension>.

[5] Welcome To Zscaler Directory Authentication. (2025). Alsimet.es. <https://alsimet.es/es/noticias/los-5-metales-mas-usados-en-la-construccion>

[6] Acero. (n.d.). Wwww.quimica.es. <https://www.quimica.es/enciclopedia/Acero.html>

[7] McCormac, Jack C. y Csernak, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero. Quinta Edición. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C. V., México; ISBN: 978 607 707 559 2

[8] Tarbuck, E. J. (2005). *Ciencias de la tierra: Una Introducción a la geología Física*. España: Pearson Educación.

[9] Admin. (2023, December 4). *Aluminio: propiedades, usos y producción en la industria actual*. Corte Laser Madrid Empresa Corte Y Grabado Laser. <https://www.lasercor.com/aluminio/>

[10] CODELCO - Corporación Nacional del Cobre , Chile - Inicio. (n.d.). Codelco. <https://www.codelco.com/>

[11] Vilar, R. (2002). *Cobre*. *Educación Química*, 13(2), 142-144.

[12] *Estructura económica de Puebla en síntesis*. (n.d.). https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825086213.pdf

[13] *Ensayo de Tracción ¿Cuál es su aplicación?* Infinitia Research. (n.d.). Retrieved September 15, 2021, from <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/ensayo-de-traccion-y-su-aplicacion-en-materiales/>

[14] Riley W, *Mecánica de Materiales*. Primera Edición. Limusa Wiley. Mexico D. F. 708 paginas
ding Research Supplement,171-178.



Anexo A. Comparación de los resultados obtenidos en las pruebas de tensión de las 9 probetas ensayadas.

Probeta de Acero # 1	Teoría	Práctica
Concepto/ parametro/Unidad	Normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8	Resultados obtenidos
Rotura_ Fuerza/ Sensibilidad/ Kg fuerza (Punto de ruptura)	3762 kg fuerza	3326.59 kg fuerza
Energía 1/Calculo completo/Kgf.mm	70000 kg fuerza por mm	69350.5 kg fuerza por mm
Desplazamiento/---/ porcentaje %	6% de su longitud	-99.5 o el 5 % de su longitud
Probeta de Acero # 2	Teoría	Práctica
Concepto/ parametro/Unidad	Normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8	Resultados obtenidos
Rotura_ Fuerza/ Sensibilidad/Kgf /mm2 (Punto de ruptura)	3762 kg fuerza	3176.33 kg fuerza
Energía 1/Calculo completo/Kgf.mm	70000 kg fuerza por mm	66217.98 kg fuerza por mm
Desplazamiento/---/ porcentaje %	6% de su longitud	-99.5 o el 5 % de su longitud
Probeta de Acero # 3	Teoría	Práctica
Concepto/ parametro/Unidad	Normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8	Resultados obtenidos
Rotura_ Fuerza/ Sensibilidad/Kgf /mm2 (Punto de ruptura)	3762 kg fuerza	3298.7 kg fuerza
Energía 1/Calculo completo/Kgf.mm	70000 kg fuerza por mm	68769.06 kg fuerza por mm
Desplazamiento/---/ porcentaje %	6% de su longitud	-98.6 o el 1.4 % de su longitud
Probeta de Aluminio # 1	Teoría	Práctica
Concepto/ parametro/Unidad	Normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8	Resultados obtenidos
Rotura_ Fuerza/ Sensibilidad/Kgf (Punto de ruptura)	2000 kg fuerza	1788.77 kg fuerza
Energía 1/Calculo completo/Kgf.mm	40000 kg fuerza por mm	19281.2 kg fuerza por mm
Desplazamiento/---/ porcentaje %	1% de su longitud	-99.5 o el 0.5 % de su longitud
Probeta de Aluminio # 2	Teoría	Práctica
Concepto/ parametro/Unidad	Normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8	Resultados obtenidos
Rotura_ Fuerza/ Sensibilidad/Kgf (Punto de ruptura)	2000 kg fuerza	1801.55 kg fuerza
Energía 1/Calculo completo/Kgf.mm	40000 kg fuerza por mm	19418.95 kg fuerza por mm
Desplazamiento/---/ porcentaje %	1% de su longitud	-99.21 o el 0.79 % de su longitud

Probeta de Aluminio # 3	Teoría	Práctica
Concepto/ parametro/Unidad	Normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8	Resultados obtenidos
Rotura_ Fuerza/ Sensibilidad/Kgf (Punto de ruptura)	2000 kg fuerza	1698.5 kg fuerza
Energía 1/Calculo completo/Kgf.mm	40000 kg fuerza por mm	18308.17 kg fuerza por mm
Desplazamiento/---/ porcentaje %	1 % de su longitud	-99.47 o el 0.53 % de su longitud
Probeta de Cobre # 1	Teoría	Práctica
Concepto/ parametro/Unidad	Normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8	Resultados obtenidos
Rotura_ Fuerza/ Sensibilidad/Kgf (Punto de ruptura)	2600 kg fuerza	1622.22 kg fuerza
Energía 1/Calculo completo/Kgf.mm	20000 kg fuerza por mm	15128.1 kg fuerza por mm
Desplazamiento/---/ porcentaje %	1 % de su longitud	-99.5 o el 0.5 % de su longitud
Probeta de Cobre # 2	Teoría	Práctica
Concepto/ parametro/Unidad	Normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8	Resultados obtenidos
Rotura_ Fuerza/ Sensibilidad/Kgf (Punto de ruptura)	2600 kg fuerza	1597.3 kg fuerza
Energía 1/Calculo completo/Kgf.mm	20000 kg fuerza por mm	14895.7 kg fuerza por mm
Desplazamiento/---/ porcentaje %	1 % de su longitud	-99.97 o el 0.03 % de su longitud
Probeta de Cobre # 3	Teoría	Práctica
Concepto/ parametro/Unidad	Normatividad DIN en ISO 6892-1 y ASTM E8	Resultados obtenidos
Rotura_ Fuerza/ Sensibilidad/Kgf (Punto de ruptura)	2600 kg fuerza	1543.6 kg fuerza
Energía 1/Calculo completo/Kgf.mm	20000 kg fuerza por mm	14394.92 kg fuerza por mm
Desplazamiento/---/ porcentaje %	1 % de su longitud	-99.67 o el 0.33 % de su longitud

Fuente: Elaboración propia.