BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA
COLEGIO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

“PAQUETE DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASIGNATURA DE MECÁNICA DE SÓLIDOS “

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

PRESENTA:

JOSÉ ROBERTO RAMOS GONZÁLEZ

ASESOR:

Dr. FILIBERTO CANDIA GARCÍA

COASESOR:

JAVIER FLORES MENDEZ

PUEBLA, PUE. FEBRERO 2021

Créditos, dedicatorias y agradecimientos

Esta tesis está dedicada a mis padres, José Antonio Perez Romo y Lucia González de Jesús, quienes con su amor, guía y esfuerzo logré cumplir una meta más en mi desarrollo profesional, gracias por su apoyo incondicional y por inculcar en mi los valores y enseñanzas necesarios para ser alguien en la vida.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor, el Doctor Filiberto Candía García, principal colaborador durante todo este proceso, quien su dirección, enseñanza y conocimiento permitió que concluyera y desarrollara este trabajo.

Agradezco también a mi coasesor, el Doctor Javier Flores Méndez por su apoyo y asesoramiento, así como a mis Sinodales quienes estudiaron y aprobaron esta tesis.

De igual manera agradezco a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a la Facultad de Ingeniería y a todos mis profesores, por hacer posible mi formación profesional.

A mi hermano, Omar Enrique Ramos González, de quien siempre he tenido el apoyo y consejos para salir adelante y por ser mi más grande ejemplo para seguir en la vida.

A mi familia, por estar siempre presentes y acompañarme en cada momento importante de mi vida, brindándome siempre su apoyo y cariño.

Y a Astrid Viridiana Ramírez Hernandez, por impulsarme y alentarme a concluir este proyecto y contar siempre con su apoyo y cariño.

Contenido

Resumen 7
Introducción 8
Capítulo I.- Protocolo de Investigación 12
Planteamiento del problema 12
Problemática 12
Justificación 13
Objetivos 14
Objetivos particulares 14
Hipótesis 14
Variables 15
Capítulo II.- Marco de Referencia 16
Marco Conceptual 16
Marco Teórico 20
Estado del arte 24
Capítulo III.- Marco Metodológico 32
Tipo de investigación 32
Alcance 32
Método 32
Técnicas e Instrumentos 32
Capítulo IV.- Desarrollo tecnológico y/o Científico 33
1. Determinación del centroide 33
Objetivo 33
Requerimientos previos (conocimientos) 33
Producto 33
Insumos 33
Desarrollo de la instrucción 33
Método Analítico 33
Evaluación diagnostica 33
Método experimental 36
Guía instruccional para la satisfacción del objetivo establecido 36
Para la placa de área 36

Para la placa de volumen 38
Anexos 39
2. Determinación del momento de inercia 41
Objetivo 41
Marco de referencia 41
Requerimientos previos (conocimientos) 41
Producto 41
Insumos 42
Desarrollo de la instrucción 42
Evaluación diagnostica 42
Guía instruccional para la satisfacción del objetivo establecido 42
Anexo 1.- Formato para documentación de los resultados obtenidos analíticamente. 43
Anexo 2.- Cuestionario de explicativo: Momento de Inercia experimental. 44
Anexo 3-A.- Evaluación diagnostica (masa distribuida) (mm) 44
Anexo 3-B.- Evaluación diagnostica (masa concentrada) (mm) 45
3. Cálculo de esfuerzos normales y cortantes 46
Objetivo 46
Requerimientos previos (conocimientos): 46
Producto 46
Insumos 46
Desarrollo de la instrucción 47
Evaluación diagnostica 47
Guía instruccional para la satisfacción del objetivo establecido 47
Resultados 51
Tabla 1. Esfuerzo Normal 51
Tabla 2. Esfuerzo Cortante 51
Tabla 3 Resistencia a la Fluencia, Deformación y Módulo de Elasticidad 51
Modelos 52
4. Prueba de tensión 53
Objetivo 53
Requerimientos previos (conocimientos) 53
Producto 53

Insumos 54
Descripción del puesto de trabajo 54
Desarrollo de la instrucción 55
Evaluación diagnóstica 55
Secuencia a desarrollar para obtener evaluación satisfactoria en la unidad de competencia Mecánica de Sólidos 57
Ensayo probeta 1 60
Ensayo probeta 2 62
Discusión 66
Anexos 70
6. Prueba de torsión 75
Objetivos 75
Teoría 75
Material requerido 76
Procedimiento 76
Resultados 78
7. Prueba de flexión 80
Objetivos 80
Teoría 80
Material requerido 81
Procedimiento 82
Análisis 82
Dispositivo integrador 86
Objetivo 86
Marco Conceptual 86
Máquina troqueladora manual 86
Componentes 87
Gráfica esfuerzo deformación 89
Esfuerzo de diseño 90
Utilidad didáctica 92
Motorreductor 93
Formato 1, para determinar el centro de masa. 94

Formato 2, para determinar la fuerza por aplicar..... 94
Formato 3, repaso teórico-conceptual. 96
Formato 4, recolección de datos y resultados. 98
Anexo 1. – Drafting troqueladora. 99
Conclusiones 109
Impacto social 109
Bibliografía 111

Resumen

Este trabajo permite aportar una solución a la problemática de bajo rendimiento académico que se presenta en las IES por la baja asociación de los conceptos de la asignatura de mecánica de sólidos y su aplicación al diseño mecánico o procesos de manufactura. Es decir, entre las asignaturas formativas y de especialidad. El objetivo es asociar mediante un modelo didáctico impreso en 3D, el cálculo analítico de las propiedades geométricas, del esfuerzo normal, cortante y de torsión con su representación o contexto físico. La propuesta didáctica es experimental, siendo la metodología descriptiva a través de los diagramas de cuerpo libre con su representación física. El método utilizado es científico deductivo, que configuró actividades didácticas concurrentes, las técnicas empleadas fueron las tecnologías de simulación CAD/CAE/CAM, integradas con la técnica de prototipado rápido por impresión en 3D. Los datos se recolectaron por medición y ejercitación directa en el desarrollo práctico de cada instrucción. El desarrollo incluye la enseñanza de los conceptos por medio de actividades instruccionales, donde se inicia con el abordaje de las ecuaciones analíticas y un ejemplo de cálculo, posteriormente con un modelo de prototipo por impresión en 3D, se muestra la representación física (propiedades geométricas del sólido) y se asocian las condiciones de trabajo (restricciones y fuerzas) contra los efectos que se provocan (esfuerzo y deformación). Asimismo, se integra como referencia para determinar la fuerza un motorreductor Polulu 25D 76 Rpm 3-12V, 5 mm Diámetro/Flecha, Aspecto que representa una mayor exactitud en el cálculo de los esfuerzos y deformaciones. Los resultados logrados son una alta aproximación en la configuración de las propiedades geométricas determinadas analíticamente con los valores medidos de su representación física impresa en 3D. Además, se observó que las ejemplificaciones físicas de las condiciones de contorno (fuerza y restricciones) son muy aproximadas a las indicadas en los diagramas de cuerpo libre. Finalmente se cuenta con una integración didáctica a través de las actividades instruccionales (que se diseñaron de manera concurrente a una finalidad industrial) de un dispositivo didáctico impreso en 3D, que asocia los conceptos analíticos con los conceptos físicos de la materia de mecánica de sólidos.

Introducción

Este trabajo se ubica en el área de conocimiento de la ingeniería y tecnología de acuerdo a la clasificación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y permite dar solución a la problemática identificada por apreciación personal de los autores en una Institución de Educación Superior (IES), la cual se puede generalizar hacia otras IES como un bajo rendimiento académico en materias como diseño mecánico o procesos de manufactura, por una baja asociación (analítica-física) de los conceptos de la asignatura de mecánica de sólidos. Es decir, entre las asignaturas formativas y de especialidad dentro de un curriculum en ingeniería. Los conceptos en los que se observó bajo rendimiento académico, son los valores numéricos que se obtienen del diagrama esfuerzo-deformación (figura 1), como lo son: el esfuerzo último (S_U), el esfuerzo de fluencia (S_Y) y el esfuerzo de falla (S_F) [1], [2] de los cuales el alumno no hace diferencia, cuando se le solicita diseñar o manufacturar, por ejemplo; el eje excéntrico (cigüeñal) de una troqueladora el cual será sometido a fuerzas cortantes y de torsión.

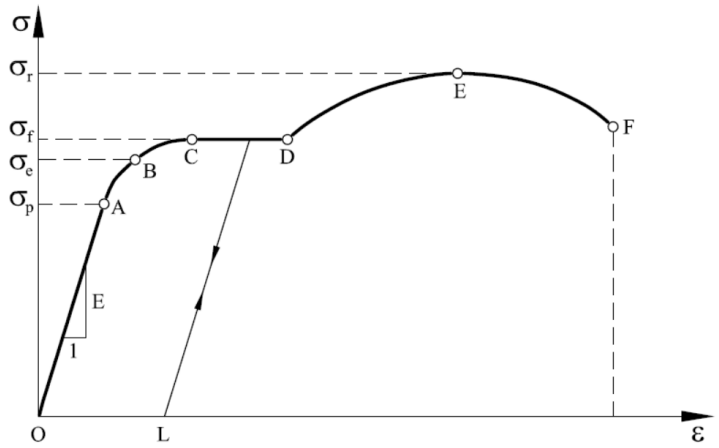


Figura 1.- Diagrama Esfuerzo-Deformación, tomada de [3]**.**

Aunque el comportamiento de cada material es diferente, en la curva tensión-deformación se distinguen, en general, las zonas y tensiones limite siguientes:

- Tramo proporcional (OA). La relación entre tensión y deformación es lineal para tensiones inferiores al valor σ_p que se llama límite de proporcionalidad.

- Tramo elástico (OB) Se llama limite elástico (σ_e) a la máxima tensión que se puede alcanzar sin que se produzcan deformaciones permanentes, llamadas también inelásticas o plásticas. En este tramo la descarga es producida de forma elástica, es decir sin que parezcan deformaciones permanentes.

- Tramo plástico (BD). Ocurre el llamado límite de fluencia (σ_f) a la tensión a partir de la cual el material se deforma casi sin aumento de la tensión.

- Tramo de fluencia (CD). – Es cuando a la deformación, aumenta sin que se produzca un aumento apreciable de la tensión.

- Tramo de endurecimiento por deformación (DE). La tensión necesaria para seguir aumentando la deformación plástica se incrementa.

- Tramo de estricción (EF). Este fenómeno de localización de las deformaciones longitudinales y transversales, con la pérdida del estado uniforme anterior se denomina estricción.

El objetivo es mediante un modelo didáctico impreso en 3D asociar el cálculo analítico; de las propiedades geométricas, del esfuerzo normal, esfuerzo cortante y esfuerzo por torsión, con su consecuencia física (cambio de geometría) por ejemplo la deformación axial o angular. Para lograr el objetivo se han diseñado y desarrollado ocho secuencias instruccionales que concurren en un modelo didáctico impreso en 3D llamado “Troqueladora para identificar/calcular esfuerzos y deformaciones”.

La propuesta didáctica es experimental, siendo la metodología descriptiva a través de los diagramas de cuerpo libre que se utilizan para simplificar la representación física de un problema de diseño mecánico o de fabricación por procesos de manufactura. A partir de los diagramas de cuerpo libre se han diseñado materiales didácticos los cuales son empleados en las secuencias instruccionales, para favorecer la comprensión de los alumnos, de las cuales se menciona el título de cada una de ellas:

1. Determinación del centroide
2. Determinación del centro de masa
3. Determinación del momento de inercia

4. Cálculo de esfuerzos normales y cortantes
5. Prueba de tensión
6. Prueba de torsión
7. Prueba de flexión
8. Prueba de pandeo

En cada una de ellas la didáctica empleada consiste en la determinación analítica de cada concepto involucrado, cuando se obtiene el resultado se coloca en una tabla (tabla 1a y 1b). Posteriormente con apoyo del material didáctico (figura 2) se ejecutan las instrucciones y se obtiene el resultado que se coloca en la tabla comparativa. La información y datos obtenidos permiten al estudiante realizar una comparativa-asociativa de forma estructurada, fundamentada en la teoría constructivista.

Para motivar al estudiante a involucrarse en este proceso se hace uso de la tecnológica CAD/CAE/CAM, con la cual se obtiene una simulación virtual (figura 3) por medio del Método del Elemento Finito (MEF) de las consecuencias a las cuales se tendrá que enfrentar si no considera la adecuada relación lineal (mediante la ley de Hooke) de los esfuerzos y deformaciones en el diseño mecánico o los procesos de manufactura.

Tabla 1a.- Concentrado de resultados para el centroide.

Resultados	**Analítico**	**Experimental**	**CAD/CAE/CAM**
	(54.8, 36.6)	(54.00, 37.00)	(54.84, 36.69)

Tabla 1b.- Concentrado de resultados para el esfuerzo normal y cortante.

Modelo de elemento finito	Máximo esfuerzo normal 2.91 MPa (N/mm^2)	Máximo esfuerzo cortante 7.41 MPa (N/mm^2)
Modelo de elemento finito	Esfuerzo normal promedio 0.317367 MPa (N/mm^2)	Esfuerzo cortante promedio 0.837321 MPa (N/mm^2)
Calculo analítico	Esfuerzo normal 0.436 MPa (N/mm^2)	Esfuerzo cortante 0.847 MPa (N/mm^2)

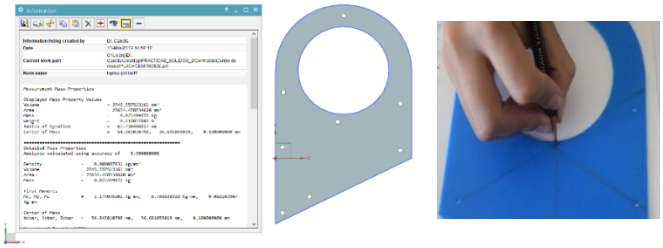
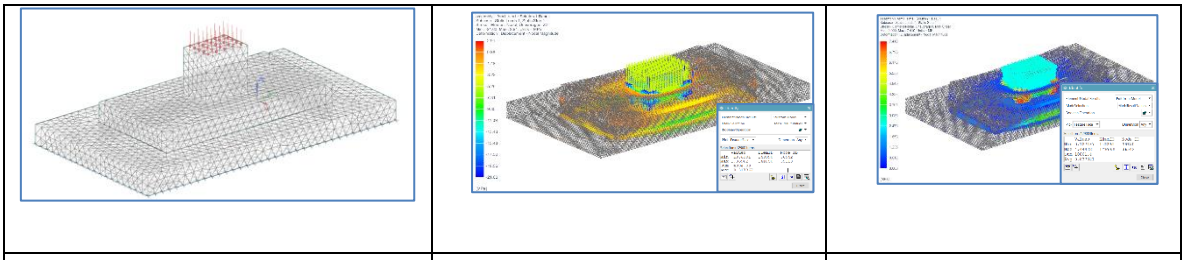


Figura 2.- Determinación del centroide.



a) Modelo de elemento finito	b) Resultados Esfuerzo normal	c) Resultados esfuerzo cortante

Figura 3.- Determinación del esfuerzo normal y cortante por el MEF.

En el apartado de resultados y discusión con la información obtenida de las secuencias instruccionales se diseñó una actividad integradora que consiste en la simulación digital mediante la tecnología CAD/CAE/CAM [4] y la fabricación por impresión 3D de una "Troqueladora para identificar/calcular esfuerzos y deformaciones" (figura 8 y 9) con la cual el estudiante interactúa relacionando cada elemento constructivo con los esfuerzos y deformaciones a las cuales se ve involucrado durante su proceso de fabricación. Por ejemplo: si el elemento de la matriz se obtuvo por maquinado el estudiante debe indicar cuál es el criterio de selección de las herramientas de corte involucradas en el proceso.

Se ha concluido que con el uso de material didáctico simulado con herramientas digitales CAD/CAE/CAM e impreso en 3D mediante actividades instruccionales, es posible lograr una sólida integración constructivista, que asocia los conceptos analíticos con los conceptos físicos de las asignaturas formativas y de especialidad en las IES que imparten programas de estudio en ingeniería.

Capítulo I.- Protocolo de Investigación

Planteamiento del problema

Actualmente en las IES existe una problemática grave cuando se motiva la realización de cambios académicos mediante certificaciones en competencias dentro del curriculum de un sistema educativo. Es de esperar que mediante la educación basada en competencias se busque reducir y especificar los contenidos educativos con una limitada extensión, situación que provoca que el complejo sistema de la evaluación también se simplifique a un término de calificación con una escala numérica. Este aspecto conduce a una rápida descalificación -de los egresados de la educación superior-, en el sector laboral, ya que, al ser conducidos durante su formación y evaluación a procesos mecanicistas, se acostumbran a ser evaluados a través de un checklist o una lista de cotejo. Que muestra solo una estrecha parte de su cumulo educativo y minimiza su potencial, orillando con ello al egresado a un estado de frustración e insatisfacción, por la reducción vocacional en la cual se ve inmerso. Asimismo, el desarrollo del docente en los aspectos didácticos presenta deficiencias y una alta necesidad de capacitación/actualización [5].

Problemática

Se atienden desde esta línea de investigación las recomendaciones del Modelo Universitario Minerva sobre el constructivismo de Vogotsky (BUAP, 2007), pero se amplía el horizonte de la educación de calidad con base en el humanismo, que permite la existencia del ser y evita la mecanización de la técnica, que es fomentada por los modelos de enseñanza en competencia.

> Las sociedades modernas no sólo organizan los sistemas de enseñanza, sino y ante todo los sistemas educativos que asumen la enseñabilidad de los saberes, pero dentro de la perspectiva de la educabilidad del ser. Esto implica una enseñanza dentro de la perspectiva del humanismo, la cual expresa los ideales y principios de mayor jerarquía para la sociedad y —en el contexto de globalización actual— la ponderación del humanismo propio de la multilateralidad de las relaciones internacionales (UNESCO, 2003).

Se ha tomado la decisión colegiada en este grupo de trabajo que el desarrollo de material y prototipos didácticos deberán observar el marco teórico que proporciona la Didáctica Magna de Comenio, la cual coloca al niño como centro del fenómeno educativo, haciendo que todo concurra a su servicio: maestros, textos, aulas y métodos. A esta obra se debe la creación de la escuela popular, en la que todos tienen acceso a la educación: hombres y mujeres, pobres y ricos, párvulos y adultos, superdotados y atípicos. Aquí se implanta el método activo (aprender haciendo) por el que el alumno crea su propio conocimiento con la memoria de la experiencia, antes que con la memoria de la palabra (Comenio, 2014).

Justificación

El trabajo a desarrollar se considera dentro de la temática de transferencia del desarrollo tecnológico como propuesta de solución a la problemática que se encuentra en las de la baja asociación de los conceptos.

Una acción de alto impacto es la búsqueda permanente de alternativas a la formación docente, que permitan disminuir en el aula la enseñanza tradicional por el método "Socrático" o método expositivo (de Miguel, 2006). En el plano internacional esta condición es de alta relevancia para consolidar los procesos de acreditación. Sin embargo, abusar del constructivismo como la receta para la adquisición de competencias, no es camino ideal, es indispensable integrar de manera equilibrada aspectos cognitivos, emocionales y psicosociales, para perfeccionar los métodos de enseñanza, sobre todo en el área de enseñanza de las ciencias.

Como hallazgo se ha encontrado que fomentar la creación de redes de centros de formación docente tanto en el ámbito nacional como internacional, es una de las mejores estrategias para la difusión de las propuestas de cambio exitosas. De esta forma se extiende la idea de que el cambio es posible, se fomenta la *cultura innovadora* entre los centros y se posibilita la planificación de modelos de innovación propios (con apoyo del desarrollo de material y prototipos didácticos). Inevitablemente, si se quiere mejorar el sistema educativo, es imprescindible apoyar a los docentes para que ellos mejoren su labor y el primer apoyo consiste en darles una formación inicial y continua de calidad que les provea de recursos y fomente en ellos actitudes adecuadas para el trabajo que desempeñan (UNESCO, 2006).

Los esfuerzos actuales han derivado y concluido en el desarrollo de dos áreas de oportunidad: el desarrollo de software de código abierto y el prototipado rápido en 3D entre tres carreras de nivel licenciatura y un programa educativo de posgrado. Así como, un programa de formación docente para la investigación que promueve la publicación científica en conjunto entre dos Facultades de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Objetivos

Fabricar un modelo didáctico impreso en 3D que permita asociar el cálculo analítico de las propiedades geométricas, el esfuerzo normal, esfuerzo cortante y esfuerzo por torsión con su consecuencia física (cambio de geometría, deformación).

Objetivos particulares

- ✓ Desarrollo de una práctica sobre la determinación del centroide.
- ✓ Desarrollo de una práctica sobre la determinación del momento de inercia.
- ✓ Desarrollo de una práctica sobre la determinación del cálculo del esfuerzo normal y cortante.
- ✓ Desarrollo de una práctica sobre la determinación de la prueba de tensión.
- ✓ Desarrollo de una práctica sobre la determinación de la prueba de torsión.
- ✓ Desarrollo de una práctica sobre la determinación de la prueba de flexión.

Hipótesis

Si se fabrica por medio de la impresión 3D, el modelo reducido de una troqueladora, la cual permite que sus elementos y componentes puedan ser sujetos al cálculo analítico de las sus propiedades geométricas y mecánicas. Entonces es posible desarrollar un paquete didáctico para la enseñanza de la mecánica de sólidos, que incluya prácticas como: determinación del centroide, determinación del centro de masa, determinación del momento de inercia, cálculo de esfuerzos normales y cortantes, prueba de tensión, prueba de torsión, prueba de flexión y prueba de pandeo.

Variables

Se considera en el desarrollo de este trabajo que la variable independiente, son las condiciones de diseño mecánico como: la fuerza, las restricciones y geometría, sobre todo de las secciones transversales. Lo anterior a que las prácticas propuestas son coincidentes y homologas a las especificaciones o solicitaciones de diseño de los elementos de máquinas como los cigüeñales y del diseño de máquinas como las troqueladoras.

En cuanto a la determinación de la variable dependiente, se ha propuesto que sea el comportamiento de las propiedades mecánicas y geométricas de los materiales empleados en el diseño de elementos de máquinas y de máquinas, observados en un diagrama o curva esfuerzo-deformación. El cual muestra el comportamiento de las propiedades mecánicas y de los desplazamientos de los materiales y su geometría dentro de su zona lineal.

Capítulo II.- Marco de Referencia

Marco Conceptual

La máquina utilizada para la mayoría de las operaciones de trabajo en frio y algunos en caliente, se conoce como *prensa.* Consiste en un bastidor que sostiene una bancada y un ariete, una fuente de potencia, y un mecanismo para mover al ariete linealmente y en ángulos rectos con numerosos diseños de equipo de prensa.

Una prensa debe estar equipada con *matrices y punzones* diseñados para ciertas operaciones específicas. Aunque algunas prensas se adaptan mejor que otras para cierto tipo de trabajo, la mayoría de las operaciones de formado, punzonado y cizallado, se pueden efectuar en cualquier prensa normal si se usan las matrices y punzones adecuados. Esta versatilidad hace posible usar la misma prensa para una gran variedad de trabajos y operaciones, lo cual es una característica deseable para las producciones pequeñas.

Las prensas tienen la capacidad para la producción rápida, puesto que el tiempo de operación es solamente el que se necesita para una carrera del ariete más el tiempo necesario para alimentar el material. Por consiguiente, se pueden conservar bajos costos de producción. Cualquier producto que se pueda fabricar con metal delgado y que no requiera de una precisión extrema en las tolerancias dimensionales, se puede producir económicamente en este tipo de máquina. Tiene una adaptabilidad especial para los métodos de producción en masa, como lo evidencia su amplia aplicación en la manufactura de piezas para automóviles y aviones, artículos de ferretería, juguetes y utensilios de cocina. [6]

Tipos de prensa

Es difícil hacer una clasificación de máquinas prensadoras, ya que la mayoría de ellas son capaces de desarrollar varios tipos de trabajo. Por tanto, no es muy correcto llamar a una prensa, *prensa dobladora*, a otra, *prensa de repujado*, y aun a otra, *prensa recortadora*, pues los tres tipos de operaciones se pueden hacer en una máquina. Sin embrago, a algunas prensas diseñadas especialmente para un tipo de operación, se les puede conocer por el nombre de operación, por ejemplo, *prensa punzonadora* o *prensa acuñadora.* La clasificación más sencilla está en relación a la fuente de energía -ya sea operada manualmente o con potencia-

. Muchas de las máquinas operadas manualmente se usan para trabajos en lámina delgada de metal, principalmente en trabajo en la obra, pero la mayor parte de maquinaria para producción se opera con potencia. Otra forma de agrupar a las prensas está en función del número de arietes o los métodos para accionarlos. La mayoría de los productores las nombran de acuerdo al diseño general del bastidor, aunque se pueden designar de acuerdo con el arreglo de la transmisión de la energía o el propósito principal para el que se usará la prensa. Los tipos más generales de clasificación de prensas son los siguientes:

Tipos de prensas

A. Fuente de energía
    1. Manual
    2. Potencia
        a. Mecánica
        b. Vapor, gas, neumática
        c. Hidráulica
B. Ariete
    1. Vertical de simple efecto
    2. Vertical de doble efecto
    3. En cuatro correderas
    4. De configuración especial
C. Diseño del bastidor
    1. De banco
    2. Inclinable
    3. De escote
    4. De puente
    5. De costados rectos
    6. Yunque
    7. Columna
D. Método de aplicación de potencia al ariete
    1. Manivela
    2. Leva
    3. Excéntrica
    4. Tornillo de potencia
    5. Cremallera y piñón
    6. Junta articulada
    7. Hidráulica
    8. Palanca acodillada
    9. Neumática
E. Propósito de la prensa
    1. Cizallas de escuadrar
    2. Cizallas de círculos
    3. Dobladora

4. Punzonado
5. Extruido
6. Empalmado
7. Enderezado
8. Forzado
9. Acuñado
10. De transferencia
11. Roedora
12. Estirado
13. Revolver
14. Forja

Para seleccionar el tipo de prensa a usar en un trabajo dado, se deben considerar varios factores. Entre éstos están el tipo de operación a desarrollar, el tamaño de la pieza, potencia requerida, y la velocidad de la operación. Para la mayoría de las operaciones de punzonado, recortado y desbarbado, se usan generalmente prensas del tipo manivela o excéntrica. En estas prensas, la energía del volante se puede transmitir al eje principal, ya sea directamente o a través de un tren de engranajes. La prensa de junta articulada se ajusta idealmente a las operaciones de acuñado, prensado o forja. Tiene una carrera corta y es capaz de imprimir una fuerza tremenda. Las prensas para operaciones de estirado tienen velocidades más lentas que las de punzonado y recortado. Las prensas operadas hidráulicamente son en especial deseables para este trabajo. Cuando se estira acero dulce, la práctica normal es la de no exceder 20 m/min; el aluminio y otros metales no ferrosos se pueden trabajar a velocidades mayores de 45 m/min. [6]

Operaciones de prensa y herramientas

Las herramientas para la mayoría de las prensas vienen bajo la denominación general de punzones y matrices. El punzón se refiere a aquella parte del ensamble que está unida al ariete de la prensa y se impulsa hacia la cavidad de la matriz; la matriz es generalmente estacionaria y descansa sobre la bancada de la prensa. Tiene una abertura para recibir al punzón y ambos deben estar perfectamente alineados para una adecuada operación. Los punzones y matrices no son intercambiables. Una sola prensa puede hacer una gran variedad de operaciones, dependiendo del tipo de matrices empleadas.

Las matrices se pueden clasificar, ya sea de acuerdo con el tipo de operación desarrollada por la prensa o por su construcción. Una clasificación simple que incluye a la mayoría de las matrices es la siguiente [6]:

Tipos de matrices

A. Tipo de operación de la prensa
    1. Cizallamiento – recortado, punzonado, ranurado, perforado, desbarbado, rasurado, hendido y lanceteado.
    2. Doblado – doblado angular, curvado, plegado, formado y empalmado.
    3. Embutido – formado de bridas, tubos, repujado, abombado, acopado y reducción.
    4. Prensado – acuñado, calibrado, aplanado, estampado, forja en frio, remachado, recalcado, extruido, y prensado en caliente.
B. Construcción o método de operación
    1. Simple
    2. Compuesta
    3. Progresiva
    4. Transferencia
    5. Hidráulica
    6. Hule

Operaciones de cizallamiento

Las operaciones de cizallamiento más comunes son e *punzonado* (donde el trozo cortado es desperdicio o puede utilizarse para otros fines como merma) y el *troquelado* (donde el trozo cortado es la parte que se utilizara y el resto es desperdicio). * Las operaciones de cizallamiento que se describen a continuación, así como las descritas en el resto de este capítulo, suelen realizarse en máquinas de control numérico por computadora con portaherramientas de cambio rápido.

Troquelado. Esta es una operación de cizallamiento que consta de los siguientes procesos básicos:

- *Perforado:* punzonar un numero de orificios en una lámina.
- *Partido:* cortar la lámina en dos o más piezas.
- *Muescado:* eliminar piezas de los bordes.
- *Lanceteado:* producir una lengüeta sin eliminar ningún material.

Las piezas producidas mediante estos procesos tienen diversos usos, particularmente en conjunto con otros componentes de lámina metálica. Por ejemplo, láminas de metal perforadas, con diámetros de los agujeros que van desde 1mm (0.040 pulgadas) hasta 75mm (3 pulgadas) tienen usos como filtros, como pantallas, en la ventilación, como guardas para maquinaria, para la reducción de ruido y en la reducción de peso de piezas y estructuras fabricadas. Estas se perforan en prensas de biela-manivela, a tasas tan altas como 300 000 agujeros por minuto, utilizando dados y equipos especiales. [7]

Marco Teórico

1. **Determinación del centroide**

   El *centroide* de un área se refiere al punto que define el centro geométrico del área. Si el área tiene una forma arbitraria, las coordenadas *x* y *y* que definen la ubicación del centroide *C* se determinan mediante las fórmulas que expresan las ec. 1a y 1b.

   $$\bar{x} = \frac{\int_A x dA}{\int_A dA} \quad (1a) \qquad \bar{y} = \frac{\int_A y dA}{\int_A dA} \quad (2b)$$

   Los numeradores de estas ecuaciones son formulaciones del "primer momento" del elemento del área dA respecto a los ejes *y* y *x*, respectivamente; los denominadores representan el área total A de la figura. [8]

2. **Determinación del centro de masa**

   Si el cuerpo está hecho de un material homogéneo de peso específico γ, la magnitud dW del peso de un elemento infinitesimal se puede expresar en términos del volumen dV de dicho elemento y la magnitud W del peso total puede expresarse en términos del volumen total V. Así se escribe en forma escalar:

   $$\bar{x}V = \int x\, dV \qquad \bar{y}V = \int y\, dV \qquad \bar{z}V = \int z\, dV \quad (3)$$

   El punto cuyas coordenadas son $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ también se conoce como el *centroide C del volumen V* del cuerpo. [1]

3. Determinación del momento de inercia

Es una propiedad geométrica que se calcula respecto a un eje, para los ejes *x* y *y* se define como:

$$I_x = \int_A y^2 dA$$

$$I_y = \int_A x^2 dA \qquad (4)$$

Estas integrales no tienen sentido físico, pero se llaman así porque tienen una formulación semejante a la del momento de inercia de una masa, que es una propiedad dinámica de la materia.

También es posible calcular el momento de inercia de un área respecto al polo *O* o el eje *z.* Esto se conoce como el *momento polar de inercia:*

$$J_O = \int_A r^2 dA = I_x + I_y \quad (5)$$

Aquí *r* es la distancia perpendicular desde el polo (eje *z*) hasta el elemento dA. Es posible relacionar a J_O con I_x, I_y puesto que $r^2 = x^2 + y^2$ [8]

4. Cálculo de esfuerzos normales y cortantes

Esfuerzo normal. [8]

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (6)$$

Aquí

$\sigma =$ esfuerzo normal promedio en cualquier punto del área de la sección transversal.

$P =$ *fuerza normal interna resultante,* que actúa a través del *centroide* del área de la sección transversal. *P* se determina usando el método de las secciones y las ecuaciones de equilibrio.

$A =$ área de la sección transversal de la barra, donde se determina σ.

Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante promedio distribuido en cada área seccionada que desarrolla esta fuerza cortante está definido por [8]:

$$\tau_{prom} = \frac{V}{A} \quad (7)$$

Aquí

τ_{prom} =esfuerzo cortante promedio en la sección, que se supone es igual en cada punto situado en la sección.

$V =$ fuerza cortante interna resultante en la sección determinada a partir de las ecuaciones de equilibrio.

$A =$ área en la sección.

5. Prueba de tensión.

El esfuerzo cortante promedio distribuido en cada área seccionada que desarrolla esta fuerza cortante está definido Considere una varilla BC, de longitud L y con un área uniforme de sección transversal A que está suspendida. Si se le aplica una carga al extremo, la varilla se alargará. Al graficar la magnitud de la carga contra la deformación δ, se obtiene un determinado diagrama de carga-deformación. Si la deformación unitaria se representa por ϵ, se tiene:

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad (8)$$

En el caso de un elemento de área variable de sección transversal A, el esfuerzo normal varia a lo largo del elemento, y es necesario definir la deformacion unitaria en un punto dado Q, considerando un pequeño elemento con longitud sin deformar Δx. Si $\Delta\delta$ es la deformacion del elemento bajo la carga dada, la *deformación normal en el punto* Q, se define como: [1]

$$\epsilon = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta\delta}{\Delta x} = \frac{d\delta}{dx} \quad (9)$$

6. Prueba de torsión.

Formula de la torsión [8].

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J} \quad (10)$$

Aquí

τ_{max} =el esfuerzo cortante máximo en el eje, que se produce en la superficie externa

$T =$ el par de torsión interno resultante que actúa en la sección transversal. Su valor se determina a partir del método de las secciones y la ecuación de equilibrio de momentos aplicados respecto a la línea central longitudinal del eje

J =el momento polar de inercia del área de la sección transversal

$c =$ el radio exterior del eje.

7. Prueba de flexión.

Formula de la flexión. [8]

$$\sigma_{máx} = \frac{Mc}{I} \quad (11)$$

Aquí

$\sigma_{máx} =$ el esfuerzo normal máximo en el elemento, que se produce en el punto sobre el área de la sección transversal que esta mas alejado del eje neutro.

$M =$ el momento interno resultante, determinado a partir del método de las secciones y de las ecuaciones de equilibrio; se calcula respecto al eje neutro de la sección transversal.

$c =$ la distancia perpendicular desde el eje neutro hasta el punto más alejado del eje neutro. Aquí es donde actúa $\sigma_{máx}$.

$I =$ el momento de inercia del área de la sección transversal respecto al eje neutro

8. Prueba de pandeo.

La fórmula de la secante [8]

El esfuerzo máximo en la columna puede determinarse al observar que es causado tanto por la carga axial como por el momento.

$$\sigma_{máx} = \frac{P}{A}\left[1 + \frac{ec}{r^2} sec\left(\frac{L}{2r}\sqrt{\frac{P}{EA}}\right)\right] \quad (12)$$

Aquí

$\sigma_{máx} =$ esfuerzo elástico máximo en la columna, que ocurre en el lado interior cóncavo en el punto medio de la columna. Este esfuerzo es de compresión.

$P =$ carga vertical aplicada a la columna.

$e =$ excentricidad de la carga *P* medida desde el eje centroidal de la sección transversal de la columna hasta la línea de acción de *P*.

$c =$ distancia desde el eje centroidal hasta la fibra exterior de la columna donde ocurre el esfuerzo máximo de compresión $\sigma_{máx}$.

$A =$ área de la sección transversal de la columna.

$L =$ longitud no soportada de la columna en el plano de flexión.

$E =$ módulo de elasticidad del material.

$r =$ radio de giro.

Estado del arte

La tabla 1, es una síntesis del estado del arte el cual se desarrolló a partir de la bibliografía encontrada en bases de datos de alto reconocimiento como Springer y Science Direct. Asimismo, la tabla 1, condensa las principales palabras clave que los autores expertos en el tema han utilizado y permiten establecer un criterio de ubicación sobre la temática en estudio. También los resultados y los trabajos futuros recomiendan que se continúe con la aplicación y uso de las técnicas de las tecnologías de impresión 3D, involucrando a los alumnos en simulaciones y actividades de aprendizaje practico, como una alternativa de rápida adquisión de conocimientos, aumento de la creatividad y solución de problemas dentro del conocimiento STEM (ciencia, tecnología, educación, matemáticas). La visualización táctil es un área nueva, existe un gran potencial para desarrollarla aún más combinada con otras experiencias hápticas y tecnologías nuevas puede transformar por completo la educación y crear una experiencia de aprendizaje nueva, más eficiente y agradable.

Tabla 1. Síntesis del estado del arte				
No. de docto	**Identificación**	**Objetivo general (Desde el autor)**	**Palabras clave (Desde el autor)**	**Resultados (Desde el autor)**
1	[9]	Investigar los beneficios de la integración de las tecnologías de escaneo e impresión 3d con la apreciación, mantenimiento y difusión del patrimonio cultural.	**3D printing, Cultural Heritage, Preservation, Accessibility, Education, Models, Reliefs, Museum, Rapid Prototyping, Additive Manufacturing, Design For All.**	Las tecnologías de impresión 3d, la disponibilidad de escanear y el prototipado rápido, ofrecen buenas oportunidades de obtener experiencias multisensoriales y en especial experiencias hápticas de nuestro patrimonio cultural. La habilidad de traer objetos en una escala apropiada para mejorar sus características táctiles y sus características no táctiles para una percepción más fácil del objeto puede enriquecer las experiencias más allá del objeto original.
2	[10]	Investigar la cognición de los estudiantes universitarios técnicos sobre la impresión 3d y proponer una impresora de metal 3d con el propósito de implementar la impresión 3d en la educación ingenieril en Taiwán.	**3D-metal powered printing, Instructional materials, Technical University.**	De acuerdo con la investigación, los estudiantes técnicos universitarios tuvieron un alto interés en aprender impresión 3d. El prototipo de impresión de metal 3d desarrollado en este proyecto es innovador, el desarrollo del proceso puede ser usando como referencia para otras escuelas de ingeniería. No solo mejorara la calidad de los procedimientos, también mejora la efectividad del aprendizaje de los estudiantes.
3	[11]	Explorar el uso de las actividades de prototipado para resolución de problemas (PPSA) y la impresión 3D, como una herramienta curricular para desarrollar el entendimiento matemático, la creatividad, y la alfabetización tecnológica.	**Problem-based learning, 3D printing, 3D modeling Creativity, Prototypes.**	Diseñar e implementar PPSAs en el salón de clases proporciona una oportunidad para los profesores de apoyar la creatividad y las habilidades de solución de problemas en matemáticas. Está demostrado que los estudiantes que se involucran en simulaciones y actividades de aprendizaje practico tuvieron mayores resultados de aprendizaje que aquellos que recibieron educación tradicional.

4	[12]	Examinar las dimensiones políticas y socioculturales de la tecnología 3d.		La introducción de nuevas tecnologías tal como la impresión 3D, tiene lugar en contextos políticos, sociales y culturales en los que las personas tienen tacto para responder a estas tecnologías basándose en creencias y normas aculturadas. Algunas de estas creencias y normas pueden influir en la aceptación de estas nuevas tecnologías y los objetos que fabrican, como el caso de la impresión 3D.
5	[13]	Organizar el conjunto de conocimientos sobre AM (Additive Manufacturing) y presentar las barreras actuales, los hallazgos y las perspectivas futuras para fabricantes e investigadores.	**Rapid Prototyping, 3D printing, Additive manufacturing, CAD.**	La impresión 3D o AM se ha convertido en un nuevo campo de la manufactura desde la década de los 1980, algunos sectores industriales, aeroespaciales y de manufactura están invirtiendo fuertemente en procesos de AM. Los procesos actuales de AM requieren adelantos, para los problemas que aquejan, para lograr que los procesos sean más rápidos y eficientes en un futuro cercano.
6	[14]	Se espera que, con el marco de investigación propuesto, los futuros estudios sobre sostenibilidad en la fabricación aditiva puedan ser consistentes y comparables, y se pueda facilitar la integración de datos y el análisis de datos interdisciplinarios.	**Additive manufacturing, Energy consumption, Environmental impact Fused deposition Modeling, Life cycle, Sustainable manufacturing.**	La observación de la morfología de la superficie sugiere que las impresoras FDM de escritorio logran una rugosidad de superficie adecuada, pero la superficie real puede contener picos irregulares y desniveles. Las AM son una familia de varias tecnologías únicas y poderosas; La investigación sobre su sostenibilidad es crítica. El trabajo futuro se centrará en la redefinición del marco de investigación y el desarrollo de métodos de evaluación cuantitativa.
7	[15]	Identificar y describir una jerarquía de actividades de impresión 3D de complejidad creciente, que consiste en ensayos de impresión, experimentos	**3D Printing, Educational technology, Technology education, engineering curriculum, STEM, Makerspace, Maker**	El lenguaje de teselación, la estereolitografía, la imagen volumétrica, la impresión volumétrica, y los conceptos de importancia critica incluyen generar digitalmente una malla de objetos y "cortar" un diseño en preparación para la impresión, los modelos jerárquicos e iterativos de las actividades de impresión 3D pueden proporcionar un punto

		de diseño y pruebas de ingeniería.		de partida para el desarrollo de un currículum más completo y avanzado.
8	[16]	Examinar el plan de estudios con respecto a los estudiantes de secundaria y colegios para resaltar las diferencias en sus conocimientos y habilidades para mejorar el desarrollo del plan de estudios; Realizamos un experimento de enseñanza utilizando un plan de estudios de diseño de ingeniería de CO 2 para analizar los resultados de aprendizaje de cuatro grupos de estudiantes (tres grupos de impresión 3D para evaluar sus competencias.	**3D Printing, Curriculum, Engineering, Industrial Design, STEAM, STEM**	El diseño de los estudiantes universitarios puede beneficiarse de reducir su tiempo de práctica en la aplicación de modelado 3D y asignar más tiempo para integrar el conocimiento STEM en sus diseños. El entrenamiento de dibujo de ingeniería y dibujo que reciben los estudiantes en la escuela secundaria parece ser ineficaz. La aplicación de modelado 3D compensó esta deficiencia al proporcionar a los estudiantes de secundaria los medios para visualizar más claramente el objeto a diseñar
9	[17]	Revisar y analizar los principales procesos, materiales y aplicaciones de la tecnología AM actual y presentar las futuras necesidades de investigación para esta tecnología.	**Additive manufacturing (AM), AM Processes, AM materials, AM applications**	Para obtener una mayor aceptación de la industria, se necesita investigación y desarrollo en términos de diseños, materiales, nuevos procesos y máquinas, modelado y control de procesos, aplicaciones biomédicas y aplicaciones de energía y sostenibilidad para ampliar las aplicaciones de la tecnología AM y elevarla a una tecnología convencional.
10	[18]	Investigar la intención de comportamiento de los	**Technology adoption, Technology acceptance,**	Contribuimos a un mejor conocimiento sobre la adopción de tecnología novedosa en el contexto

		maestros de secundaria de usar estas nuevas tecnologías en clase. Proponemos aplicar la teoría unificada de aceptación y uso de tecnología integrando ansiedad y actitud hacia el uso de la tecnología.	**Novel technology, Behavioral intention, UTAUT, 3D printing**	de los maestros de secundaria. De este modo, se logró el objetivo principal de contribuir a una mejor comprensión de la aceptación del maestro de la tecnología novedosa y su intención de usarla. Los hallazgos proporcionan evidencia de que existe una fuerte intención entre los maestros de utilizar tecnología novedosa. Además, demostramos qué factores personales y relacionados con el medio ambiente afectan la adopción de nuevas tecnologías. Encontramos apoyo empírico para cuatro de nuestras seis hipótesis de investigación. Los resultados muestran que la expectativa de rendimiento (H1), la ansiedad (H4), la actitud hacia el uso de la tecnología (H5) y las condiciones de facilitación (H6) fueron predictores significativos de la intención de comportamiento de los maestros para usar tecnología novedosa.
11	[19]	Proporcionar una descripción general de los diferentes métodos para la conversión 3D que tienen en cuenta la dimensionalidad del conjunto de datos inicial y la fuente de la información (imagen 2D, colección de imágenes 2D, escaneo 3D). Analizar el procesamiento y la mejora del modelo 3D de salida,	**3D Printing, Additive manufacturing, Haptic, Physical visualization, Rapid prototyping, Tactile, Touch, Visualization.**	La visualización táctil mediante la impresión 3D es un área emergente de investigación que examina cómo las representaciones físicas de datos respaldadas por computadora pueden mejorar la cognición, la comunicación, el aprendizaje, la resolución de problemas y la toma de decisiones. Dado que la visualización táctil es un área nueva, existe un gran potencial para desarrollarla aún más y encontrar nuevas aplicaciones interesantes. El uso de modelos impresos en 3D y pantallas de realidad aumentada también podría combinarse con tipos de datos para proporcionar

		como la fusión de múltiples modelos y la incorporación de información adicional que puede utilizarse para mejorar la percepción visual y táctil en 3D. Finalmente, discutir la transición de un modelo 3D a un objeto impreso en 3D y describimos las ventajas y desventajas de las impresoras 3D disponibles actualmente.		una experiencia más inmersiva para la manipulación interactiva de datos. En resumen, la visualización táctil combinada con otras tecnologías nuevas puede transformar por completo la educación y crear una experiencia de aprendizaje nueva, más eficiente y agradable.
12	[20]	Proponer y analizar varias estrategias DfAM (metodologías de Diseño para la fabricación aditiva) basadas en trabajos de investigación existentes y los principios de operación, materiales, capacidades y limitaciones del proceso de FDM (modelado de deposición fundida)	**Additive Manufacturing (AM), Design for additive manufacturing (DfAM), Fused Deposition Modelling (FDM), Design and manufacturing strategies.**	Se ha propuesto un conjunto integral de diseño para estrategias de fabricación aditiva basado en las principales limitaciones técnicas y desventajas de las tecnologías y sistemas FDM actuales. Las estrategias DfAM propuestas se han dividido en cuatro grupos principales: geometría, calidad, materiales y sostenibilidad. Las estrategias de DfAM están destinadas a ayudar a los diseñadores a la hora de tomar decisiones en la etapa de diseño para satisfacer las necesidades funcionales, al tiempo que garantizan la capacidad de fabricación en los sistemas FDM y para ayudar a los fabricantes durante la fabricación de piezas en los sistemas FDM.
13	[21]	Explorar el uso del diseño 3D asistido por	**Computer-aided design (CAD), Steam, Stem,**	Las observaciones resumidas respaldan la noción de que el aprendizaje de los estudiantes

		computadora (CAD) y la impresión 3D para enseñar sobre el volumen de sólidos en las aulas de matemáticas de secundaria.	**Tinkercad, Volume, Project design, Computation, 3D printing**	sobre el volumen de sólidos se transformó bajo la influencia del CAD 3D y la impresión 3D. En otro nivel, creo que se puede aclarar algunos consejos sobre el aprendizaje STEAM en el aula y los diseños de tareas que pueden apoyar dicho aprendizaje. Se puede argumentar que, sin la tecnología de impresión 3D, los estudiantes podrían responder al proyecto de manera diferente, ya que podrían sentir que el diseño era una actividad inútil.
14	[22]	Contribuir al conocimiento sobre cómo los programas de preparación de maestros pueden utilizar la tecnología de impresión 3D como un medio para preparar a los futuros maestros para implementar los estándares de ingeniería y tecnología recientemente adoptados en la educación científica K-12.	**Science education, 3D printing, Science self-efficacy, Science teaching anxiety, Interest in science, Preservice elementary teachers.**	La futura generación de científicos estará lista para enfrentar los desafíos de la sociedad si se les ha brindado la oportunidad de participar en una variedad de actividades STEM al principio de su educación de parte de maestros que modelan una actitud positiva hacia STEM. Una de las principales posibilidades de utilizar la tecnología de impresión 3D en la educación científica es su capacidad para proporcionar a los estudiantes la oportunidad de explorar las relaciones entre la ingeniería, la tecnología y las aplicaciones de los conceptos científicos, abordando así los nuevos estándares de educación científica. Los programas de educación docente pueden beneficiarse al presentarles a los maestros la tecnología de impresión 3D para aumentar su confianza al promulgar estándares STEM y mejorar sus actitudes hacia la enseñanza de las ciencias.
15	[23]	Investigar cómo la impresión 3D y los	**3D modeling, Applied geometry, Education**	Este artículo ha considerado el modelado 3D que está relacionado intensamente con los

		estudios de geometría interactúan entre sí y demostrarlo con ejemplos. Prestar atención a estos conceptos alterados y reinterpretados es crucial para que podamos evitar malentendidos en la clase de matemáticas.		estudios de geometría. No es necesario justificar que la impresión 3D y el modelado 3D tengan que participar en los planes de estudio STEM, por lo que su apariencia puede esperarse en todos los niveles de la educación. Dado que los jóvenes escolares están interesados en estas tecnologías, se realizó una descripción crítica que reveló que los términos utilizados en los productos de software de diseño no necesariamente coinciden con los conocidos por la geometría. Al mismo tiempo, estos programas de diseño pueden usarse perfectamente para demostrar otros conceptos, relaciones entre diferentes formas y sólidos, tipos de transformaciones, operaciones.

Capítulo III.- Marco Metodológico

Tipo de investigación

El tipo estudio para esta investigación es del tipo documental y experimental, se analizó información escrita sobre como el aprendizaje de los estudiantes puede beneficiarse con la aplicación de modelado 3D, el desarrollo incluye la enseñanza de los conceptos por medio de actividades instruccionales, donde se inicia con el abordaje de las ecuaciones analíticas y un ejemplo de cálculo, posteriormente con un modelo de prototipo por impresión en 3D, se muestra la representación física (propiedades geométricas del sólido) y se asocian las condiciones de trabajo (restricciones y fuerzas) contra los efectos que se provocan (esfuerzo y deformación).

Alcance

La propuesta didáctica es experimental, siendo la metodología descriptiva a través de los diagramas de cuerpo libre con su representación física, el objetivo es asociar mediante un modelo didáctico impreso en 3D, el cálculo analítico de las propiedades geométricas, del esfuerzo normal, cortante y de torsión con su representación o contexto físico.

Método

La propuesta didáctica es experimental, el método utilizado fue científico deductivo que configuro las actividades concurrentes. Los datos se recolectaron por medición y ejercitación directa en el desarrollo práctico de cada instrucción. Las actividades instruccionales se fundamentan en el constructivismo a partir del desarrollo de Ambientes Interactivos de Aprendizaje.

Técnicas e Instrumentos

Las técnicas empleadas fueron las tecnologías de simulación digital CAD/CAE/CAM, integradas con la técnica de prototipado rápido por impresión en 3D. Asimismo, se integra como referencia para determinar la fuerza un motorreductor Polulu 25D 76 Rpm 3-12V, 5 mm Diámetro/Flecha, Aspecto que representa una mayor exactitud en el cálculo de los esfuerzos y deformaciones.

Capítulo IV.- Desarrollo tecnológico y/o Científico

1. Determinación del centroide

Objetivo

El alumno identificará los conceptos relacionados con los centroides de las figuras, centro de masa y centro de gravedad. Logrará relacionar los cálculos analíticos con los datos encontrados experimentalmente.

Requerimientos previos (conocimientos)

- Definiciones básicas en la materia de Mecánica de Solidos, como lo son: Centro de masa, centro de gravedad y centroide.
- Calculo analítico de los centroides en una figura 2D.
- Calculo analítico de los centros de gravedad en figuras 3D.

Producto

Tabla comparativa de los datos encontrados analíticamente y experimentalmente

Insumos

Cantidad	Materiales
4	Modelos impresos en 3D
2	Planos de los modelos (placas)
1	Aguja
1	Lápiz #2
1	Sacapuntas
1	Regla
	Equipo
1	Calculadora digital
1	Regla

Tabla1.- Insumos para el desarrollo

Desarrollo de la instrucción

Método Analítico

Evaluación diagnostica

1. Calcular el centroide de la figura (Anexo 2a) y el centro de gravedad de la placa (Anexo 2b) y completar el formato de evaluación en el Anexo 1.
2. Coordenada del centroide global en x = $\bar{X} = \frac{\sum \bar{x} A}{\sum A}$, donde; $\bar{x}$ = coordenada local del centroide en x de las figuras en que se puede dividir la figura original, A = área de la figura en que se puede dividir la figura original.

3. Coordenada del centroide global en y = $\bar{Y} = \frac{\sum \bar{y} A}{\sum A}$, donde; $\bar{y}$ = coordenada local del centroide en y de las figuras en que se puede dividir la figura original, A = área de la figura en que se puede dividir la figura original.
4.

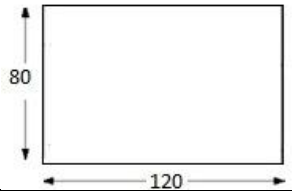
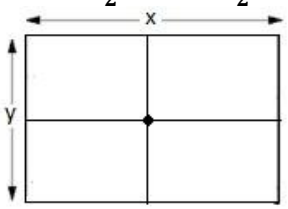
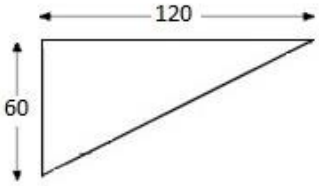
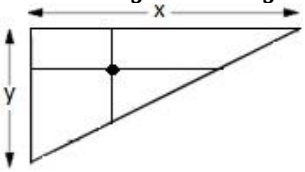
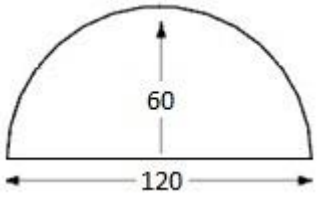
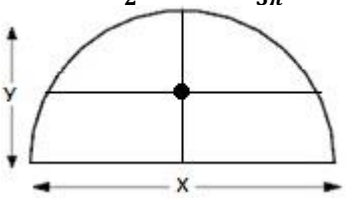
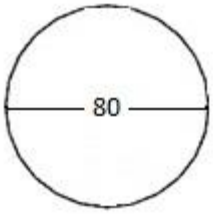
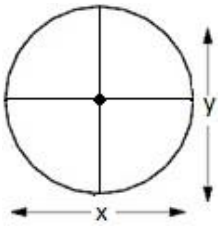
Figura	Fórmula	$\bar{x}$ (mm)	$\bar{y}$ (mm)
Rectángulo 	$\bar{x} = \frac{X}{2}$ $\bar{y} = \frac{Y}{2}$ 	$\frac{120}{2} = 60$	$\frac{80}{2} = 40$
Triángulo 	$\bar{x} = \frac{X}{3}$ $\bar{y} = \frac{Y}{3}$ 	$\frac{120}{3} = 40$	$\frac{60}{3} = 20$
Semicírculo 	$\bar{x} = \frac{X}{2}$ $\bar{y} = \frac{4r}{3\pi}$ 	$\frac{120}{2} = 60$	$\frac{4 \times 60}{3 \times \pi} = 25.4$
Círculo 	$\bar{x} = \frac{X}{2}$ $\bar{y} = \frac{y}{2}$ 	$\frac{80}{2} = 40$	$\frac{80}{2} = 40$

Figura	Área (mm^2)	$\bar{x}$ (mm)	$\bar{y}$ (mm)	$\bar{x}A$ (mm^3)	$\bar{y}A$ (mm^3)
Rectángulo	$120 \times 80 = 9.6 \times 10^3$	60	40	$+576 \times 10^3$	$+384 \times 10^3$
Triángulo	$\frac{120 \times 60}{2} = 3.6 \times 10^3$	40	-20	$+144 \times 10^3$	-72×10^3
Semicírculo	$\frac{\pi \times 60^2}{2} = 5.655 \times 10^3$	60	105.46	$+339.3 \times 10^3$	$+596.4 \times 10^3$
Círculo	$-\pi \times 40^2 = -5.02 \times 10^3$	60	80	-301.6×10^3	-402.2×10^3
Sumatoria	13.828×10^3			$+757.7x10^3$	$+506.2x10^3$

Coordenadas del centroide de la figura

Coordenada en x

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{x}A}{\sum A} \qquad \bar{X} = \frac{+757.7x10^3 mm^3}{13.828x10^3 mm^2} \qquad \bar{X} = 54.8mm$$

Coordenada en y

$$\bar{Y} = \frac{\sum \bar{y}A}{\sum A} \qquad \bar{Y} = \frac{+506.2x10^3 mm^3}{13.828x10^3 mm^2} \qquad \bar{Y} = 36.6mm$$

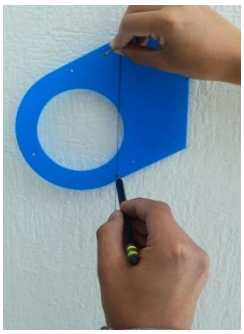
Método experimental

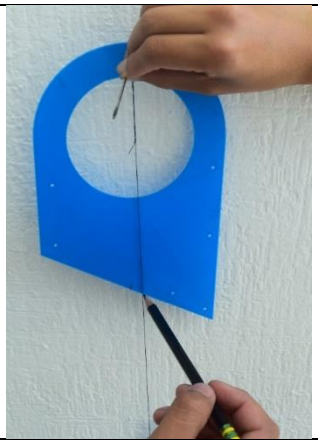
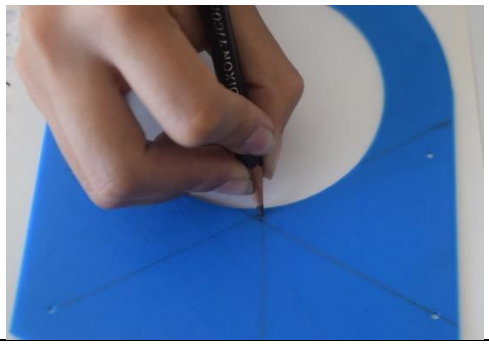
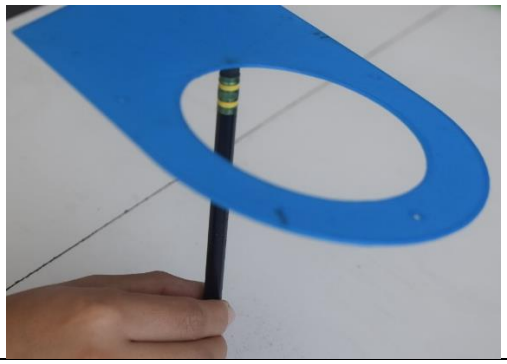
Guía instruccional para la satisfacción del objetivo establecido

Desarrollo elaborado por medio experimental teniendo como propósito evaluar lo identificado en clase para una mejor apreciación de los conceptos teóricos abordados en el salón de clases. Se presenta de forma instruccional para un mejor seguimiento por el alumno.

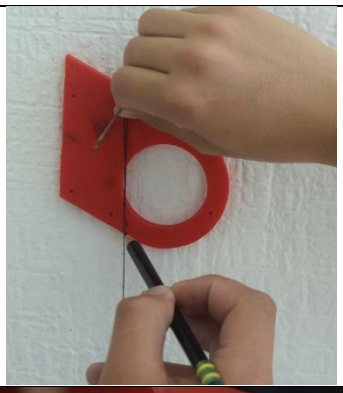
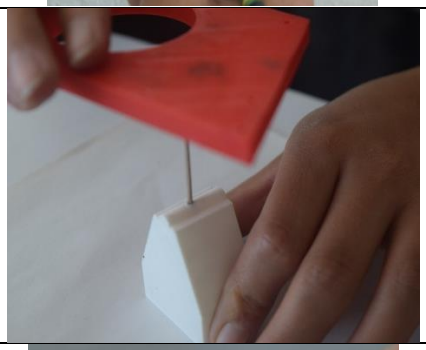
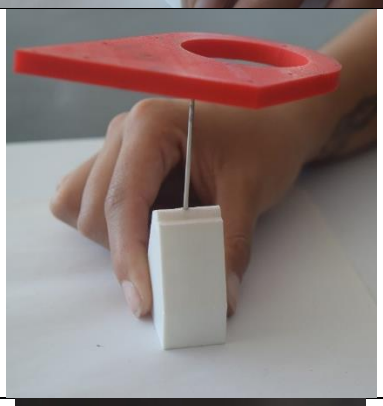
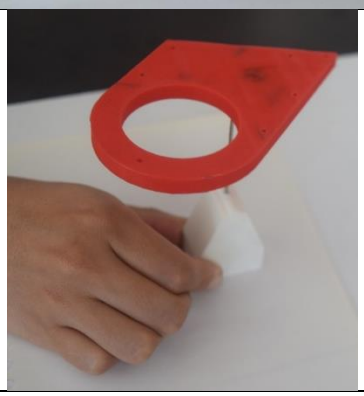
1. Identificar el material requerido:
    - Material impreso en 3D (Placa, pesa y base)
    - Hilo Delgado de 20 a 30 cm
    - Tachuela
    - Regla
    - Marcador
2. Ubicar el espacio de trabajo: se recomienda una pared lisa.
3. Hacer un nudo en la parte superior de la pesa con un extremo del hilo.
4. En el extremo opuesto del hilo: hacer un nudo de forma que pueda colgarse la pesa.
5. Elegir 3 orificios de la placa donde se ubicará la tachuela.
6. En la tachuela colocar el nudo hecho en el hilo, mas uno de los orificios elegidos en el paso anterior.

Para la placa de área

Instrucción	Imagen
Ubicar la tachuela en el espacio de trabajo elegido en el paso 2. Observe que la pesa tiende a colgar de forma que el hilo se tensa, logrando atravesar la placa.	
Marcar el extremo opuesto al orificio elegido que siguiendo la línea del hilo.	

Con ayuda de la regla y el marcador unir el orificio elegido y la marca hecha en el paso anterior.	
Repetir del paso 6 al 9 con los 2 orificios restantes.	
Ubicar el punto de intersección de las líneas marcadas.	
Ubicar las coordenadas del punto encontrado en el paso 11. Observe que las coordenadas encontradas en la práctica coinciden con las calculadas analíticamente en la evaluación diagnostica. Por lo tanto, tenemos el centroide de la figura.	

Para la placa de volumen

Repetir los pasos del 1- 12 para la placa de volumen. Observe que el punto del centro de gravedad coincide con uno de los barrenos hechos en la figura.	
Apoye la placa en la aguja sobresaliente de la base proporcionada.	
Haga girar la placa mientras está suspendida con ayuda de la base. Observe que tiene un ritmo constante de giro.	
Coloque la aguja de la base en otro de los barrenos de la placa y repita el paso 14.	

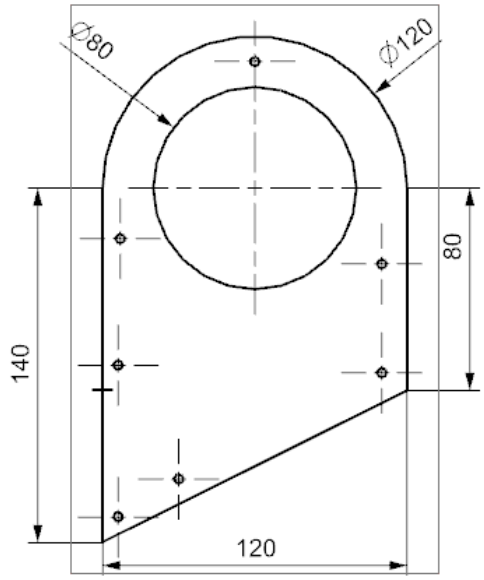
Anexos

Anexo 1.- Formato para documentar los resultados obtenidos analítica y experimentalmente.

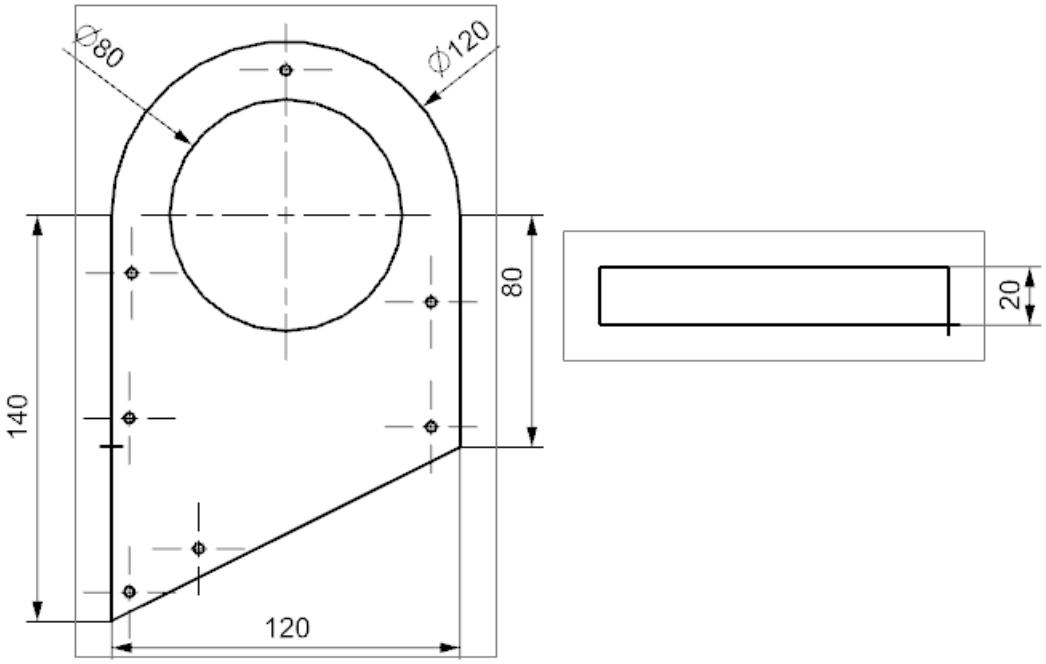
Formato 1.- Documentación de las coordenadas obtenidas

Centroide	
Método	**Coordenadas**
Analítico	**(54.8,36.6)**
Experimental	**(54, 37)**
Centro de Gravedad	
Método	**Coordenadas**
Analítico	**(54.8,36.6,10)**
Experimental	**(54,37,10)**

Anexo 2a.- Evaluación diagnostica (centroide) (mm)



Anexo 2b.- Evaluación diagnostica (centro de gravedad) (mm)



2. Determinación del momento de inercia

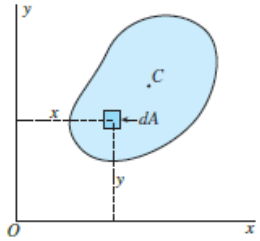
Objetivo

Relacionar los conceptos de momento de inercia de manera analítica y física.

Marco de referencia

Los **momentos de inercia** de un área plana (figura 12.9) con respecto a los ejes *x* y *y*, respectivamente, están definidos por las integrales: [24]

$$I_X = \int y^2 dA \qquad\qquad I_y = \int x^2 dA$$



en donde x y y son las coordenadas del elemento diferencial de área dA.

Dado que el elemento dA se multiplica por el cuadrado de la distancia desde

el eje de referencia, los momentos de inercia también se denominan segundos

momentos de inercia. Además, vemos que los momentos de inercia de las áreas (a diferencia de los momentos estáticos) siempre son cantidades positivas.

Requerimientos previos (conocimientos)

- Definición de momento de inercia
- Calculo de momento de inercia

Producto

Tabla comparativa de los momentos de inercia calculados analíticamente y cuestionario explicativo sobre los conceptos de momentos de inercia.

Insumos

Cantidad	Materiales
2	Modelos impresos en 3D
2	Planos de los modelos
1	Lápiz #2
1	Sacapuntas
	Equipo
1	Calculadora digital
1	Regla

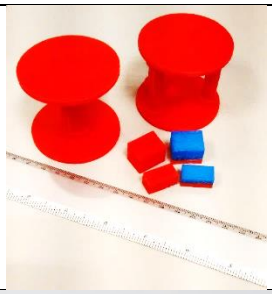
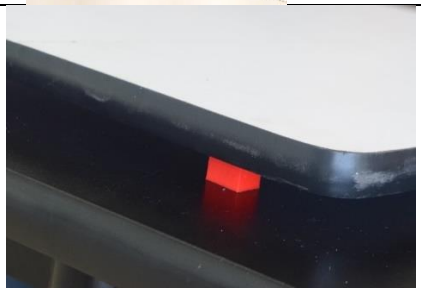
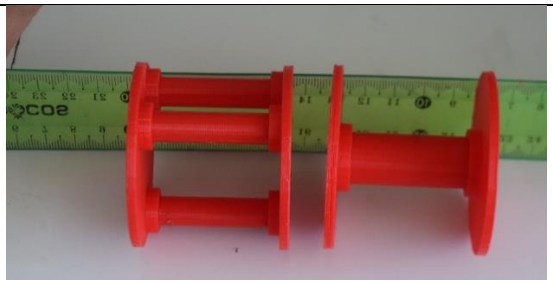
Desarrollo de la instrucción

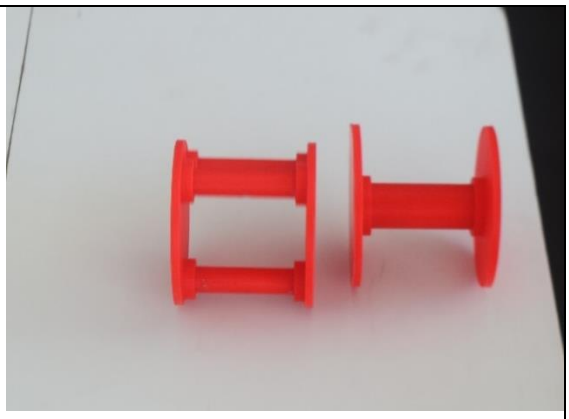
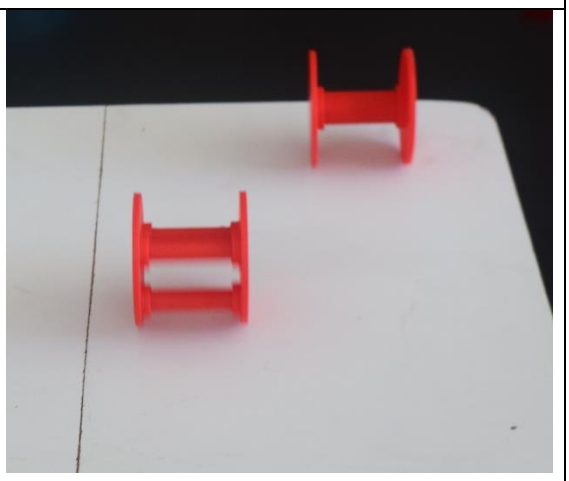
Evaluación diagnostica

Calcular el momento de inercia para los modelos didácticos impresos en 3D (Anexo 1a y 1b).

Guía instruccional para la satisfacción del objetivo establecido

Para el desarrollo experimental se incluye una serie actividades instruccionales que facilitan el cumplimiento del objetivo, facilitando la absorción de los conocimientos por los alumnos.

Identificar el material requerido: • Material impreso en 3D • Superficie lisa firme (libreta, libro, carpeta) • Regla	
Un integrante deberá mantener la superficie lisa con un ángulo α con respecto a la mesa de trabajo. (Utilice los bloques proporcionados)	
Ubicar los modelos alineados en la parte superior de la superficie y detenerlos con ayuda de la regla.	

Mover la regla lo más rápido posible de manera que se permita; al mismo tiempo, el inicio de la carrera de ambos modelos.	
Repetir los pasos 4, 5 y 6 aumentando el ángulo α de la superficie con respecto de la mesa de trabajo, las veces que el equipo considere necesarias. (Utilice los bloques proporcionados)	

Anexo 1.- Formato para documentación de los resultados obtenidos analíticamente.

Formato 1.- Para documentar los datos calculados

	Volumen (cm^3)	ρ (gr/cm^3)	Masa (gr)	Radio (r) (mm)	r^2 (mm^2)	Inercia (mm^2*gr)
Masa concentrada	**26.82**	**1.241**	**33.283**	**1.12**	**1.2544**	**41.75**
Masa distribuida	**27.65**	**1.241**	**34.313**	**3.5**	**12.25**	**420.33**

Anexo 2.- Cuestionario de explicativo: Momento de Inercia experimental.

1. ¿Cuál de los modelos termino el recorrido primero en las pruebas?

   El modelo de masa concentrada.

2. ¿Por qué consideras que ocurrió esto?

   Porque la inercia es menor, por lo tanto, es más fácil que la gravedad (actuando como fuerza externa) someta a la inercia de ese modelo, que al valor del de masa distribuida.

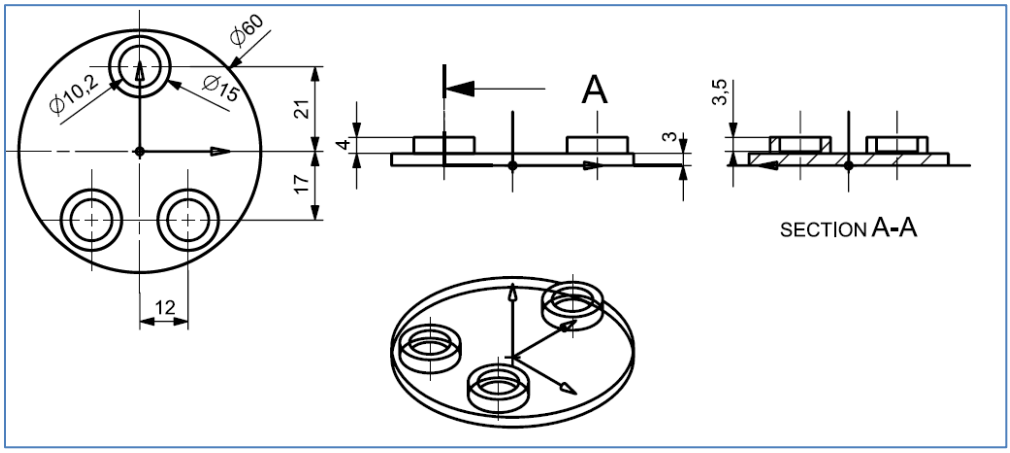
3. Según los cálculos realizados, ¿Qué modelo es el que debería llegar primero?

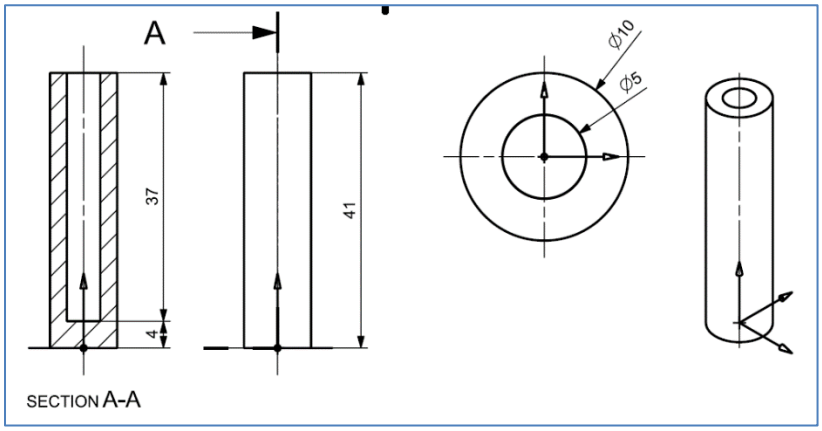
   El modelo de masa concentrada.

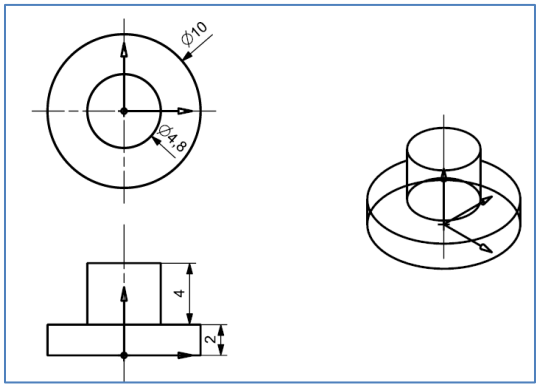
4. ¿Los cálculos y las pruebas coinciden en el modelo que debe llegar primero?

   Si coinciden, lo físico puede hacer una representación de lo teórico.

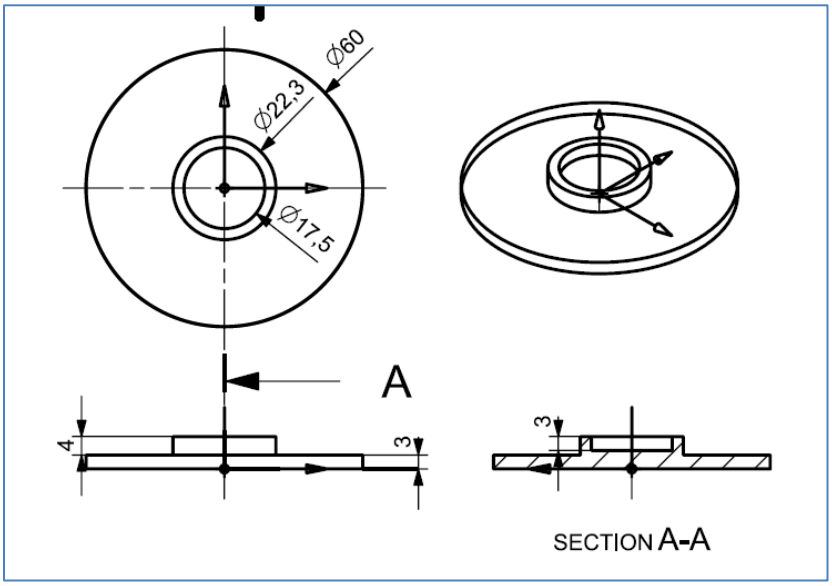
Anexo 3-A.- Evaluación diagnostica (masa distribuida) (mm)

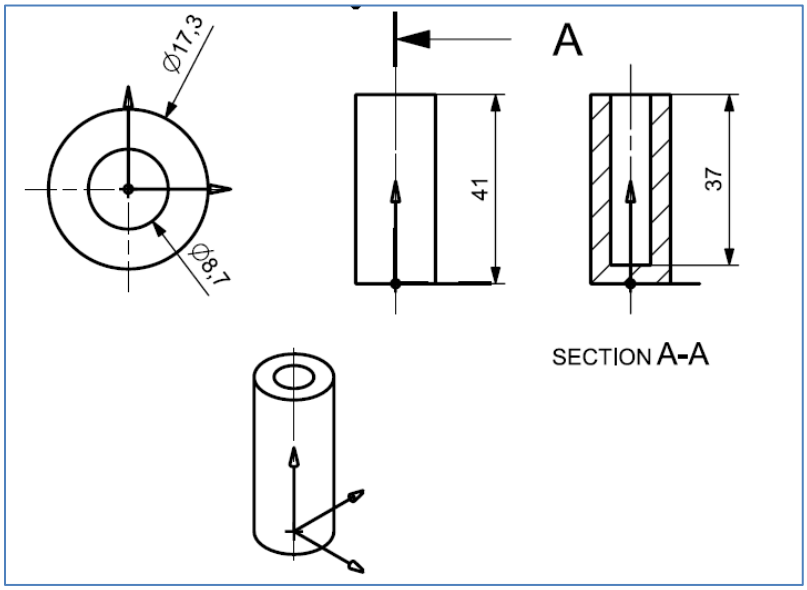






Anexo 3-B.- Evaluación diagnostica (masa concentrada) (mm)





3. Cálculo de esfuerzos normales y cortantes

Objetivo

El alumno identificará los diferentes tipos de esfuerzos que pueden encontrarse en una placa al aplicar fuerza constante.

Requerimientos previos (conocimientos):

- Definiciones y teoría básica del cálculo de esfuerzos y deformaciones
- Calculo de esfuerzos

Existe cierta relación entre lo aplicable en la siguiente practica y los conocimientos previos solicitados.

Producto

Tabla comparativa de los esfuerzos calculados e identificados.

Insumos

Cantidad	Materiales
3	Modelos impresos en 3D
3	Planos de los modelos
1	Lápiz #2
1	Sacapuntas
1	Tablas de datos técnicos del material de los modelos
1	Curva E – D del material de los modelos para cotejo
1	Formato para llenar al terminar la practica (Tabla: Actividad)
Equipo	
1	Vernier Digital
1	Calculadora científica

Tabla 1.- Insumos para el desarrollo de la practica

Desarrollo de la instrucción

El desarrollo presentado a continuación por medio de una práctica experimental tiene como propósito el complementar el conocimiento estudiantil para lograr un mejor entendimiento de lo visto en el aula.

Con base a los conocimientos previos en el área de la Mecánica de Solidos los estudiantes serán capaces de complementar su educación logrando una conceptualización plena de lo abordado en el salón de clases.

Evaluación diagnostica

Si tenemos una placa sometida a una carga de 20 kg. Complete la siguiente tabla con ayuda de los anexos.

Material	**Módulo de Young (MPa)**	**$\sigma_{calculado}$ (MPa)**	**$\sigma_{máx}$ (Limite elástico)**	**Factor de Servicio**
ABS	898.0	**0.22**	**35**	**159.0909**

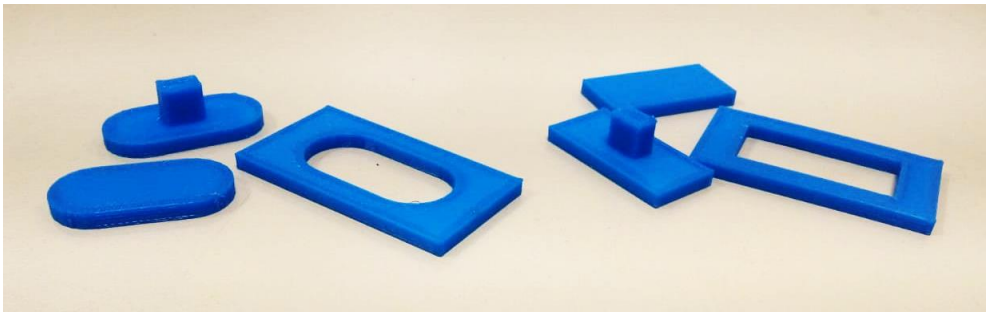
Esfuerzo normal = $\sigma = \frac{F}{A}$ donde; F = fuerza, A = área a la que se le aplica el normal.

Factor de servicio = $fs = \frac{\sigma_{máx}}{\sigma_{calculado}}$

Guía instruccional para la satisfacción del objetivo establecido

Es necesario contar con el material didáctico elaborado mediante impresión 3D para realizar las actividades, como lo es (Figura 1):

- Placas impresas en 3D
- Punzones con forma impresos en 3D (Ovalada, circular y rectangular)
- Bloques



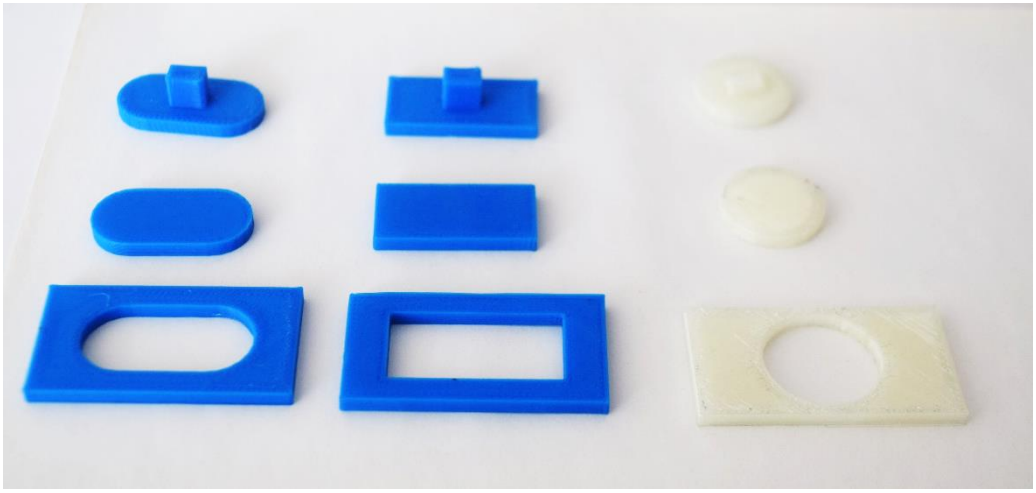


Figura 1.- Material didáctico (impresión 3D)

Es necesario el armado de los materiales para lograr una mejor visualización de los resultados (identificación de los conceptos analíticos, físicamente) por lo tanto, se requiere la unión de las placas rectangulares con su respectiva placa con forma, tal como se muestra en la Figura 2.

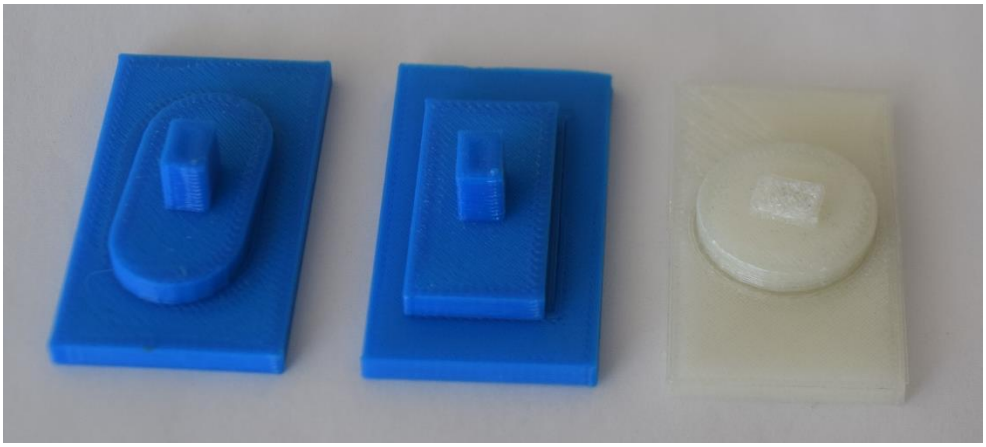


Figura 2.- Armado de la placa base

Se deberá colocar la placa base en una superficie rígida y plana que permita un adecuado acceso al usuario que aplicará la fuerza posteriormente. Para poder identificar el esfuerzo normal aplicado en la placa base será necesario aplicar una fuerza puntual; con ayuda del punzón, perpendicularmente a la placa base (Figura 3). Observe que la placa base no está obteniendo deformaciones por lo cual podemos decir que el esfuerzo normal aplicado se encuentra dentro del límite elástico del material con el que está elaborada (ABS).

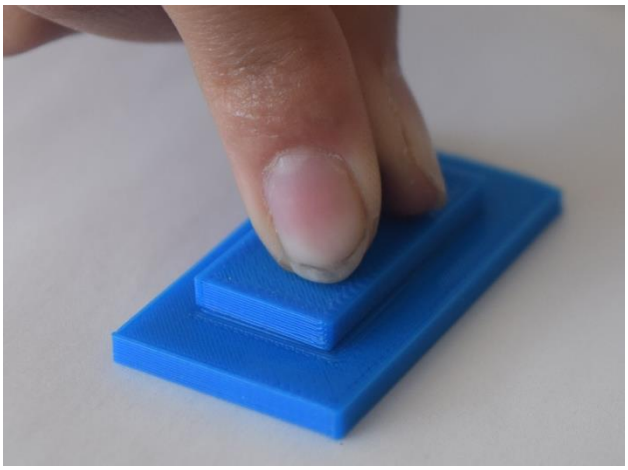
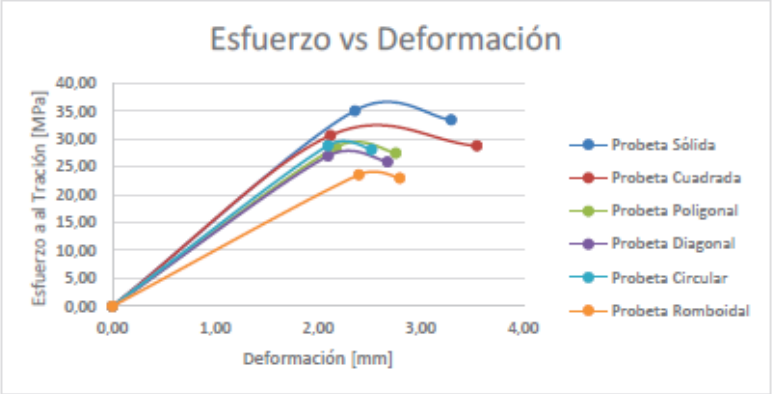


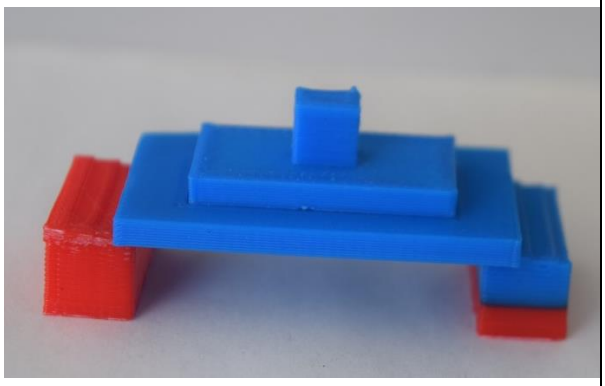
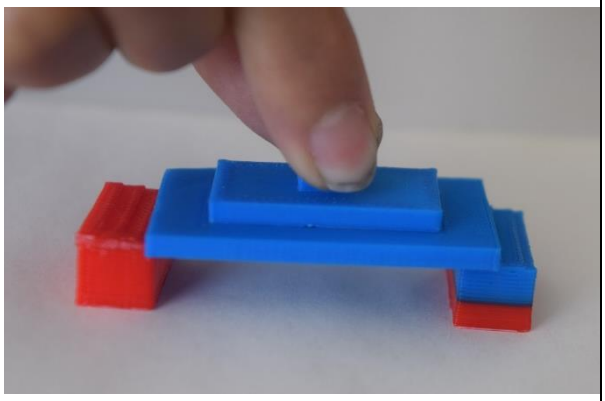
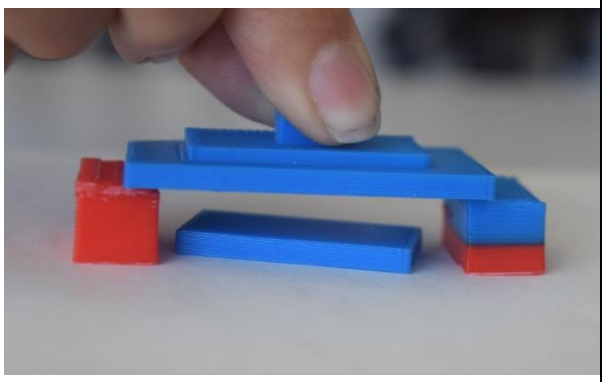
Figura 3.- Aplicación de la carga puntual en la placa base con ayuda del punzón

Al terminar el ensayo se procede a elaborar una tabla que recolecte los resultados obtenidos analíticamente en la actividad diagnostica teniendo en cuenta que se le aplica una carga de 20 kg, en la cual podemos observar que el esfuerzo normal aplicado al material de apoyo (modelo didáctico) está dentro del límite elástico, entonces no ocurre una deformación permanente, así que al retirar la carga el material podrá regresar a su estado normal.

Para validar nuestros resultados obtenidos hicimos la comparación del valor del esfuerzo normal contra el esfuerzo normal máximo (limite elástico) del material utilizado (ABS).



Grafica 1.- Grafica Esfuerzo – Deformación que representa el esfuerzo normal en el material ABS

A continuación, se deberá colocar la placa base sobre los bloques proporcionados y aplicar fuerza con el punzón en el centro de esta.	
Ubica el punzón en el centro de la placa y aplique fuerza.	
Aplique fuerza utilizando el punzón justo en el centro de la placa. Observe que aplicando la fuerza suficiente se logra obtener un orificio con la forma exacta del punzón, expulsando el material entre los bloques, la placa está sufriendo un esfuerzo cortante con respecto a sus planos longitudinales consiguiendo que haya un corte del material. Este es el principio de funcionamiento de una troqueladora.	

Resultados

Tabla 1. Esfuerzo Normal

	Área (mm^2)	Fuerza	E (MPa)	G (MPa)	Esfuerzo Normal (MPa)
Modelo 1	**878.019**	**196.2**	**871**	**435.5**	**0.22**
Modelo 2	**450**	**196.2**	**871**	**435.5**	**0.436**
Modelo 3	**307.9**	**196.2**	**871**	**535.5**	**0.637**

Tabla 1.-Cáculo del esfuerzo normal

Esfuerzo normal = $\sigma = \frac{F}{A}$ donde; F = fuerza, A = área a la que se le aplica el normal.

Tabla 2. Esfuerzo Cortante

	Área (mm^2)	Fuerza (N)	E (MPa)	G (MPa)	Esfuerzo Cortante (MPa)
Modelo 1	**270**	**196,2**	**871**	**435.5**	**0.726**
Modelo 2	**231.371**	**196,2**	**871**	**435.5**	**0.847**
Modelo 3	**188.495**	**196,2**	**871**	**535.5**	**1.04**

Tabla 2.- Cálculo del esfuerzo cortante

Esfuerzo cortante = $\tau = \frac{F}{A}$ donde; F = fuerza, A = área a la que se le aplica el cortante.

Tabla 3 Resistencia a la Fluencia, Deformación y Módulo de Elasticidad

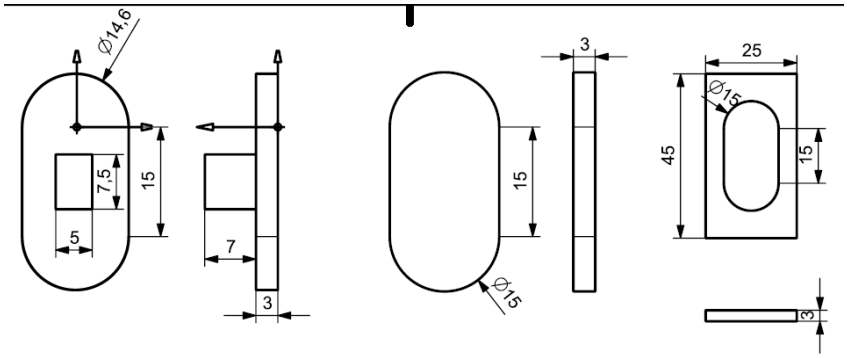
Probeta ABS	Resistencia a la Fluencia [MPa]	% de Deformación a la Fluencia	Resistencia última a la Fluencia [MPa]	% de Deformación última a la Fluencia	Módulo de Young [MPa]
Sólida 4	36,40	6,03	35,00	7,59	898,0
Sólida 5	33,70	5,32	32,10	6,41	871,0
$\bar{x}$	35.10	5,65	33,20	7,47	905,0
σ	1,15	0,36	1,21	0,84	33,5

Tabla 3.- Resistencia a la fluencia, Deformación y Modulo de elasticidad para solidos (Material: ABS)

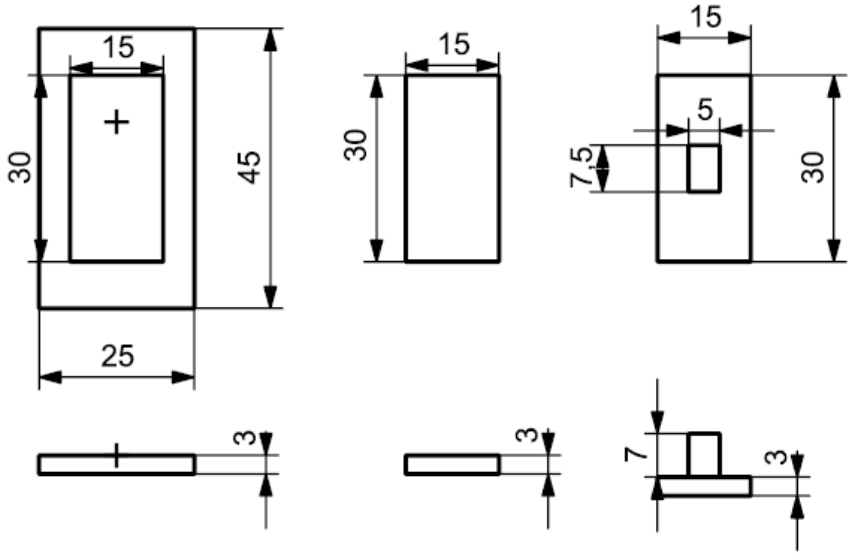
Módulo de rigidez = $G = \frac{E}{2(1-v)} \approx \frac{E}{2}$ donde; E = modulo de Young, v = módulo de Poisson.

Modelos

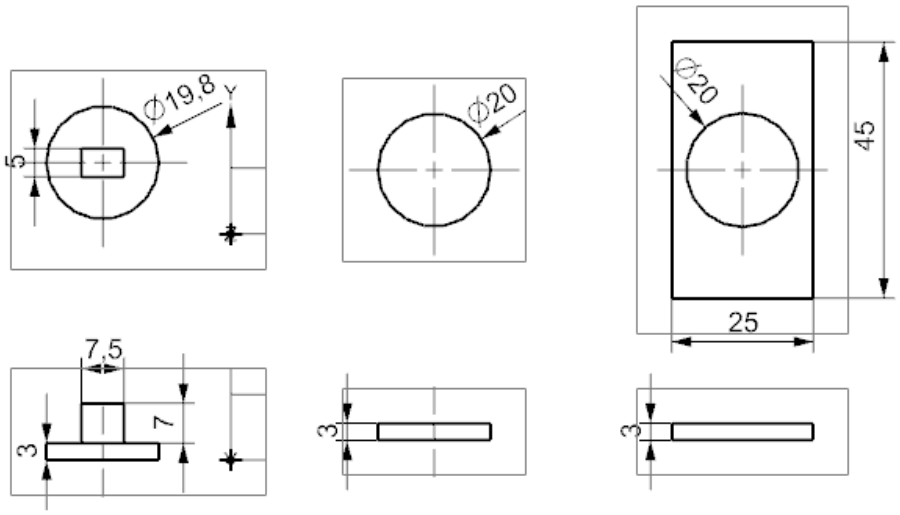
Modelo 1 (mm)



Modelo 2 (mm)



Modelo 3 (mm)



4. Prueba de tensión

Objetivo

Que el alumno trace la curva esfuerzo-deformación (E-D) de una probeta de ensaye de aluminio sometida a requerimentos de diseño mecánico de acuerdo a la norma ASTM E8 o ISO-6892.

Requerimientos previos (conocimientos)

- Metrología dimensional
- Dibujo técnico
- Disponibilidad del educando
- Medidas de seguridad e higiene industrial

La relación que guardan estos conocimientos previos con respecto a la unidad de competencia se puede apreciar en la figura 7.

Producto

Gráfica de la curva Esfuerzo-Defomación del material metalico en estado sólido, trazada en formato de hoja de excel.

Insumos

Cantidad	MATERIALES
1	Probeta de aluminio para ensaye de acuerdo con la norma ASTM E8 o 6892 sin someter a prueba de tensión
3	Probetas de aluminio para ensaye de acuerdo con la norma ASTM E8 O ISO 6892 sometidas a pruebas de tensión
1	Formato de recolección de datos de medición
1	Formato para el trazo de la gráfica E-D
1	Lápiz # 2
1	Sacapuntas
1	Hoja de datos técnicos de la probeta de ensaye (ver ANEXO 2)
1	Formato de Evaluación (ver ANEXO 3)
1	Curva E-D, para cotejo (ver figura 11)
	EQUIPO
1	Juego de escuadras
1	Vernier digital
1	Regla de medición
1	Calculadora básica

Tabla 2.- Insumos para el desarrollo de la competencia.

Descripción del puesto de trabajo

UNIDAD DE COMPETENCIA "MECÁNICA DE SÓLIDOS II"	
OBJETIVO	Comprenderá el comportamiento de los materiales sólidos ante las solicitaciones del diseño mecánico, mediante el análisis de las propiedades mecánicas a través del comportamiento del material a través de una curva E-D.
NIVEL	**3**
PUESTO	Analista de propiedades mecánicas de los materiales metálicos en estado sólido.
CARACTERÍSTICAS	✓ Realiza pruebas de tensión en probetas y deflexión en vigas. ✓ Analiza esfuerzos mediante el círculo de Mohr (axial y cortante). ✓ Gráfica curva E-D. ✓ Analiza esfuerzos de tensión.
PRODUCTO DE APRENDIZAJE	Trazo de la gráfica E-D del material aluminio 6061-T6.
DESCRIPCIÓN	La unidad de competencia de mecánica de sólidos es una propuesta como salida lateral que se puede ofrecer a los estudiantes de educación superior que se ven obligados al abandono de sus estudios después del tercer año de estudios. Esta unidad de competencia se valida mediante la presentación de la evaluación de la instrucción declarada en el presente documento y se oficializa mediante dos diplomas que se emiten de común acuerdo, pero independientes en su emisión entre la institución ofertante y la STyPS.
El aval de haber adquirido esta competencia habilita al educando-aprendiz a trabajar como analista de propiedades mecánicas de los materiales metálicos en estado sólido en empresas metalmecánicas y de la construcción	

TABLA 3.- Caracterización de la unidad de competencia.

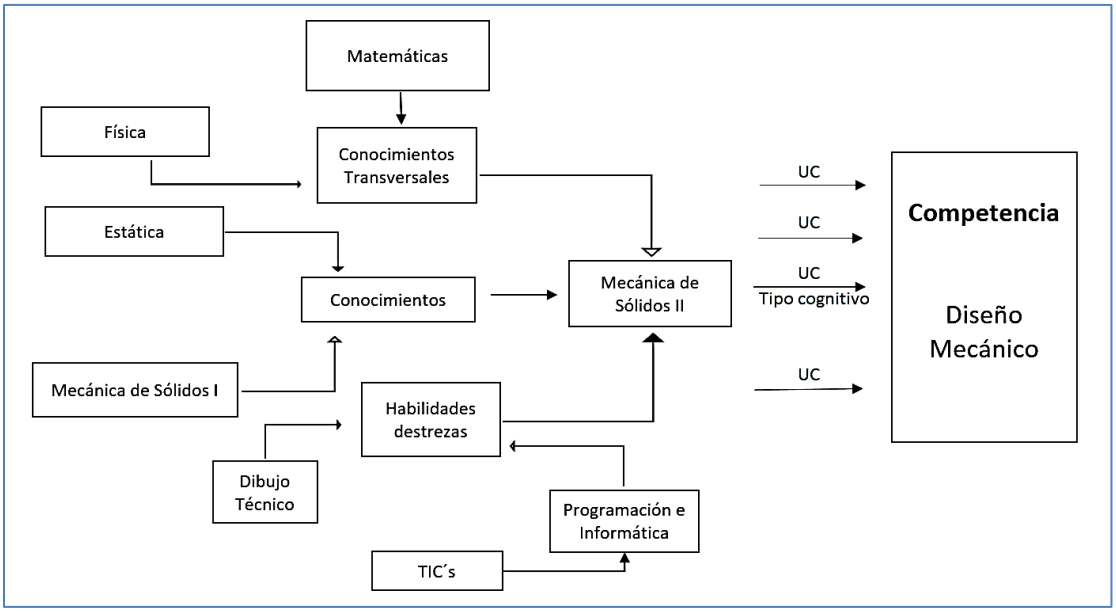


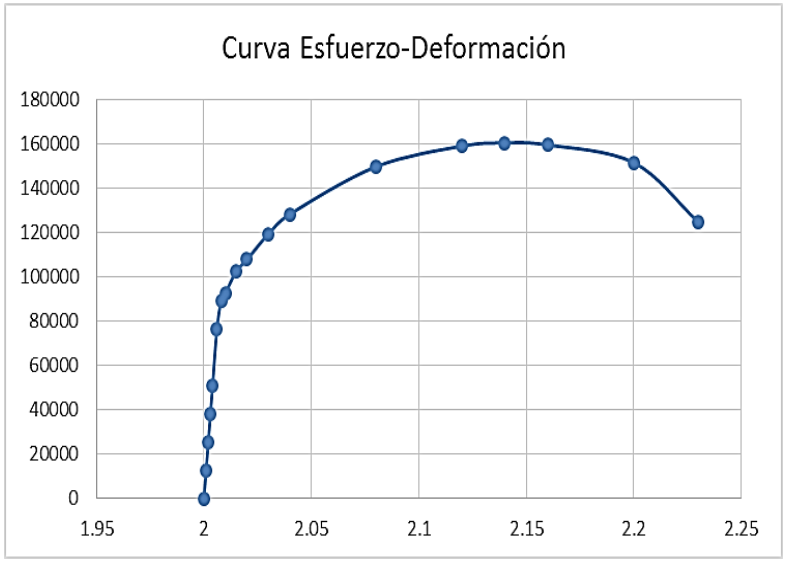
Figura 7.- Representación gráfica de la unidad de competencia.

Desarrollo de la instrucción

El desarrollo instruccional que se presenta a continuación como un caso de estudio, muestra la pertinencia y viabilidad de la propuesta, para ser llevada a cabo y mantener una alta responsabilidad social hacia los estudiantes de educación superior, que ven truncadas sus aspiraciones a un título profesional.

Evaluación diagnóstica

Se tiene una probeta cilíndrica de acero inoxidable con un diámetro de 0.505 pulgadas y una longitud de prueba de 2.0 pulgadas, se ha ensayado a tensión la probeta. Los datos tabulados corresponden a la información del material ACERO. Utilice las características de la gráfica Esfuerzo-Deformación (ver tabla 4 y figura 8) para dar



respuesta a lo solicitado en los puntos 1 al 5:

Carga (lbf)	Longitud (plg)
0	2.000
12700	2.001
25400	2.002
38100	2.003
50800	2.004
76200	2.006
89100	2.008
92700	2.010
102500	2.015
107800	2.020
119400	2.030
128300	2.040
149700	2.080
159000	2.120
160400	2.140
159500	2.160
151500	2.200
124700	2.230

Tabla 4 y figura 8.- Representación de las características mecánicas del material mediante una gráfica E-D.

1. Calcular el Módulo de Elasticidad
2. Calcular el límite de Proporcionalidad
3. Determinar el límite de Fluencia o Cedencia
4. Determinar el Esfuerzo de Tensión
5. Observaciones de comportamiento del material

Secuencia a desarrollar para obtener evaluación satisfactoria en la unidad de competencia Mecánica de Sólidos

Al realizar una prueba de ensayo a tensión es necesario contar con una probeta de ensayo (medidas ver anexo 2) que se ajuste a los requerimientos geométricos de la norma ISO 6892, para ello se utilizan las herramientas mostradas en la imagen 1.

Imagen 1.- Preparación de las herramientas para maquinado de la probeta.

La precisión de la prueba a realizar depende de la repetitividad de los resultados obtenidos en una serie de prueba por consiguiente se han maquinado 3 probetas (imagen 2a) que permitirán identificar desviaciones en el comportamiento del material de acuerdo a su capacidad de carga, y propiedades mecánicas que pueden ser mostradas en una curva E-D.

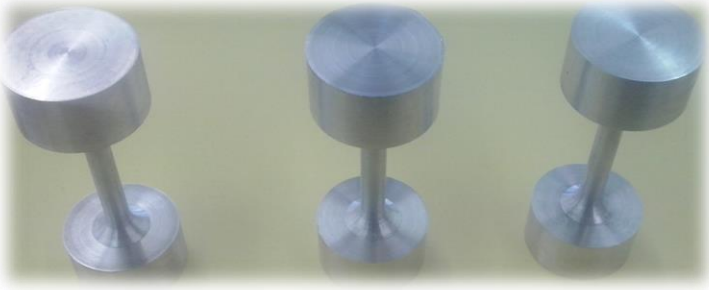


Imagen 2a.- Probeta maquinada de acuerdo bajo norma.

La probeta debe tener un acabado superficial liso y libre de imperfecciones o estrías en la longitud de prueba y el cuello de la misma (imagen 2b).

Imagen 2b.- Probeta maquinada de acuerdo con especificaciones.

Al montar la probeta en la máquina de ensayo a la tensión es necesario contar con un sistema de agarre tipo caja que permita la adecuada sujeción de la probeta de manera axial evitando los esfuerzos de torsión o cortante de la misma, mostrada en la imagen 3.

Imagen 3.- Preparación de la probeta para el montaje en la máquina de ensayo a tensión.

La máquina de ensayo a la tensión no se encuentra normalizada. Sin embargo, cuenta con una interface electrónica que permite mostrar los valores de fuerza que son medidos por un sensor de celda de carga y mostrados en un display de 8 segmentos que muestra la carga aplicada en valores del sistema internacional (KN) y al mismo tiempo cuanta con un ajuste de cero para contar con una referencia inicial sin estado de carga. Aún así los valores se consideran relativos a la precisión máxima que el equipo pueda proporcionar y deberán corregirse manualmente los datos de inicio con respecto a las condiciones de prueba, el registro de los datos será mediante los formatos mostrados en los anexos 1a y 1b.

El valor de desplazamiento se determina por medio de un medidor de caratula ajustado a un valor cero milésimas de pulgada, cuando la probeta se ajusta de manera manual y por experiencia a una posición relativa de inicio considerada como cero, pero ya con una precarga. Se puede observar el conjunto de ambos instrumentos en la imagen 4.

Imagen 4.- Montaje de la probeta en la máquina de ensayo a tensión.

En la imagen 5, se muestra los valores iniciales y finales de la probeta de ensayo, la cual fue llevada al máximo de su requerimiento a tensión y alcanzo un valor de desplazamiento de 214 milésimas de pulgada que en la conversión[1] a milímetros proporciona un valor de 5.43 milímetros.

También se puede realizar la conversión con la equivalencia:

1 mm = 0.03937 " = (39.37 milésimas de pulgada)

[1] Conversión realizada con el apoyo de la página web:
http://www.gutmann-group.com/draht/newsite/es/quickfinder/einheiten.html

Ensayo probeta 1

Imagen 5.- Resultados de la prueba de ensayo a tensión. Indicadores de caratula indicando el inicio y final del desplazamiento de la probeta.

En la figura 6 se muestra el máximo valor registrado para el punto de fluencia el cual tiene un valor de 7.7 KN, y a partir del cual la probeta comienza a absorber energía y pasa del límite elástico a la zona plástica, como referencia el valor de la fuerza de tensión comienza a descender.

Imagen 6.- Resultados de la prueba de ensayo a tensión. Indicador digital indicando la carga máxima soportada en KN.

La imagen 7a, permite visualizar el efecto de la acumulación de energía por parte del material que sufre una deformación inelástica, siendo imposible regresar a la forma geométrica original. Al continuar con la aplicación de carga el área transversal del cuello de la probeta

disminuye y al mismo tiempo se produce una elongación longitudinal sobre el eje de acción de la carga.

Detalle de la constricción de la probeta que se muestra máximo a un valor de 6.2 KN.

Imagen 7a.- Resultados de la prueba destructiva a tensión que muestra la zona de cambio del área transversal de la probeta.

Siendo constante la aplicación de la carga se llega a la destrucción de la probeta y al final de la prueba tomando como dato 5.2 KN que es el último valor obtenido en el medidor de la fuerza, ver imagen 7b, así mismo el valor de desplazamiento máximo se da en la imagen 5.

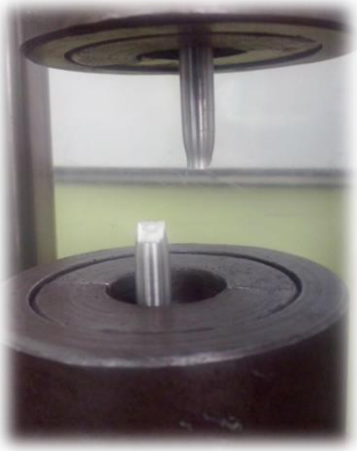


Imagen 7b.- Los resultados de la prueba destructiva a tensión, muestran como un sólido metálico puede ser llevado al límite sus propiedades mecánicas y fallar ante solicitaciones de diseño mecánico.

Valores límite de esfuerzo-deformación

Los datos de la tabla 4, muestran los resultados de la prueba experimental y las conversiones respectivas, para homologar unidades de medición.

	CARGA KN	LONGITUD mm	DEFORMACIONES milésimas pulg	DEFORMACIÓN mm
INICIAL	0	70	0	0
CEDENCIA	6.2	75	196.85	5
FINAL	5.2	77.28	214	5.43

Tabla 4.- Valores experimentales del ensayo a tensión.

Para validar los resultados experimentales se ensayan a destrucción 2 probetas adicionales y se llevan a zona de cedencia recolectando los datos registrados. Los resultados se muestran a continuación:

Ensayo probeta 2

En este ensayo se han tomado consideraciones adicionales que mejoran la experimentación y la precisión de los resultados (ver secuencia en imagen 8-23).

Imagen 8.- Ajuste de precarga a cero KN.

Imagen 9.- Ajuste a 0 milésimas de pulgada.

<table>
<tr><td>

Imagen 10.- Primer momento de carga a 3 KN.</td><td>
Imagen 11.- Desplazamiento a carga de 3 KN.</td></tr>
<tr><td colspan="2">A 3 KN se muestra un comportamiento elástico ya que el material regresa a un desplazamiento de 82 a cero milésimas de pulgada, igual a 2.082 mm.</td></tr>
<tr><td>

Imagen 12.- Segundo momento de carga a 5 KN.</td><td>
Imagen 13.- Desplazamiento a carga de 5 KN.</td></tr>
<tr><td colspan="2">A 5 KN se muestra un comportamiento elástico ya que el material regresa a un desplazamiento de 136 a cero milésimas de pulgada, igual a 3.45 mm.</td></tr>
<tr><td>

Imagen 14.- Tercer momento de carga a 7 KN.</td><td>
Imagen 15.- Desplazamiento a carga de 7 KN.</td></tr>
<tr><td colspan="2">A 7 KN se muestra un comportamiento elástico ya que el material regresa a un desplazamiento de 143 a cero milésimas de pulgada, igual a 3.63 mm.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>

Imagen 16.- Momento de carga a 7.6 KN.</td><td>
Imagen 17.- Retorno a cero milésimas de pulgada.</td></tr>
<tr><td colspan="2">A 7.6 KN se muestra un comportamiento elástico ya que el material regresa a un desplazamiento de 0 milésimas de pulgada.</td></tr>
<tr><td>

Imagen 18.- Probeta llevada a 9 KN de carga.</td><td>
Imagen 19.- El desplazamiento sufrido por la probeta es permanente.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Desplazamiento a carga de 9 KN, en este valor excedió la zona elástica y se encuentra en zona plástica, ya que el indicador de caratula no regresa a la posición de 0 milésimas de pulgada y muestra una deformación de 97 milésimas de pulgada más 100 milésimas es un total de 197 milésimas. Siendo 5.003 mm.</td></tr>
<tr><td>

Imagen 20.- Probeta llevada a 9.7 KN de carga.</td><td>
Imagen 21.- Deformación permanente de 0.45 mm.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Después de llegar a un máximo de 9.9 KN de carga donde el desplazamiento ha sido máximo, la carga disminuye a 9.7 KN, no hay retorno a la forma geométrica original y comienza el fenómeno de constricción y absorción de energía. A un valor de 9.7 KN el</td></tr>
</table>

desplazamiento es de 18 más 197 es un total de 215 milésimas de pulgada. Siendo 5.46 mm. Se continúa con la aplicación de la carga y llega a un valor de 8 KN, el material absorbe energía y se encuentra en cedencia.

Imagen 22.- Valor de carga cuando el material se encuentra en cedencia.

El desplazamiento es de 137 más 100 es igual a 237 milésimas de pulgada a una carga de 8 KN y cedencia de material de 6.01 mm, se observa la constricción del área. La fractura de la pieza se da a un valor de carga de 7.5 KN, no se registra desplazamiento por ser un valor no posible de medición, ya que se ha perdido la continuidad del material.

Imagen 23.- máxima desplazamiento del material y observación de la cedencia del material, así como la constricción del área transversal.

Discusión

Se muestra a continuación el resumen de las mediciones de las probetas de prueba 1, 2 y 3, que han sido ensayadas:

Fractura probeta 1 Carga 5.8 KN Longitud final 75.4 mm 	Fractura probeta 2 Carga 7.5 KN Longitud final 76 mm
Fractura probeta 3 Carga 8.5 Longitud final 76.1 mm 	

La tabla 4, concentran las mediciones realizadas y permite mediante una gráfica mostrar la curva E-D, en la figura 8.

Deformación		Esfuerzo	
0.000	mm	0.00	KN / mm^2
0.030	mm	0.11	KN / mm^2
0.053	mm	0.18	KN / mm^2
0.056	mm	0.25	KN / mm^2
0.071	mm	0.31	KN / mm^2
0.076	mm	0.31	KN / mm^2
0.077	mm	0.32	KN / mm^2
0.082	mm	0.28	KN / mm^2
0.083	mm	0.26	KN / mm^2
0.083	mm	0.00	KN / mm^2

Tabla 4. Datos recolectados por la experimentación de tres probetas para graficar una curva E-D

La tabla 5, concentra las mediciones realizadas durante la instrucción y permite mediante una gráfica mostrar la curva E-D, en la figura 9.

No. Probeta	Diámetro (d) (mm)	Área (mm2) $A = (\pi * d^2)/4$	Longitud inicial (Lo) (mm)	Longitud final (Lf) (mm)	Carga (F) (KN)	Deformación $\varepsilon = \frac{L_f - L_i}{L_i}$	Esfuerzo (N / mm2) $\sigma = F/A$	Comportamiento de las propiedades mecánicas
1	6	28.275	70	70	0	0.000	0.000	ZONA ELÁSTICA
2	6	28.275	70	75	3	0.000	0.106	
3	5	19.635	70	75	7	0.071	0.357	ZONA PLÁSTICA
4	5	19.635	70	75.3	9	0.071	0.458	
5	4.56	16.331	70	75.3	7	0.076	0.429	ROTURA
6	4.56	16.331	70	75.3	0	0.076	0.000	

Tabla 5. Datos recolectados por la instrucción para graficar una curva E-D.

La tabla 6, concentra las mediciones experimentales realizadas con un total de diez probetas y permite mediante una gráfica mostrar la curva E-D, en la figura 10. Para la gráfica de este grupo de datos se utilizó un valor de precarga de 0.058 mm y 0.01 KN / mm^2.

Deformación		Esfuerzo	
0.000	mm	0.00	KN / mm^2
0.085	mm	0.08	KN / mm^2
0.122	mm	0.18	KN / mm^2
0.155	mm	0.21	KN / mm^2
0.202	mm	0.22	KN / mm^2
0.235	mm	0.24	KN / mm^2
0.283	mm	0.26	KN / mm^2
0.341	mm	0.27	KN / mm^2
0.419	mm	0.28	KN / mm^2
0.464	mm	0.29	KN / mm^2
0.533	mm	0.29	KN / mm^2
0.591	mm	0.29	KN / mm^2
0.728	mm	0.29	KN / mm^2
0.781	mm	0.29	KN / mm^2
0.589	mm	0.27	KN / mm^2

Tabla 6. Datos recolectados por la experimentación de diez probetas para graficar una curva E-D.

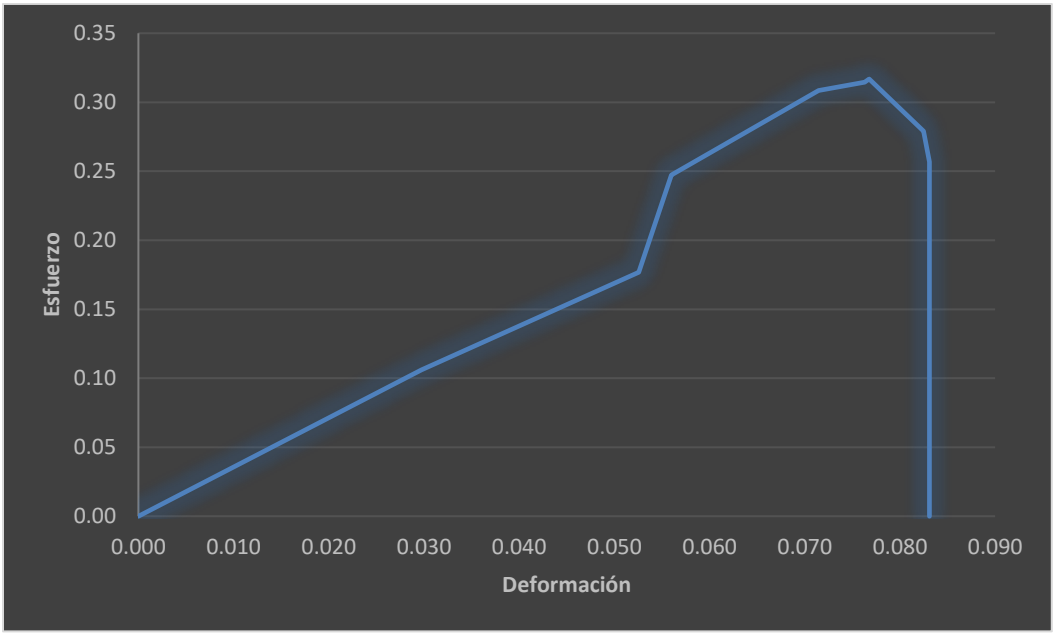


Figura 8.- Gráfica de la curva E-D, trazada con el promedio de los valores obtenidos de tres probetas ensayadas.

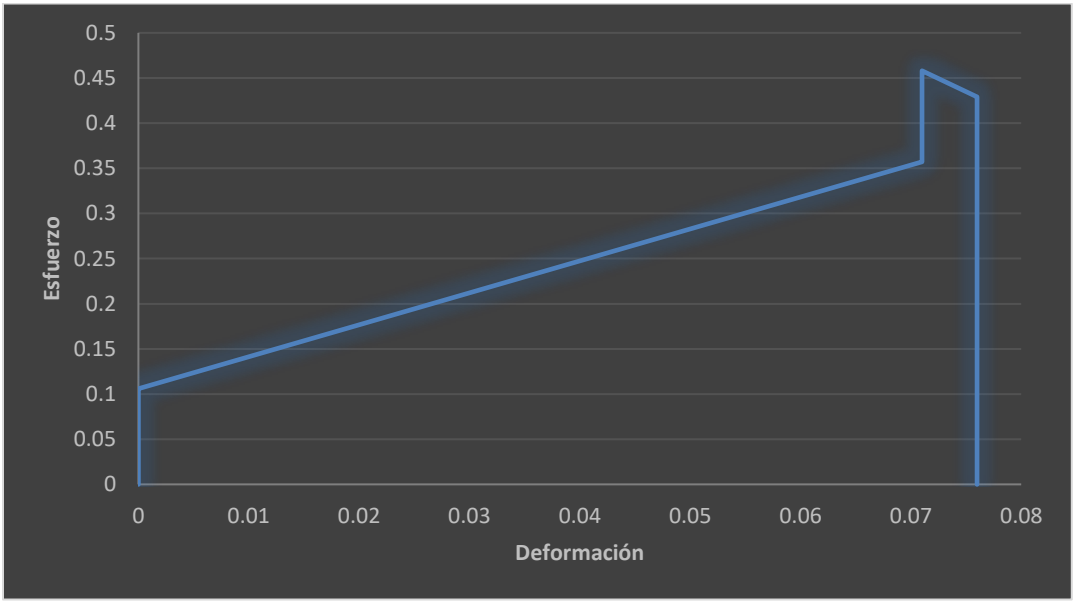


Figura 9.- Gráfica de la curva E-D, trazada con el promedio de los valores obtenidos de la instrucción

Figura 10.- Gráfica de la curva E-D, trazada con el promedio de los valores obtenidos de diez probetas ensayadas.

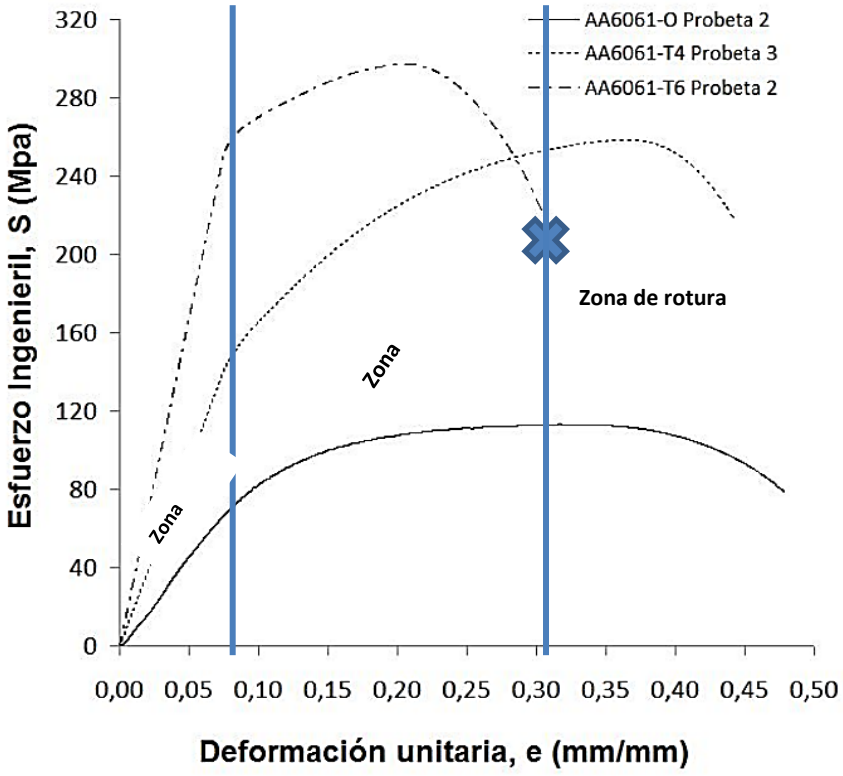


Figura 11.- Curva de E-D del material Aluminio 6061 de acuerdo a especificaciones del fabricante.

Anexos

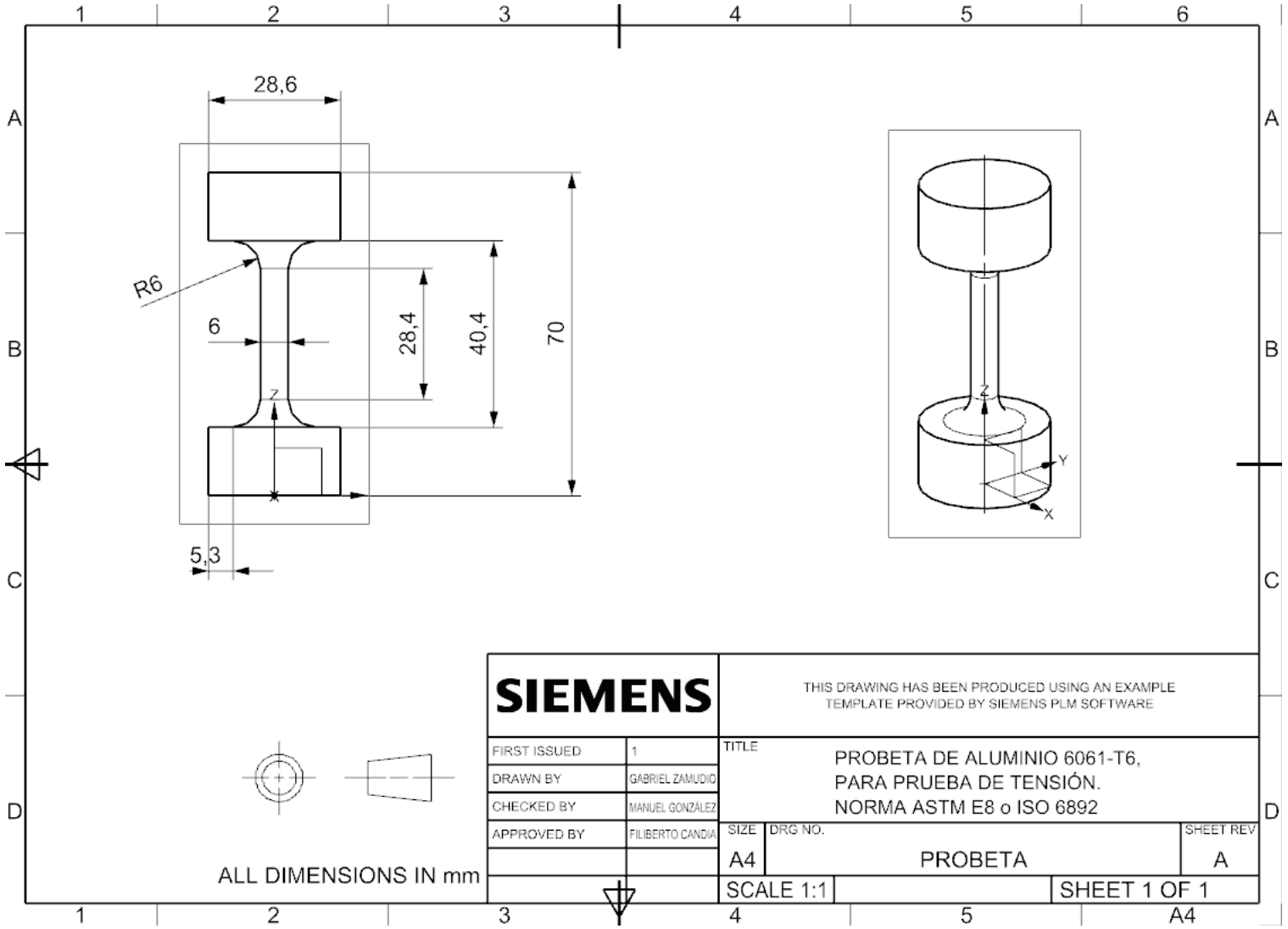
Anexo 1a.- Formato para documentar las mediciones de las probetas de ensayo, para el trazo de la curva E-D.

Formato 1.- Para la documentar las mediciones de las probetas

COLUMNA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
No. Probeta	Diámetro (d) (mm)	Área (mm^2) $A = (\pi * d^2)/4$	Longitud inicial (Li) (mm)	Longitud final (Lf) (mm)	Carga (F) (KN)	Esfuerzo (N/mm^2) $\sigma = F/A$	Deformación $\varepsilon = \frac{L_f - L_i}{L_i}$	Comportamiento de las propiedades mecánicas
1			70		0			
2			70	70.13	3			
3			70	70.74	7			
4			70		9			
5			70		7			
6			70		0			

Anexo 1b.- Formato para graficar la curva E-D.

Anexo 2.- Plano de maquinado de la probeta de ensayo.



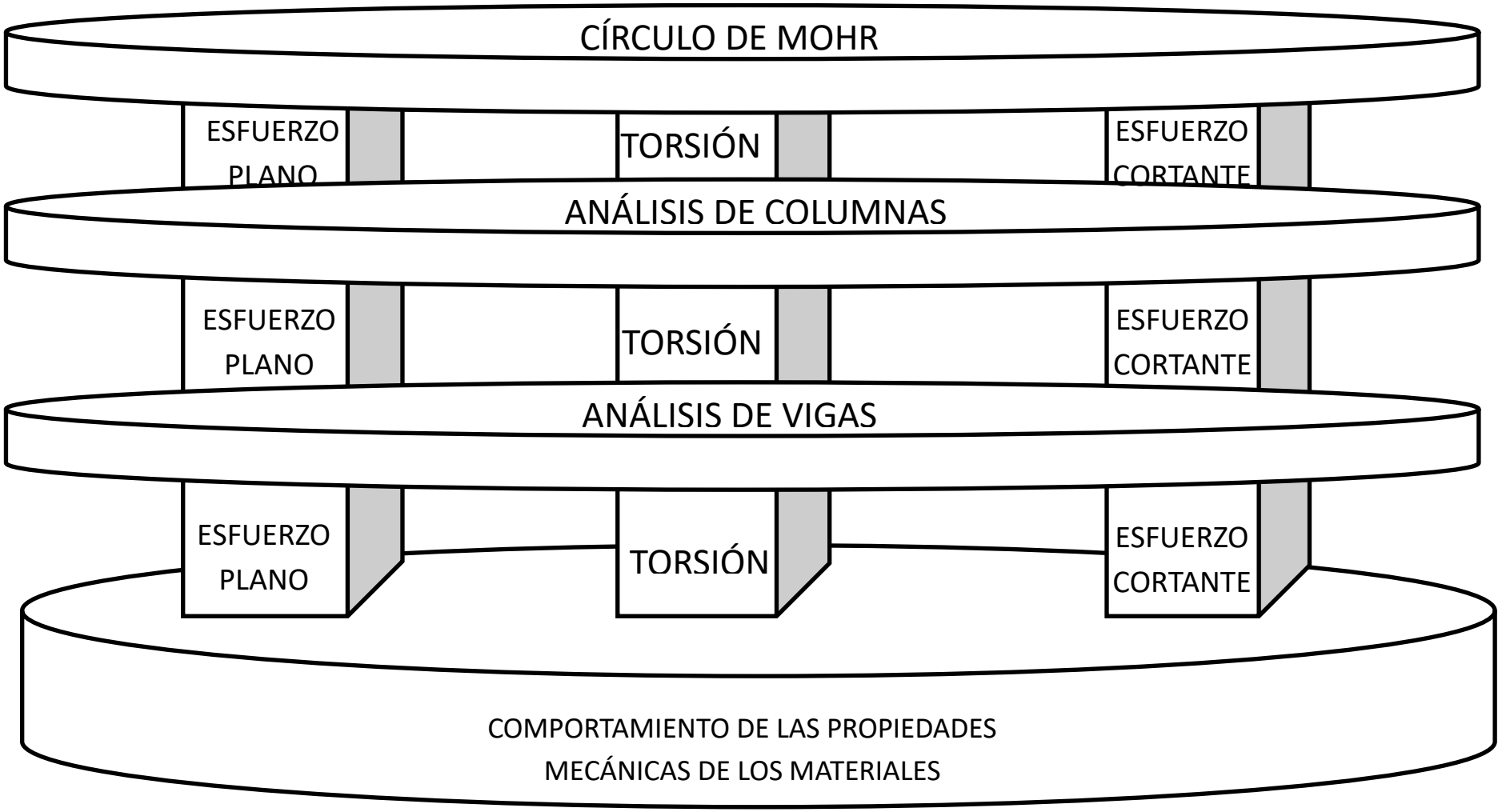
Anexo 3.- Formato de evaluación.

PUNTOS	NOTA
100-92	4
91-81	3
80-67	2
66-50	1

PUNTOS	

Calidad en el trabajo					RANGO			
Ritmo de trabajo	El aprendiz se ajusta al tiempo indicado a cada punto de la instrucción y no sobrepasa los 8 minutos para realizar el total de la instrucción				**4**	**3**	**2**	**1**
Capacidad de resistencia	El aprendiz tiene una actitud de confianza y responsabilidad en el uso de equipo de medición				**4**	**3**	**2**	**1**
Compromiso	El aprendiz realiza un adecuado uso del equipo (evita actos de descuido o daño deliberado) para realizar la instrucción				**4**	**3**	**2**	**1**
Autonomía	El aprendiz con apoyo de la hoja de instrucción aclara dudas y continua de manera autónoma el desarrollo del producto final				**4**	**3**	**2**	**1**
Esmero	El aprendiz organiza su actuar de manera que su área de trabajo se encuentra ordenada y limpia				**4**	**3**	**2**	**1**
(4) Resultado excelente cumple muy bien con todas las características	(3) Resultado bueno: cumple bien con todas las características	(2) Resultado bueno: cumple de forma regular con las características	(1) Resultado poco satisfactorio: cumple con dificultad o no logra cumplir las características		**PROMEDIO**			

Anexo 4.- Modelo esquemático de la implicación de la mecánica de sólidos en el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales metálicos sólidos.



6. Prueba de torsión

Objetivos

- Aplicar las ecuaciones de elasticidad al caso de la torsión pura.
- Determinar el módulo de cizalla de diferentes metales a partir de la medición de ángulos de deformación de varillas sometidas a torsión.

Teoría

En este experimento se aplicará una torsión a varillas cilíndricas de diferentes materiales. Para una torsión σ_{xy}, tenemos, según las ecuaciones I.11:

$$\gamma_{xz} = \frac{\sigma_{xz}}{G}$$

El dispositivo experimental es el siguiente: un extremo de una varilla, de longitud L, está fijo, mientras se aplica una torsión al otro extremo. El radio de la varilla es R. En la figura 2.1, $\sigma_{\phi z}$. Así el punto A del lado izquierdo gira un cierto ángulo ϕ y vuelve a A'. El ángulo $\theta = \widehat{ABA'}$ corresponde al ángulo α (o β) de la figura I.4, así que

$$\theta = \gamma_{\phi z} = \frac{\sigma_{\phi z}}{G}$$

Experimentalmente, es más fácil medir ϕ que θ, así que es necesario relacionar estos dos ángulos para despejar el módulo de flexión G.

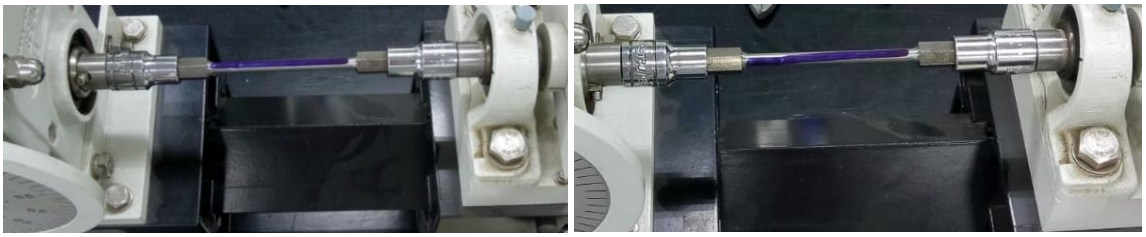


Figura 2.1. Varilla cilíndrica sometida a torsión. a) Antes de la torsión, los puntos A y B están a lo largo de la varilla. b) Después de la torsión, en el extremo izquierdo, el punto A giró hacia A', en un cierto angulo ϕ.

El arco s que recorrió el punto A mide s = Rϕ, pero también podemos aproximarlo por s = Lθ. Así:

$$\theta = \phi\frac{R}{L}\ , \qquad por\ lo\ que \qquad \sigma_{\phi z} = G\frac{R}{L}\phi\ .$$

En este sistema, se considera que la única componente no nula de los esfuerzos es $\sigma_{\phi z}$: Por definición (véase la figura 12), se aplica en una cara perpendicular al vector unitario $\hat{z}$ y tiene como dirección $\overleftarrow{\phi}$ (donde ($\hat{r}$, $\widehat{\phi}$, $\hat{z}$) son los vectores unitarios en coordenadas cilíndricas). De esta manera, la fuerza elementaría que corresponde a $\sigma_{\phi z}$ es dF_s =

$\sigma_{\phi z}$ r d ϕ dr y el momento de torsión alimentario que genera la deformación de la varilla apunta en la dirección, $\hat{z}$ y se relaciona con los componentes del tensor de esfuerzos por:

$$\text{dM} = dF = r\sigma_{\phi z} 2\pi \text{r dr}_s$$

Tomando en cuenta que la ecuación 2.2 es válida para cualquier radio interno de la varilla entonces:

$$\text{M} = \int_0^R dM = 2\pi\, G\frac{R}{L} \int_0^R r^3\, dr = \pi G \frac{R^4}{2L}\, \phi$$

Material requerido

- Dos soportes universales (dos bases con sus varillas verticales)
- Varilla corta, para mantener el indicador de ángulos
- Tres pinzas de doble nuez
- Varilla de material conocido (muestra por torcer)
- Sistema de polea con transportador
- Alambre
- Masas de 200g a 1.5kg
- Triangulo pequeño de papel, para indicar los ángulos

Procedimiento

Antes de nada, mida las características geométricas de la varilla; longitud total, L_{Tot}**;** diámetro 2r; o ancho, H; y grosor e. Pese la varilla y determine su densidad

La figura 2.2 muestra el dispositivo experimental. Para su montaje, disponga 2 varillas verticales en cada base. A una varilla vertical sujete un soporte puntual (1), en el que un extremo de la varilla (2) va a estar fijo. En la otra varilla vertical fije otro soporte puntual al cual se sujetará el sistema de polea con transportador (3). De este sistema colgará una masa (4).

La figura 2.3 muestra el sistema de polea con transportador de esta práctica. En la figura a se observan los diferentes componentes de un sistema. Un balero (5) se mantiene fijo por su parte externa a la varilla vertical. La parte interna del balero puede girar con un mínimo de fricción y soporta un eje que pasa por el transportador (6) y la polea (7), a la cual se cuelga.

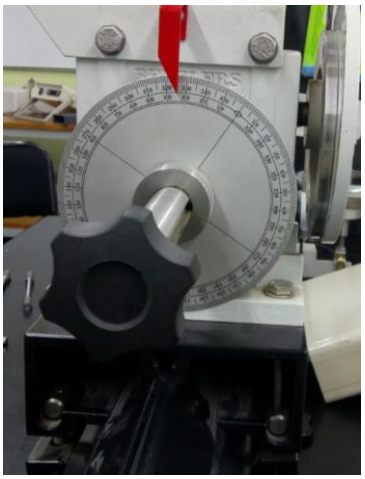


Figura 2.2 Dispositivo que permite medir la torsión de una varilla

Una masa (4). Cuando se cuelga una cierta masa el extremo de la varilla se tuerce y gira en un cierto ángulo que se lee en el transportador a través de un triángulo de papel (8).

Uno de los extremos de la varilla que se va a estudiar (1) se fija al soporte puntual (2) mientras que el otro extremo se fija al sistema de polea con transportador con un tornillo.

Este tornillo permite que dicho extremo gire debido a la acción de la masa (4). Coloque un indicador de papel (8) frente al transportador para poder leer los ángulos, como se muestra en la figura 2.3, y calibre al valor cero en el transportador una vez que se haya armado el dispositivo experimental.

Mida la longitud L de la varilla sometida a torsión (quizá sea levemente inferior a L_{Tot}).

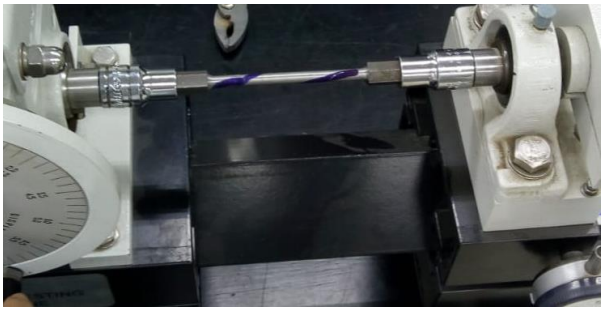


Figura 2.3 Acercamiento a) de perfil.

Mida igualmente el radio R_p de la polea, ya que el momento M de la fuerza será dado por:

$$M = R_p mg$$

Donde M es la masa colgada de la polea.

Resultados

Elabore una tabla en la que parezca las mediciones hechas incluyendo el número de vueltas, la deformación angular unitaria y el esfuerzo obtenido. La tabla 3.1 muestra los requerimientos necesarios para la continuación de la instrucción. A continuación, genere una tabla con el promedio de las mediciones, obtener la gráfica de esfuerzo-deformación de cada probeta y del promedio (Imagen 3.1).

Material de la probeta		
N° de probeta		
N° de vueltas	γ	Esfuerzo (KN/mm²)

Tabla 3.1.- Ejemplo de las graficas de resultados y taba de promedio

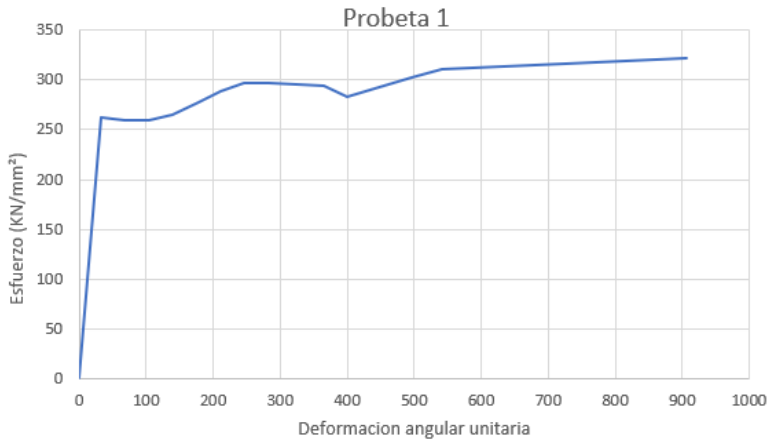


Imagen 3.1.- Ejemplo de las gráficas esfuerzo-deformación.

Según lo obtenido en las pruebas hechas en probetas de aluminio encontramos los siguientes valores tanto del esfuerzo como de la deformación conseguida aplicando dicho esfuerzo y el promedio de las pruebas (Imagen 3.2).

Aluminio		
Probeta 2		
N° de vueltas	γ	Esfuerzo (KN/mm²)
0	0	0
6	1.30263158	13.8544236
12	2.64473684	17.53008701
18	4.10526316	20.3575204
24	5.52631579	21.48849375
30	7.02631579	22.05398043
36	8.36842105	22.05398043
40	9.75	22.05398043
44	11.1710526	22.33672377
57	14.4473684	21.77123709

Aluminio		
Probeta 3		
N° de vueltas	γ	Esfuerzo (KN/mm²)
0	0	0
6	1.30263158	15.55088364
12	2.64473684	17.24734367
18	4.10526316	18.9438037
24	5.52631579	20.92300707
30	7.02631579	22.05398043
36	8.36842105	22.61946711
40	9.75	22.90221044
44	11.1710526	22.90221044
57	14.4473684	23.46769712
72	15.7894737	23.46769712
75	16.4210526	23.75044046

Aluminio		
Promedio		
N° de vueltas	γ	Esfuerzo (KN/mm²)
0	0	0
6	1.30263158	14.70265362
12	2.64473684	17.38871534
18	4.10526316	19.65066205
24	5.52631579	21.20575041
30	7.02631579	22.05398043
36	8.36842105	22.33672377
40	9.75	22.47809544
44	11.1710526	22.61946711
57	14.4473684	22.61946711
72	15.7894737	23.46769712
75	16.4210526	23.75044046

Imagen 3.2.- Valores obtenidos en la prueba de torsión para probetas de aluminio

En cuanto a las gráficas de las pruebas realizadas, así como su promedio, las podemos observar en las Imágenes 3.3 y 3.4 respectivamente, en las cuales se puede mostrar el comportamiento del material (aluminio), observamos la zona elástica, el punto de fractura, limite elástico, entre otras características de esta.

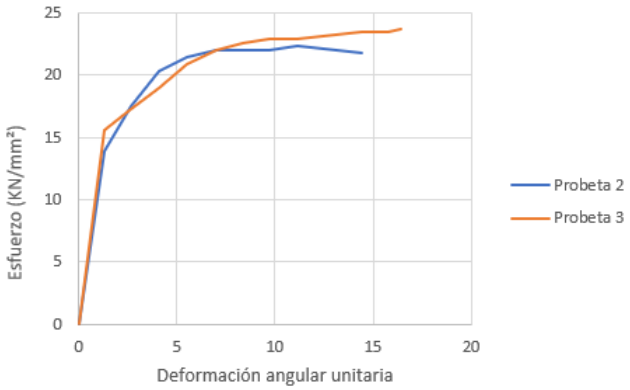


Imagen 3.3.- Grafica de líneas superpuestas esfuerzo-deformación: pruebas hechas a las diferentes probetas.

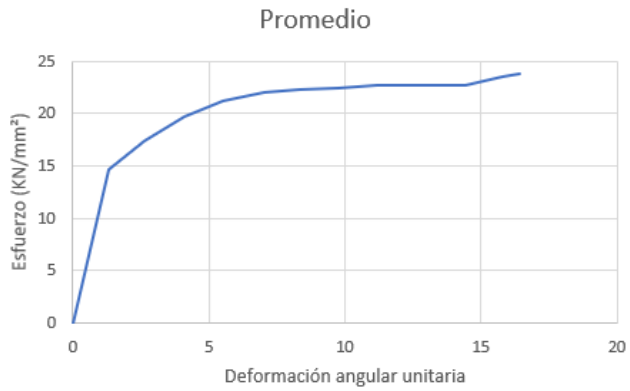


Imagen 3.4.- Grafica esfuerzo-deformación del promedio generado entre las pruebas

7. Prueba de flexión

Objetivos

- Aplicar la teoría de la elasticidad a vigas bajo flexión
- Determinar el módulo de Young a partir de la flecha de vigas bajo flexión

Teoría

Teoría de vigas, en ingeniería y arquitectura se denomina viga, palabra proveniente del latín biga, (viga, del latín biga "carro de dos caballos"), a un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal. Se caracteriza por tener una relación geométrica donde la longitud es mayor a 20 veces el diámetro (L>20D) ver figura 3.1.

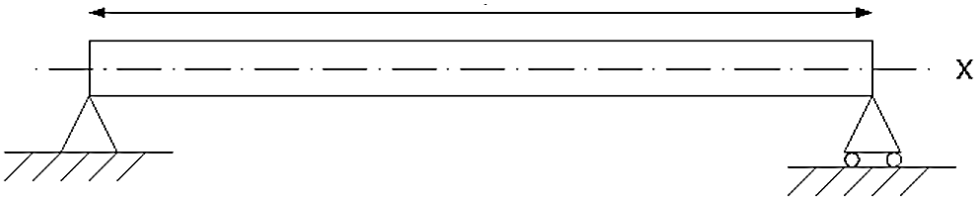


Figura 3.1.- Representación gráfica de una viga.

Vamos a buscar la flecha de una viga deformada en el que la viga esta simplemente apoyada en sus dos extremos, y se le aplica una fuerza puntual F en su centro.

En el este caso, la fuerza F es puntual, como se ilustra en la figura 3.2. En el laboratorio se despreciará, supuestamente, el peso de la viga. F > W

Por otra parte, cada viga tiene condiciones limite diferentes, que se expresaran según las condiciones límite del apartado 1.7.4 En el caso, las condiciones limite en cada extremo de la viga son las mismas: la viga está simplemente apoyada.

En el apéndice B. "Resolución de la ecuación de flexión de una viga" se describe la metodología y los cálculos que se efectúan en ambos casos para determinar la flecha δ de la viga. Por definición, la flecha es la distancia ms grande en la cual se desplaza la viga respecto a su posición de equilibrio. La flecha se mide en el centro de la viga.

Viga apoyada bajo la acción de una fuerza puntual

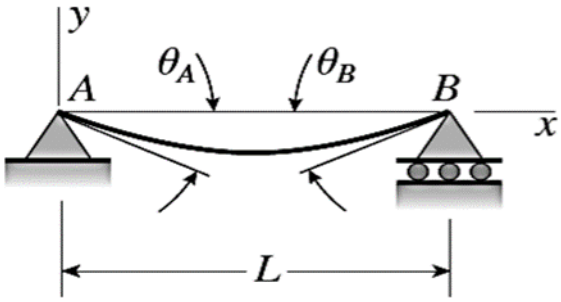


Figura 3.2.- Representación gráfica de la deflexión y pendiente de una viga Cantiléver.

$v =$ Deflexión de la viga en la dirección y (positiva hacia arriba)
$v' = \frac{dv}{dx} =$ Pendiente de la curva de deflexión
$\delta_C = -v(L/2) =$ Deflexión en el punto medio C de la viga positivo hacia abajo
$X_1 =$ Distancia del apoyo A al punto de deflexión máxima
$\delta_{max} = -v_{max} =$ Deflexión máxima (positiva hacia abajo)
$\theta_A = -v'(0) =$ Ángulo de rotación en el extremo izquierdo de la viga (positivo en el sentido de las manecillas del reloj).
$\theta_B = -v'(L) =$ Ángulo de rotación en el extremo derecho de la viga (positivo en el sentido de las manecillas del reloj).
$EI =$ Rigidez constante para toda la viga.

Sustituyendo valores:

$$\delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI} = \frac{9.81 * 200^3}{48 * 2000 * 108} = 7.5694\ mm$$

$$\theta_B = \frac{PL^2}{16EI} = \frac{9.81 * 200^2}{16 * 2000 * 108} = 0.1135\ rad = 6.505°$$

$$\delta(x) = \frac{PL^2 x}{16EI}\left(1 - \frac{4x^2}{3L^2}\right)$$

Ecuación 1.- Ecuación de la elástica para "x" puntos en la longitud

Barra apoyada bajo la acción de una fuerza puntual

Material requerido

- Material impreso en 3D
- Medidor de fuerza
- Medidor de caratula: desplazamiento

Figura 3.3. Montaje experimental para estudiar la flexión de una viga apoyada en sus dos extremos.

Figura 3.4. Acercamiento al medidor de caratula para desplazamientos.

Procedimiento

Antes de hacer el montaje, mida la longitud total L_{Tot} de cada viga, su ancho H, y su grosor e. Deduzca el volumen V de cada viga. Mida también la masa m de las varillas para determinar las densidades p = m/V de cada una de ellas.

Una fotografía del montaje para estudiar la deflexión de una muestra de metal se muestra en la figura 3.3. La muestra por estudiar (1) se sujeta en ambos extremos con unos soportes puntuales (2). La longitud L que se considera en la ecuación 3.3 corresponde a la separación de los soportes puntuales, los cuales son sujetados a lo largo de las varillas verticales (3). El medidor de caratula para desplazamientos se sujeta a otra base (4) para que sea menos sensible a las deflexiones de las vigas verticales (3). La figura 3.4 muestra como el medidor de caratula para desplazamientos (5).

Desplace el medidor de pequeños desplazamientos a lo largo de la varilla vertical (6) para que toque justo la muestra de metal que se va a flexionar, y colóquelo en medio de la muestra. Marque el "cero", que corresponde al momento en que la muestra no sostiene ningún peso, y luego accione el medidor de fuerza (conocida) en su medio para medir la deflexión δ de la muestra, gracias al medidor de caratula para desplazamientos. Repita este proceso para diferentes pesos. Después, repita el experimento para la otra muestra a disposición.

Análisis

Elabore una tabla en la aparezcan los datos recaudados en la práctica, que incluya: Desplazamiento medido, Peso aplicado, Fuerza y Deflexión calculada. La tabla 3.1 muestra los requerimientos necesarios para la continuación de la instrucción. A continuación, obtenga la gráfica de la tabla elaborada anteriormente encontrando la fuerza vs desplazamiento, denominada también Ley de Hooke (Figura 3.5).

Material de la viga					
Desplazamiento medido (mm)	Peso aplicado (Kg)	Fuerza (N)	Módulo de Young del material (MPa)	Momento de Inercia (calculado) (mm^4)	Deflexión calculada (mm)
		$F = Peso\ (kg) * gravedad\ (9.81\ m/s^2)$		$I = \frac{b * h^3}{12}$	$\delta = \frac{FL^3}{48EI}$

Tabla 3.1 Ejemplo de tabla de resultados

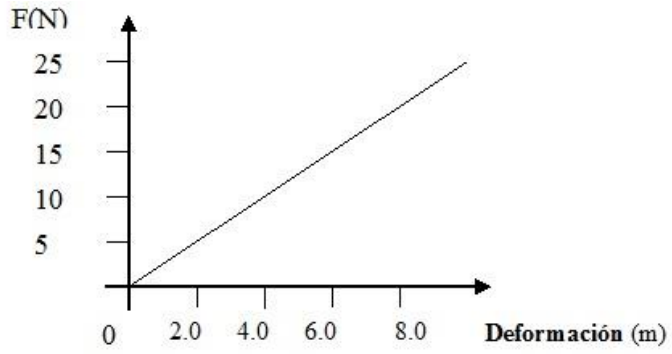


Figura 3.5.- Ejemplo de grafica fuerza-desplazamiento: Ley de Hooke

Según lo obtenido en las pruebas hechas al material didáctico impreso en 3D de una viga sometida a una fuerza puntual encontramos los siguientes valores (Figura 3.6) y su grafica viene representada en la Figura 3.6

Desplazamiento (mm)	Peso (Kg)	Fuerza (N)	Módulo de Young (MPa)	Momento de inercia (mm^4)	Deflexión calculada (mm)
0	0	0	2000	108	0
0.7112	0.115	1.12815	2000	108	0.870486111
1.1176	0.21	2.0601	2000	108	1.589583333
1.6002	0.315	3.09015	2000	108	2.384375
1.905	0.4	3.924	2000	108	3.027777778
2.3368	0.5	4.905	2000	108	3.784722222
2.8448	0.6	5.886	2000	108	4.541666667
3.2512	0.71	6.9651	2000	108	5.374305556
3.7338	0.805	7.89705	2000	108	6.093402778
4.0132	0.905	8.87805	2000	108	6.850347222
4.572	1	9.81	2000	108	7.569444444

Figura 3.6.- Resultados obtenidos del desplazamiento de la viga

Figura 3.6.-Grafica fuerza-desplazamiento

Obtener los datos característicos del material y de la viga (Tabla 3.2) y a continuación.

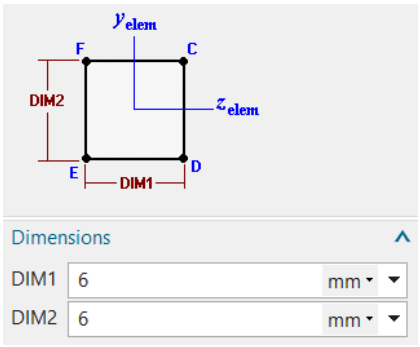
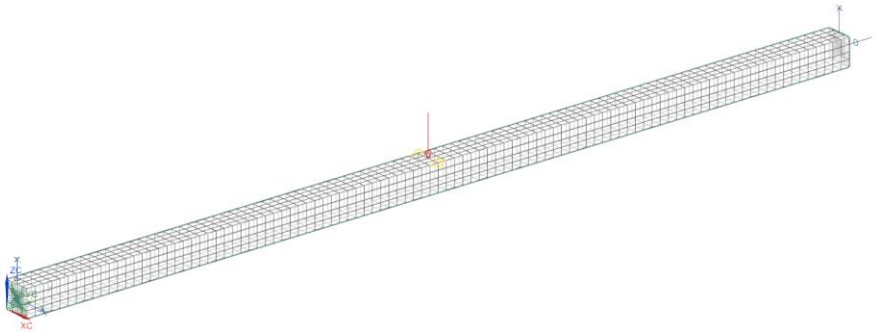
Característica	**Valor en simulación**	
Dimensiones	DIM1 : = 6 (mm) DIM2 : = 6 (mm)	
Momento de Inercia	Moment of Inertia, Iz = 108.000 (mm⁴) Moment of Inertia, Iy = 108.000 (mm⁴)	
Material	PLA	
Densidad del material	Mass Density (RHO) : 1.24 g/cm³	
Modulo de Young	Young's Modulus (E) : 2346.5 MPa	
Restricciones		

Tabla 3.2.- Datos característicos del material y de la viga

Generar por medio del software de simulación los datos necesarios para elaborar la gráfica de Ley de Hooke, teniendo como ejemplo la Figura 3.7.

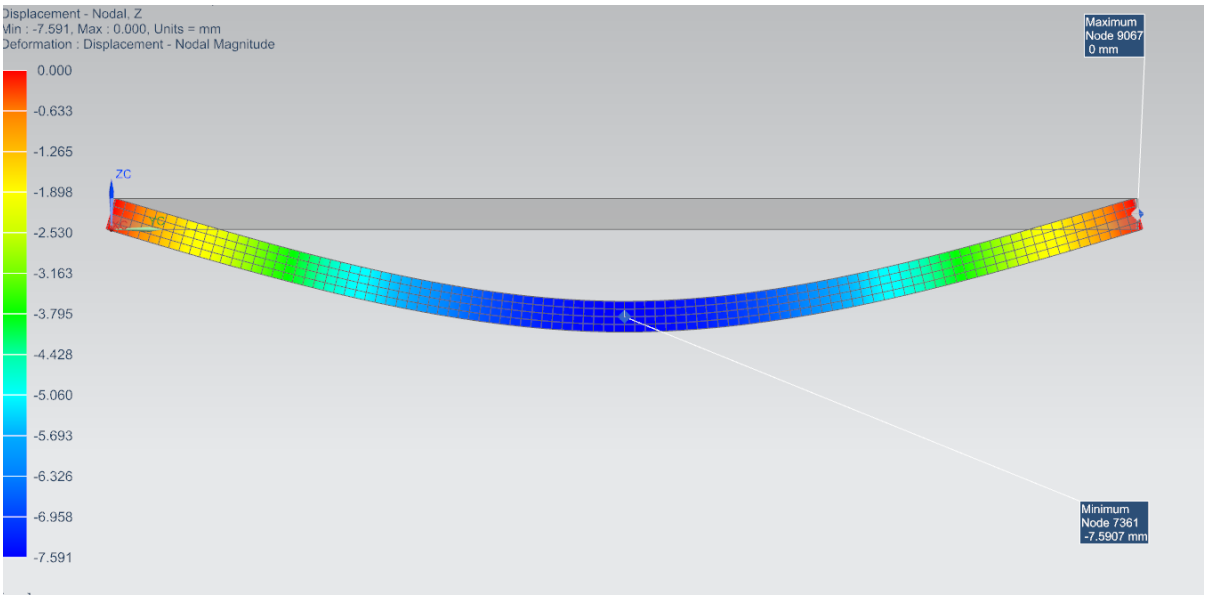


Figura 3.7.- Ejemplo de simulación de viga con una carga puntual al centro

Elaborar una tabla comparativa de los resultados obtenidos de forma experimental, analítica y simulada, tome como ejemplo la tabla 3.3.

	Módulo de Young (MPa)	**Momento de Inercia (mm^4)**	**Desplazamiento (mm)**	**Fuerza (N)**
Experimental	2000	108	…….	9.81
Analítico	2000	108	7.5694	9.81
Simulación	2000	108	7.5907	9.81

Tabla 3.3.- Ejemplo de tabla comparativa: Método experimental, analítico y de simulación

Elaborar la tabulación la ecuación de la elástica para 10 puntos de la viga (Tabla 3.4) y graficar.

Longitud (x)	**Deflexión ($\delta(x)$)**
0	0.0
20	-2.2
40	-4.3
60	-6.0
80	-7.1
100	-7.6
120	-7.1
140	-6.0
160	-4.3
180	-2.2
200	0.0

Tabla 3.4.- Ejemplo de tabla de para ecuación de la elástica

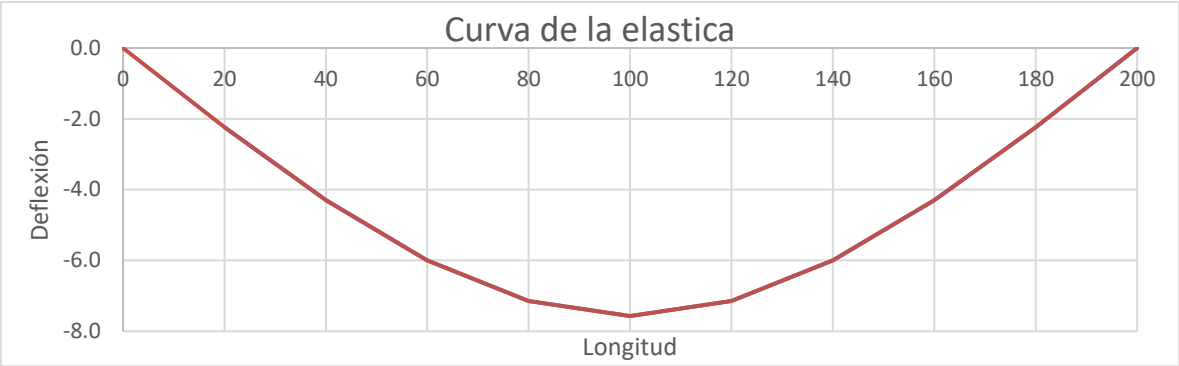


Figura 3.8.- Grafica de la elástica: Deflexión-longitud

Dispositivo integrador

Objetivo

Asociar mediante un modelo didáctico impreso en 3D el cálculo analítico; de las propiedades geométricas, del esfuerzo normal, esfuerzo cortante y esfuerzo por torsión, con su consecuencia física (cambio de geometría) por ejemplo la deformación axial o angular.

Marco Conceptual

Se llama troqueladora a la máquina que está diseñada para ejercer presión sobre un troquel o matriz para cortar o deformar un material. Los procesos que pueden realizarse con un troquel son los siguientes:

- Procesos de corte: cizallado, punzonado, embutido.
- Procesos de formado: doblado, estampado.

Máquina troqueladora manual

En ella se puede colocar cualquier tipo de troquel especialmente los troqueles para perfiles de aluminio, tiene un recorrido de 0 a 130 mm con esto se puede colocar troqueles de diferentes alturas.

Figura 1.- Dispositivo comercial de troqueladora mecánica.

Componentes

Las troqueladoras (figura 2) se componen de dos elementos básicos, la mesa donde se coloca el material que se quiere cortar y la superficie móvil que actúa subiendo y bajando para aplicar el corte. En general una troqueladora se compone de:

- *Punzón o macho:* Ejerce presión sobre la lámina a troquelar, cortándolo gracias a la tolerancia existente entre éste y la matriz.
- *Base inferior del troquel:* Parte tenaz que contiene a la placa de impacto.
- *Base superior del troquel:* Parte tenaz que aloja al macho y contiene una placa de impacto.
- *Perno centrador:* permite alinear el centro de la prensa con el centro de fuerza del troquel. Está ubicado en la superficie superior de la base superior del troquel.
- *Resortes de espira redonda:* Presionan la placa guía contra el fleje a troquelar, evitando que se deforme durante el corte.
- *Placa pisadora o guía de punzones:* Impide el movimiento de la lámina antes de realizar el troquelado y garantiza su correcta ubicación con respecto a la hembra y el macho.

- *Matriz o hembra:* Parte templada, ubicada en el inferior de la troqueladora. La superficie de la matriz determina la vida del troquel, debido a que posee una porción recta que se va desgastando con el uso y debe ser rectificada para conservar una buena calidad de los productos. La parte inferior de la matriz sirve como estructura y tiene una cavidad cónica que permite la salida de los productos.

- *Placa de impacto:* parte templada y revenida que impide las posibles deformaciones producidas por los continuos golpes o impactos que suceden durante la troquelada.

- *Guías de Fleje (lámina):* Orientan la lámina haciendo que ésta se mantenga alineada según el trabajo requerido.

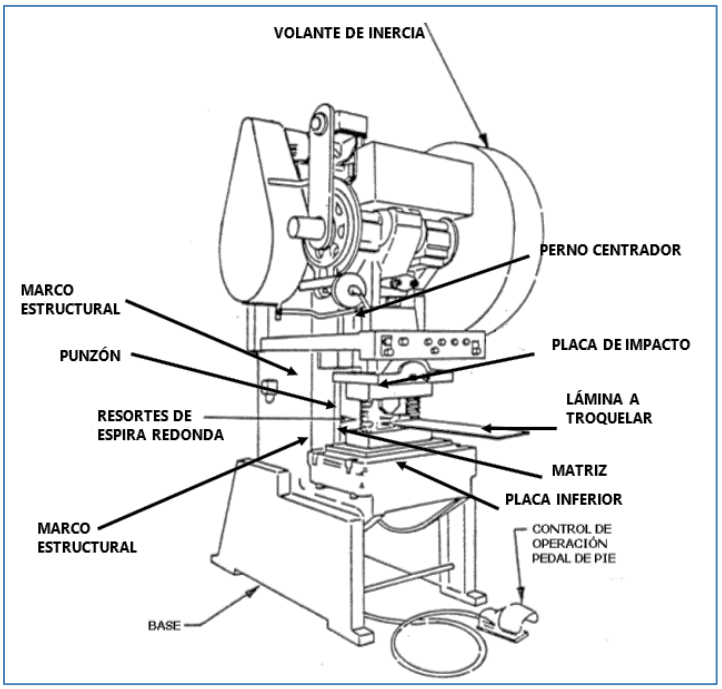


Figura 2.- Dibujo esquemático de una troqueladora.

Gráfica esfuerzo deformación

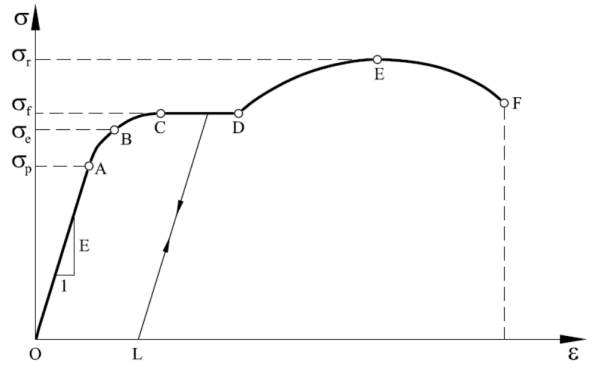


Figura 3.- Diagrama Esfuerzo-Deformación, tomada de [3].

Aunque el comportamiento de cada material es diferente, en la curva tensión-deformación (figura 3) se distinguen, en general, las zonas y tensiones límite siguientes:

- Tramo proporcional (OA). La relación entre tensión y deformación es lineal para tensiones inferiores al valor σ_p que se llama límite de proporcionalidad.

- Tramo elástico (OB) Se llama limite elástico (σ_e) a la máxima tensión que se puede alcanzar sin que se produzcan deformaciones permanentes, llamadas también inelásticas o plásticas. En este tramo la descarga es producida de forma elástica, es decir sin que parezcan deformaciones permanentes.

- Tramo plástico (BD). Ocurre el llamado límite de fluencia (σ_f) a la tensión a partir de la cual el material se deforma casi sin aumento de la tensión.

- Tramo de fluencia (CD). – Es cuando a la deformación, aumenta sin que se produzca un aumento apreciable de la tensión.

- Tramo de endurecimiento por deformación (DE). La tensión necesaria para seguir aumentando la deformación plástica se incrementa.

- Tramo de estricción (EF). Este fenómeno de localización de las deformaciones longitudinales y transversales, con la pérdida del estado uniforme anterior se denomina estricción.

Esfuerzo de diseño

Para materiales dúctiles sometidos a cargas estáticas, el esfuerzo de diseño generalmente se basa en la resistencia a la fluencia; mientras que, para materiales dúctiles bajo cargas repetidas se emplea la resistencia última, siendo entonces referido el concepto de factor de diseño [25] (tabla 1, 2 y 3).

Tabla 1.- Criterios para esfuerzo de diseño; esfuerzos normales directos.

Forma de carga	**Material dúctil**	**Material quebradizo**
Estática	$\sigma_d = \frac{S_U}{2}$	$\sigma_d = \frac{S_U}{6}$
Repetida	$\sigma_d = \frac{S_U}{8}$	$\sigma_d = \frac{S_U}{10}$
De impacto o de choque	$\sigma_d = \frac{S_U}{12}$	$\sigma_d = \frac{S_U}{15}$

Tabla 2.- Diseño por esfuerzo de reglamentos seleccionados, esfuerzos normales directos; cargas estáticas en estructuras de construcción

Acero estructural (AISC) $\sigma_d = \frac{S_Y}{1.67} = 0.60S_Y \;\; o \;\; \sigma_d = \frac{S_U}{2.00} = 0.50S_U$ el que sea menor
Aluminio (Aluminum Association) $\sigma_d = \frac{S_Y}{1.65} = 0.61S_Y \;\; o \;\; \sigma_d = \frac{S_U}{1.95} = 0.51S_U$ el que sea menor

Tabla 3.- Criterios de esfuerzo de diseño para la determinación de la fuerza cortante en materiales dúctiles.

Forma de carga	$T_d = \frac{S_{YS}}{N} = 0.5$	$\frac{S_Y}{N} = \frac{S_Y}{2N}$
Estática	Use N=2	$T_d = \frac{S_Y}{4}$

Repetida	Use N=4	$T_d = \frac{S_Y}{8}$
Impacto	Use N=6	$T_d = \frac{S_Y}{12}$

Tabla 4.- Estimaciones para la resistencia última a cortante (S_{us})de materiales quebradizos.

Factor a cortante	**Material**
$S_{us} = 0.65S_U$	Aleaciones de Aluminio
$S_{us} = 0.82S_U$	Acero
$S_{us} = 0.90S_U$	Hierro maleable y aleaciones de cobre
$S_{us} = 1.30S_U$	Hierro colado gris

Los resultados logrados son: una alta aproximación en la configuración de las propiedades geométricas determinadas analíticamente con los valores medidos por medio de su representación física impresa en 3D. Además, se observó que las ejemplificaciones físicas de las condiciones de contorno (fuerza y restricciones) son muy aproximadas a las indicadas en los diagramas de cuerpo libre.

La integración propuesta y fabricada (figura 4) permite una clara, rápida y precisa identificación de los esfuerzos: normal, cortante, de aplastamiento y de torsión. La determinación del momento de inercia del volante es también una objetiva referencia de la fuerza que puede aplicar el prototipo didáctico. Por lo tanto, la secuencia instruccional inicia con el cálculo del:

1. Centro de masa en la estructura.
2. Momento de inercia del volante de inercia.
3. Esfuerzo normal que ejerce el dado sobre la matriz.
4. Esfuerzo cortante sobre el pasador.
5. Esfuerzo de aplastamiento sobre el acoplamiento de la leva.

6. El par torsor que transmite el volante de inercia al cigüeñal.

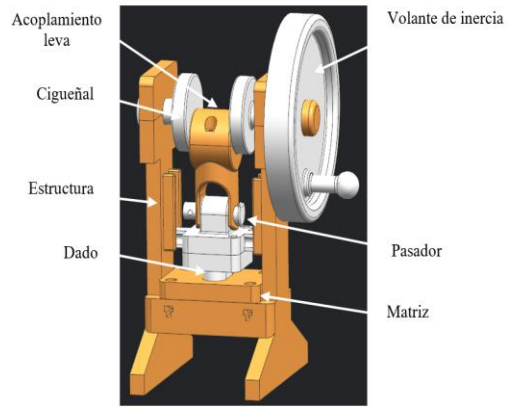


Figura 4.- Troqueladora como prototipo didáctico en simulación digital

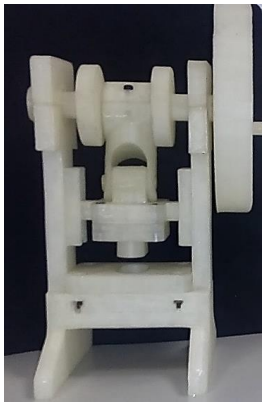


Figura 5.- Troqueladora como prototipo didáctico en impresión 3D.

Utilidad didáctica

El modelo realizado por simulación digital mediante tecnología CAD/CAE/CAM (figura 4), permite adicionar el componente motivacional hacia el alumno, debido a que es posible proporcionar en una sola vista la representación de máquinas, mecanismos y dispositivos de manera completa y organizada. Además, favorece la asociación de los cálculos analíticos con su representación gráfica. La impresión 3D (figura 5) agrega además del componente motivacional la manipulación y desarrollo de la habilidad motriz o motora y visual sobre el funcionamiento y los alcances de la cinemática y dinámica del dispositivo.

La asociación de la representación analítica mediante los diagramas de cuerpo libre y las ecuaciones analíticas con la simulación digital se refuerza de manera constructivista mediante el prototipado rápido, aludiendo el proverbio chino de Confucio “"Dime algo y lo olvidaré, enséñame algo y lo recordaré, hazme participe de algo y lo aprenderé”, para lo cual Comenio formaliza en su máxima sobre didáctica “en la cual coloca al niño como centro del fenómeno educativo, haciendo que todo concurra a su servicio: maestros, textos, aulas y métodos. A esta obra se debe la creación de la escuela popular, en la que todos tienen acceso a la educación: hombres y mujeres, pobres y ricos, párvulos y adultos, superdotados y atípicos. Aquí se implanta el método activo (aprender haciendo) por el que el alumno crea su propio conocimiento con la memoria de la experiencia, antes que con la memoria de la palabra [26]”.

Como un primer paso se requiere que el estudiante determine el centro de masa del prototipo. Par ello la tabla 6, muestra los requerimientos para ello, resalta en esta tabla el empleo de la técnica CAD/CAE/CAM para determinar el centro de masa y dar una referencia bastante clara sobre el concepto a determinar de manera analítica.

El siguiente paso (tabla 7), el cual permite determinar la fuerza inicial se considera que el prototipo es sólido en todos sus elementos, sobre todo en el volante de inercia que proporciona la masa de la cual se determina el par torsor y posteriormente la fuerza por medio de la segunda ley de Newton condiciones indispensable para el análisis de los esfuerzos y las deformaciones.

Motorreductor

Este motorreductor consiste en un motor de corriente continua cepillado de 12 V de potencia media combinado con una caja de engranajes cilíndricos metálicos de 98.78: 1. El motorreductor es cilíndrico, con un diámetro de poco menos de 25 mm, y el eje de salida en forma de D tiene un diámetro de 4 mm y se extiende 12,5 mm desde la placa frontal de la caja de cambios.

voltage	No-load performance	Stall extrapolation
12 v	76 rpm, 200 mA	12 kg*cm (165 oz*in), 2.1 A

https://www.pololu.com/category/115/25d-metal-gearmotors

Determinación de la fuerza en el brazo de la troqueladora a partir del torque del motorreductor.

Fórmulas:

Relación entre torque y diámetros:

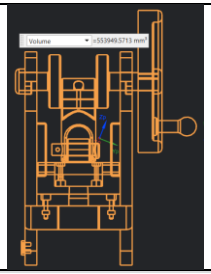
$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{d_2}{d_1} \quad [27]$$

Torque:

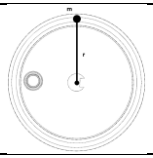
$$T = F \times r \ [27]$$

Torque del motor	Torque en el volante de inercia	Torque en la excéntrica	Fuerza en el brazo de la troqueladora
1.1767 N*m	8.6291 N*m	2.2278 N*m	156.88 N

Formato 1, para determinar el centro de masa.

	Centro de masa por simulación (mm)	Figuras Geométricas	Volumen (V)	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\bar{z}$	$\bar{x}V$	$\bar{y}V$	$\bar{z}V$	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$\bar{Z}$
										$\frac{\Sigma\,\bar{x}V}{\sum V}$	$\frac{\Sigma\,\bar{y}V}{\sum V}$	$\frac{\Sigma\,\bar{z}V}{\sum V}$
	X= -88.555 Y= 1.159 Z= 211.536		$\sum V$				$\Sigma\,\bar{x}V$	$\Sigma\,\bar{y}V$	$\Sigma\,\bar{z}V$			

Formato 2, para determinar la fuerza por aplicar.

Pieza Volante de inercia	Diagrama cuerpo libre	Simulación momento de inercia	Momento de inercia	Densidad del ABS	Volumen	Masa	Radio	Momento de Inercia Calculado kg·mm²	Momento de Inercia simulado kg·mm²	Fuerza
			$I = \frac{\pi * d^4}{64}$						Ixc= 2589.6 Iyc= 1323.8 Izc=1370.8	

Con apoyo de los datos de las propiedades del material ABS [28] obtenidos por medio de la curva esfuerzo deformación del ABS (tabla 5 y figura 6), se determina el esfuerzo de diseño, mediante las ecuaciones 1 y 2, el esfuerzo de diseño será comparado contra el esfuerzo de fluencia y último, para determinar si el dispositivo se encuentra en una condición de diseño favorable o desfavorable.

$$\sigma_d = \frac{S_Y}{1.67} = 0.60 S_Y \qquad (1)$$

$$\sigma_d = \frac{S_U}{2.00} = 0.50 S_U \qquad (2)$$

Tabla 5.- Propiedades mecánicas experimentales del ABS

Probeta ABS	**Resistencia a la fluencia (MPa)**	**% de deformación a la fluencia**	**Resistencia última a la fluencia (MPa)**	**Módulo de Young (MPa)**
$\bar{x}$	35.10	5.65	33.20	905.0

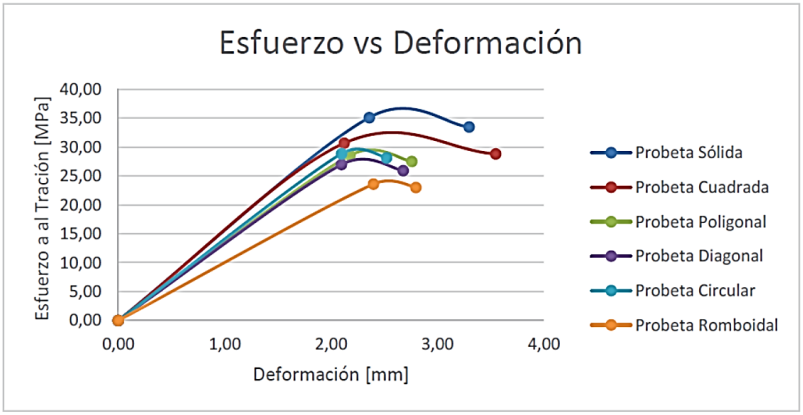
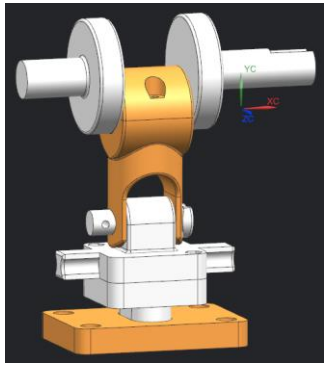
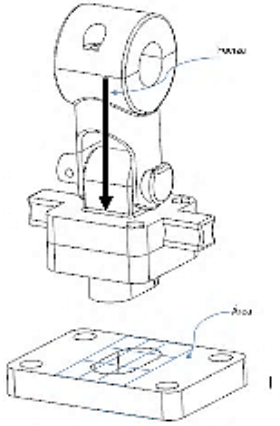
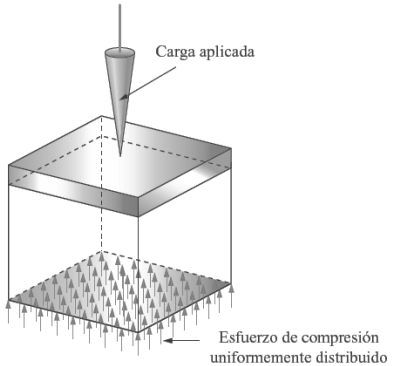
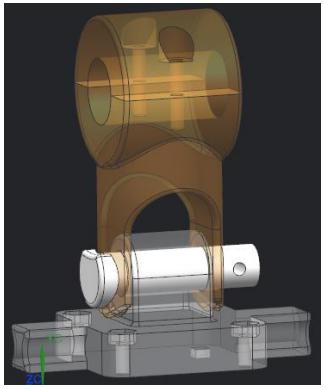
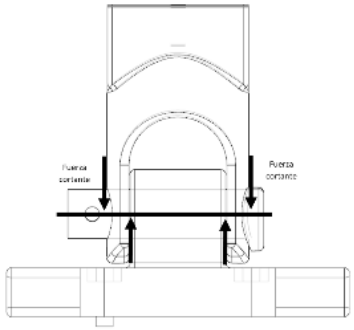
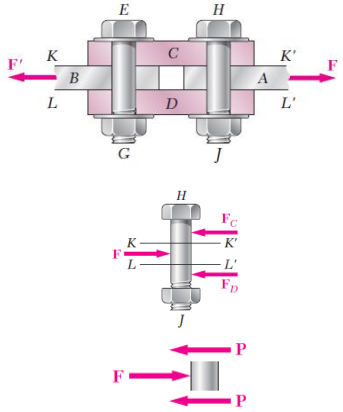
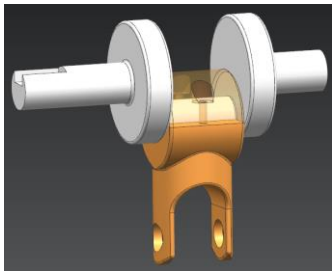
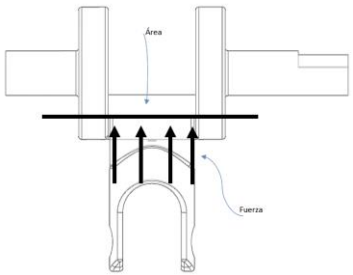
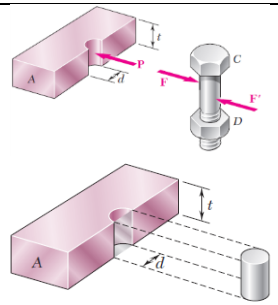
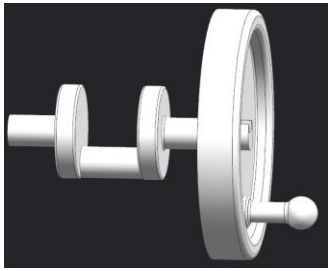
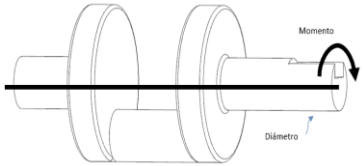
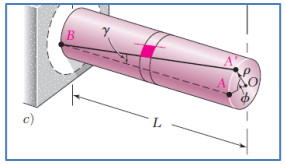


Figura 6.- Curva esfuerzo deformación para el ABS.

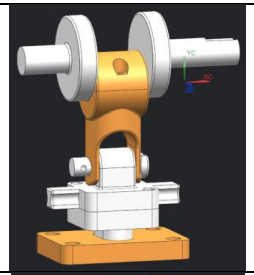
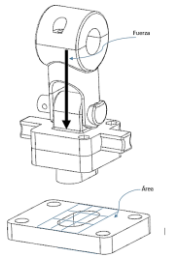
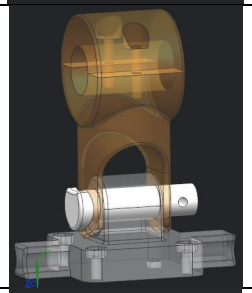
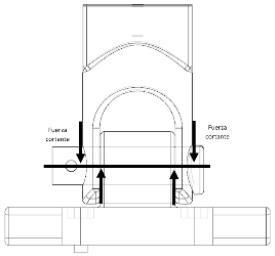
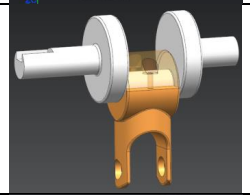
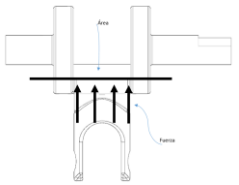
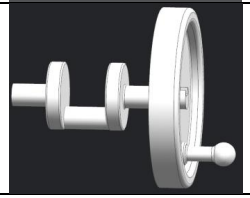
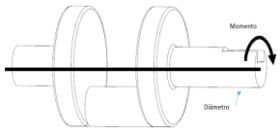
Los formatos 3 y 4, es la consolidación organizada del paquete didáctico concurrente que integra las secuencias instruccionales independientes y la secuencia integradora. Para ello el participante observa en un solo escenario los dispositivos virtuales y sus representaciones por medio de diagramas de cuerpo libre, para posteriormente determinar los datos y variables asociadas en cada formulación analítica a las cuales puede recurrir nuevamente para solventar dudas o reforzar el conocimiento.

Formato 3, repaso teórico-conceptual.

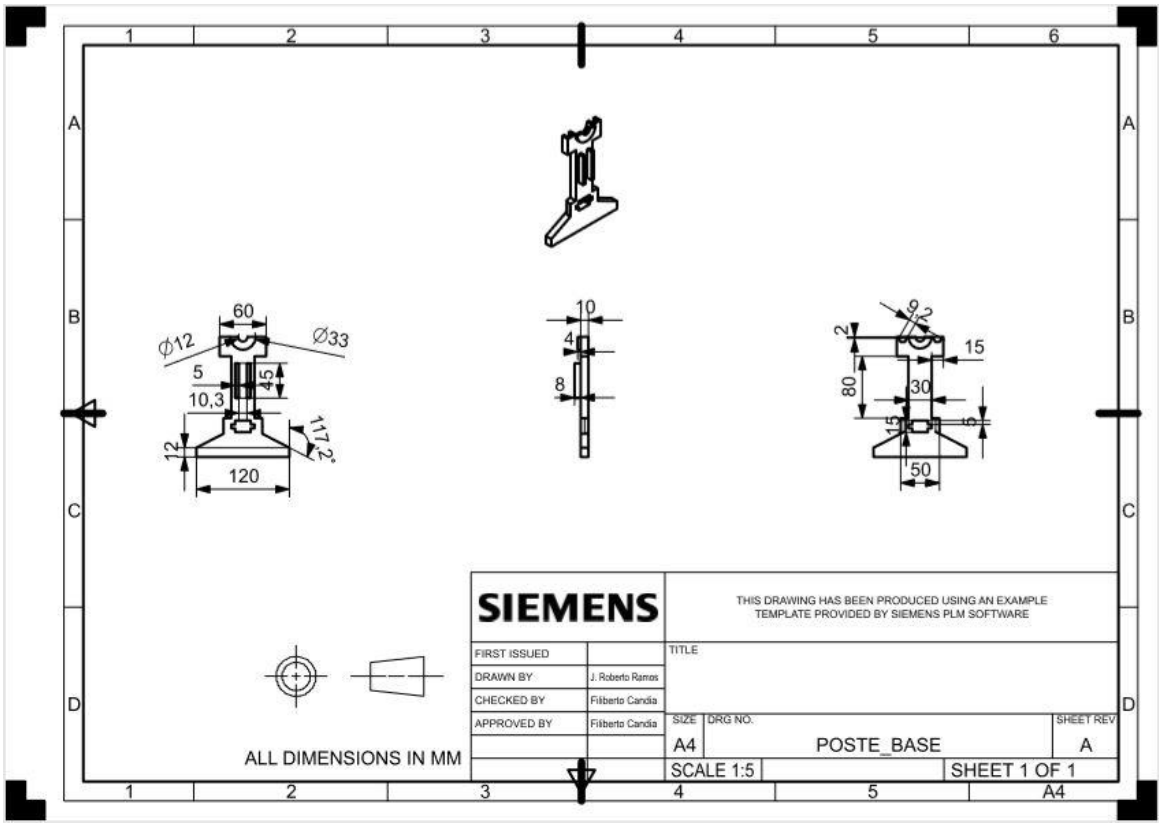
Pieza	Diagrama cuerpo libre	Formula general	Interpretación de la formula
		**Normal** $\sigma = \frac{F}{A}$	 **A = Área transversal de impacto**
		**Cortante** $\sigma = \frac{F}{A}$	 **A = P*a = perímetro * ancho** **A = $(2\pi r) * (a_{agarradera})$**

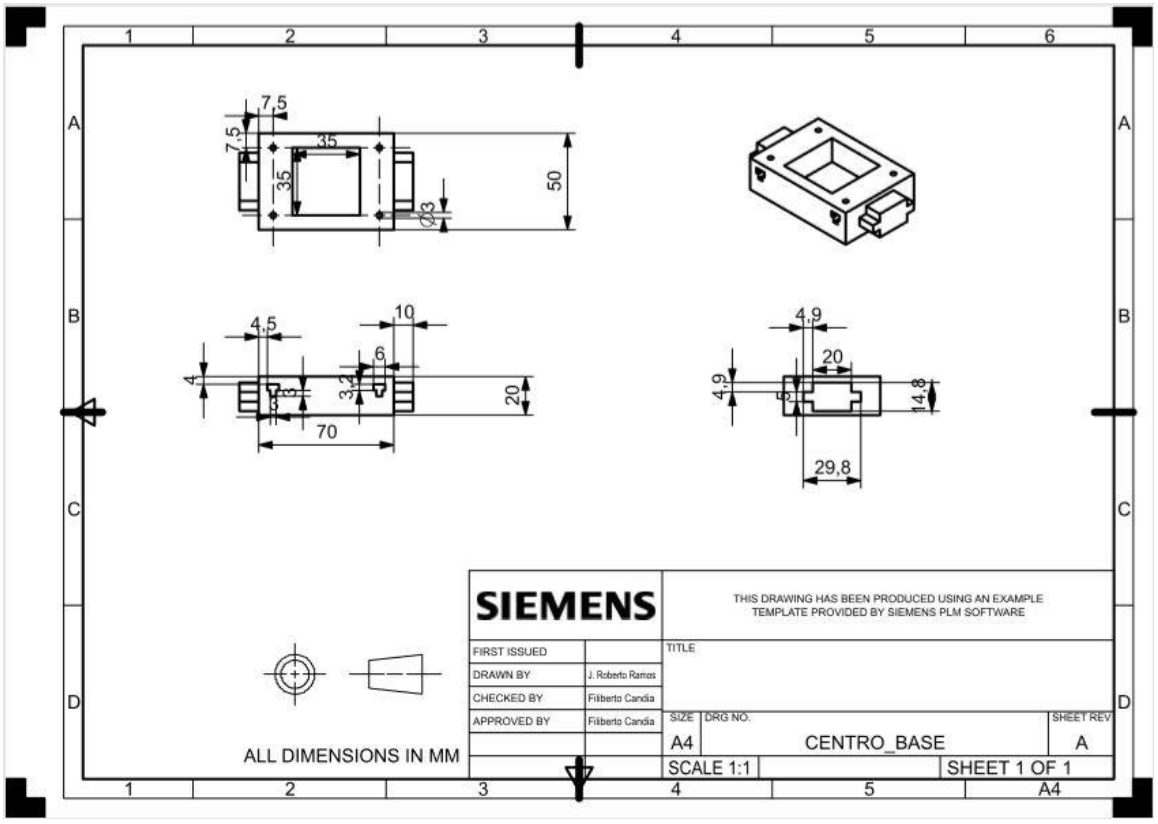
		**Aplastamiento** $\boldsymbol{\sigma = \frac{F}{A}}$	 **A = Área del rectángulo que representa la proyección del perno** $\boldsymbol{A = td =}$ $\boldsymbol{diametro * ancho\ de\ la\ placa}$
		**Torsión** $\boldsymbol{\tau = \frac{T * r}{J_0}}$	 **T = Par torsor aplicado** **r = radio del eje** $\boldsymbol{J = \frac{1}{2}\pi d^4}$

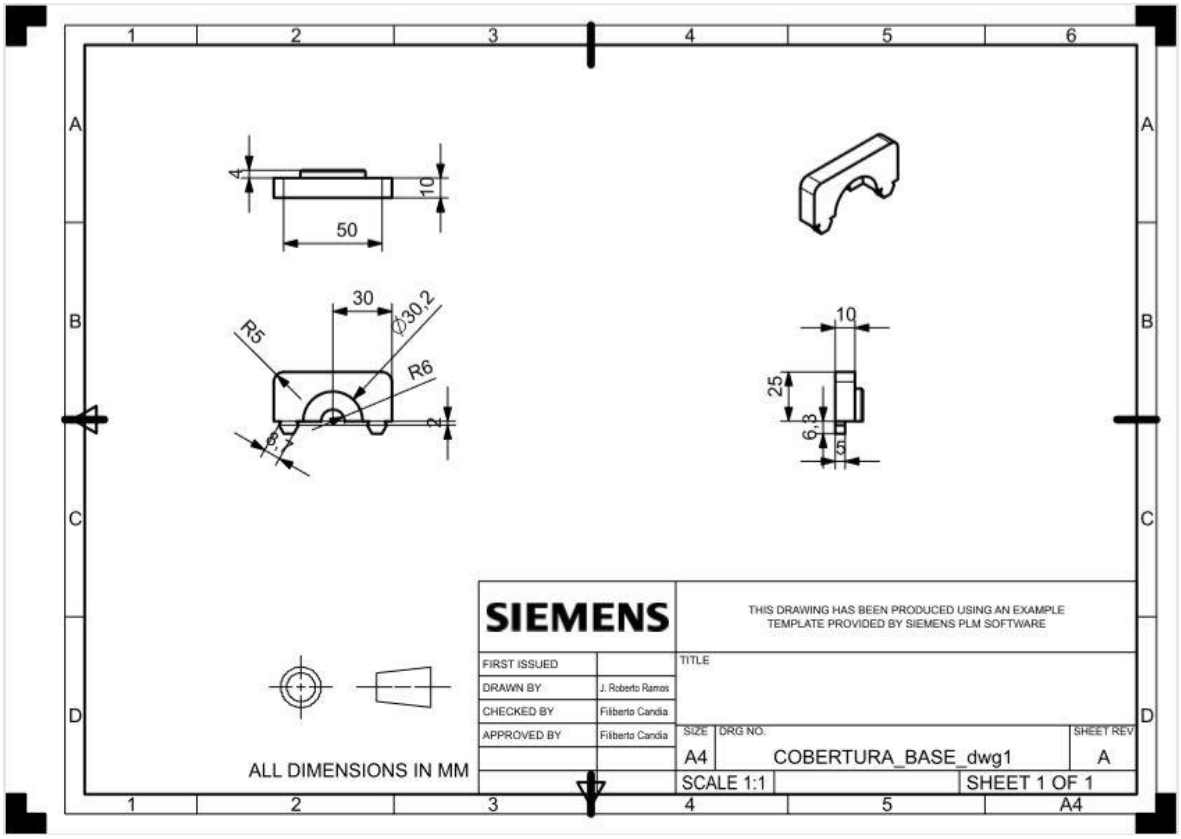
Formato 4, recolección de datos y resultados.

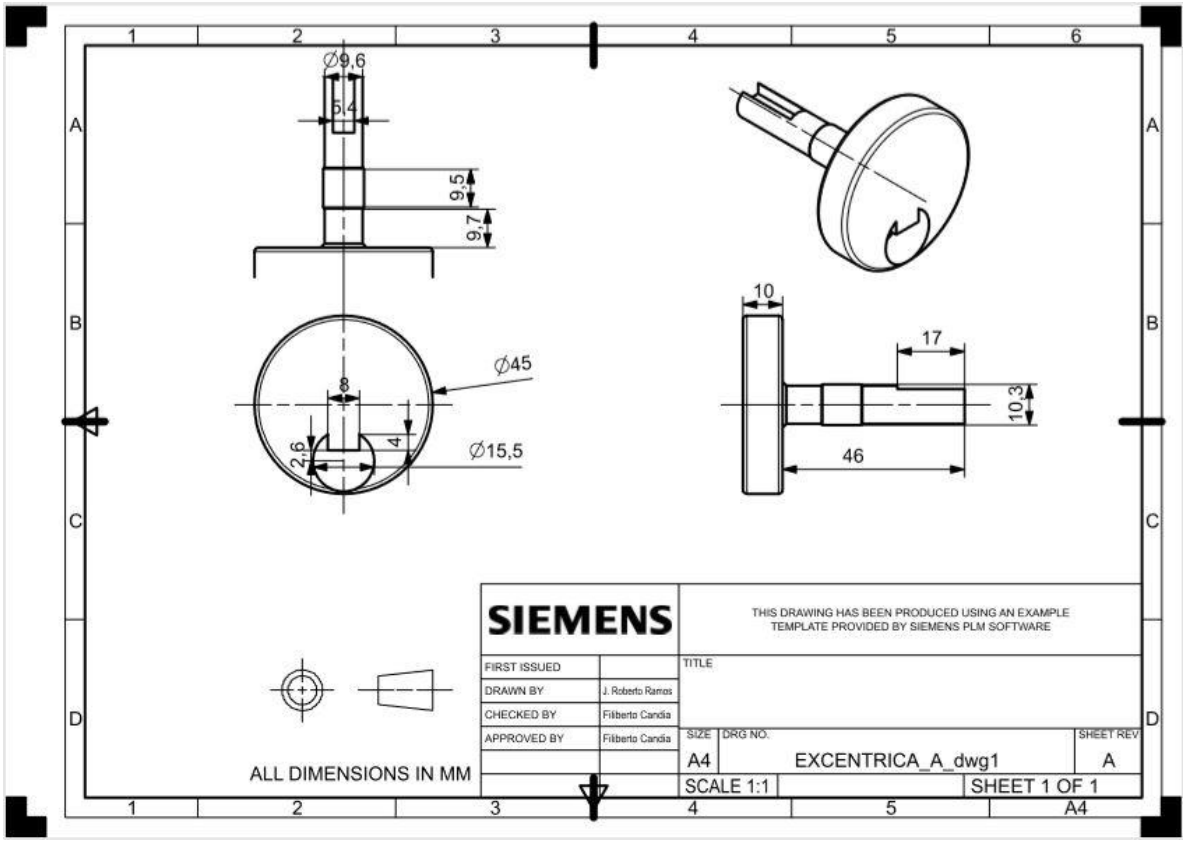
Pieza	Diagrama cuerpo libre	Tipo de Esfuerzo	Fuerza	Área	Esfuerzo Analítico	Esfuerzo simulación
		**Normal** $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{(l * l) - ((\pi r^2) + (b * h))}$				
		**Cortante** $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{(2\pi r) * (a_{agarradera})}$				
		**Aplastamiento** $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{d_{cigüeñal} * a_{biela}}$				
		**Torsión** $\tau = \frac{T * r}{J_0}$				

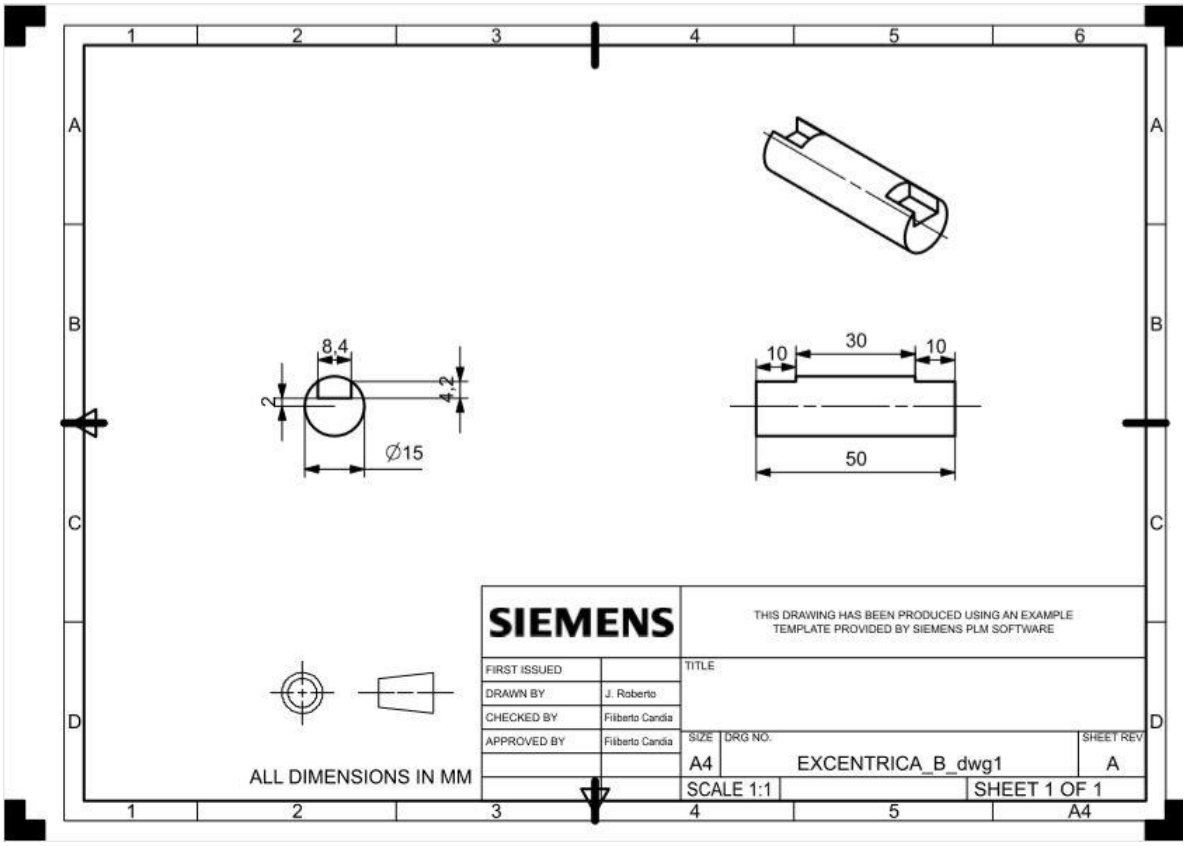
Anexo 1. – Drafting troqueladora.

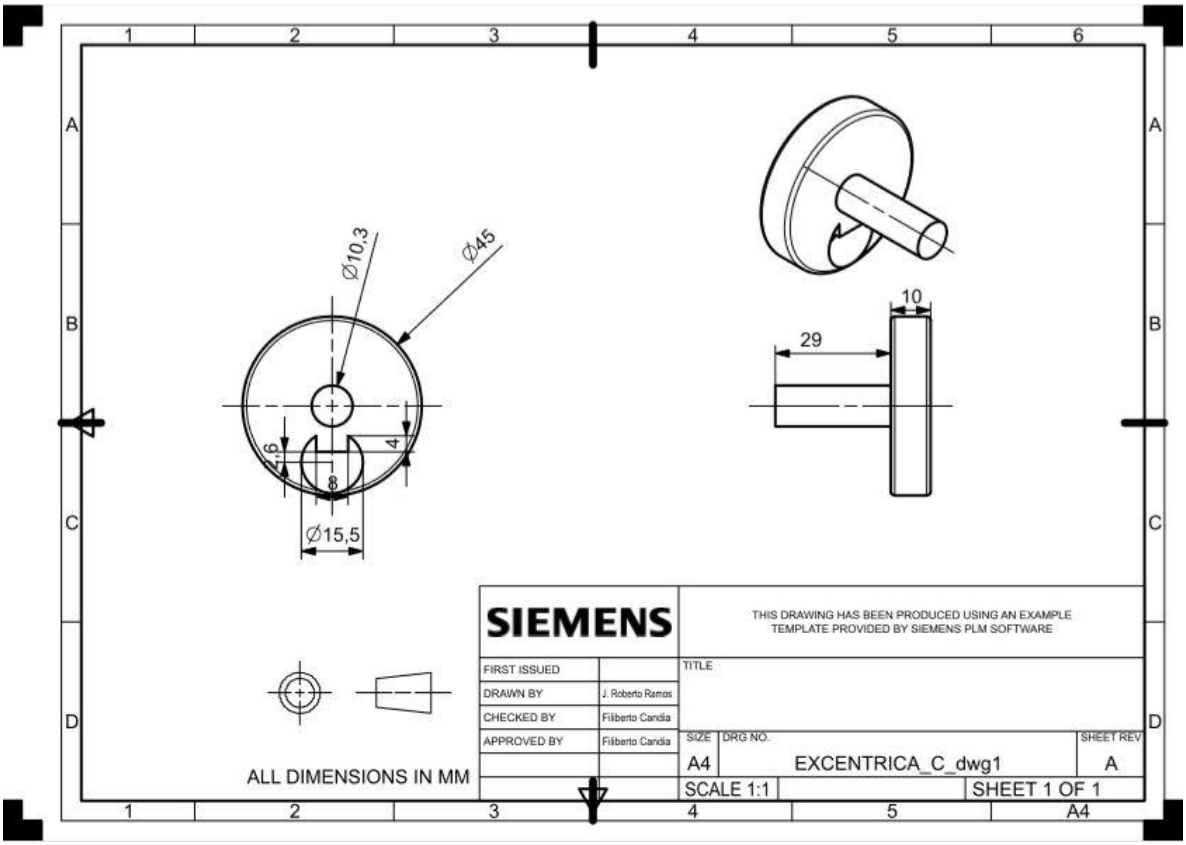


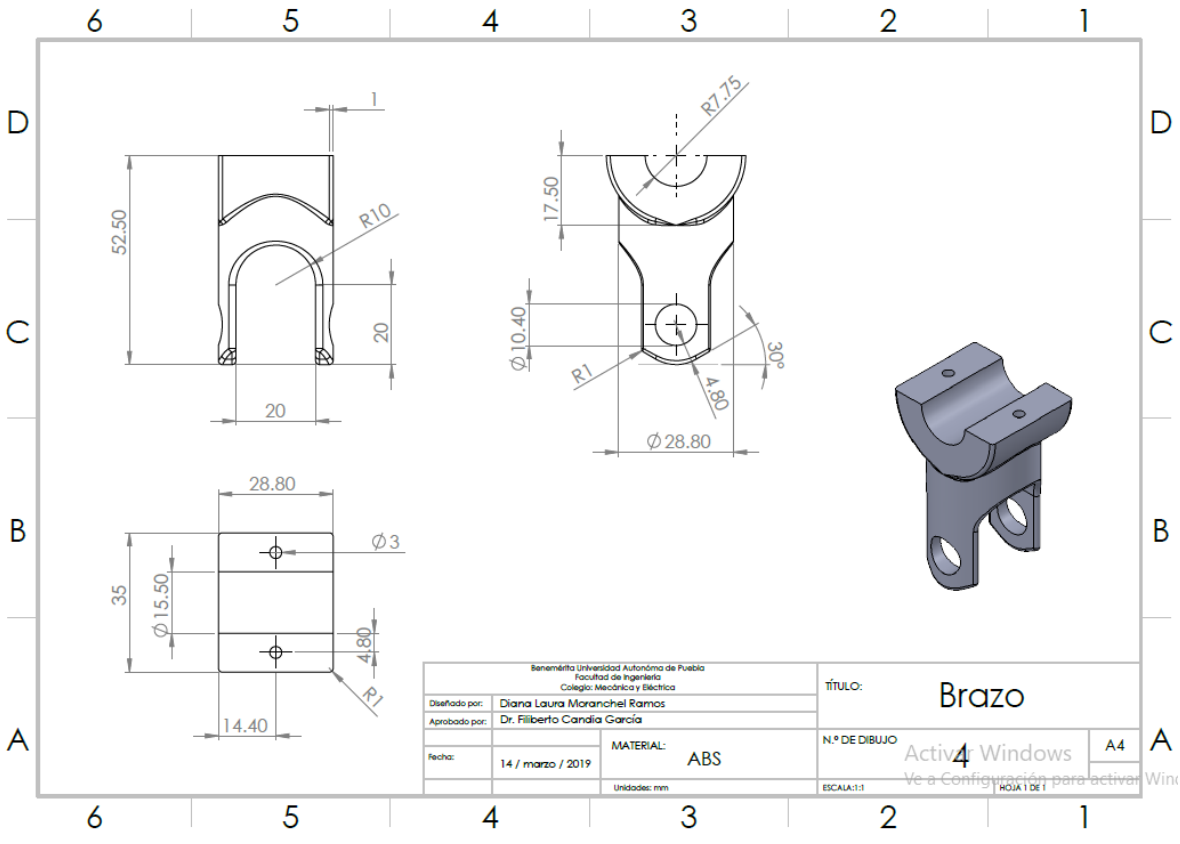


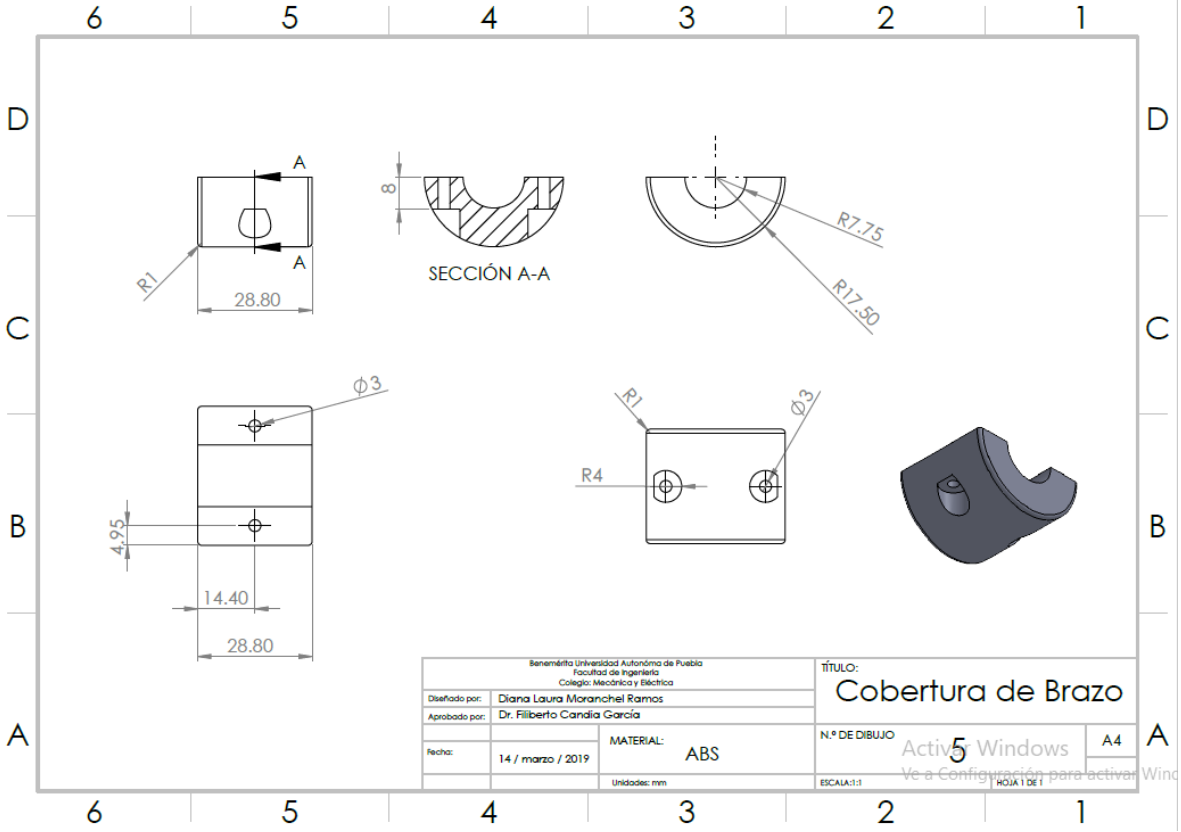

4
10
50
30
Ø30,2
R5
R6
2
8,7
10
25
6,8
5
SIEMENS
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE
FIRST ISSUED
DRAWN BY J. Roberto Ramos
CHECKED BY Filiberto Candia
APPROVED BY Filiberto Candia
TITLE
SIZE A4
DRG NO. COBERTURA_BASE_dwg1
SHEET REV A
SCALE 1:1
SHEET 1 OF 1
ALL DIMENSIONS IN MM

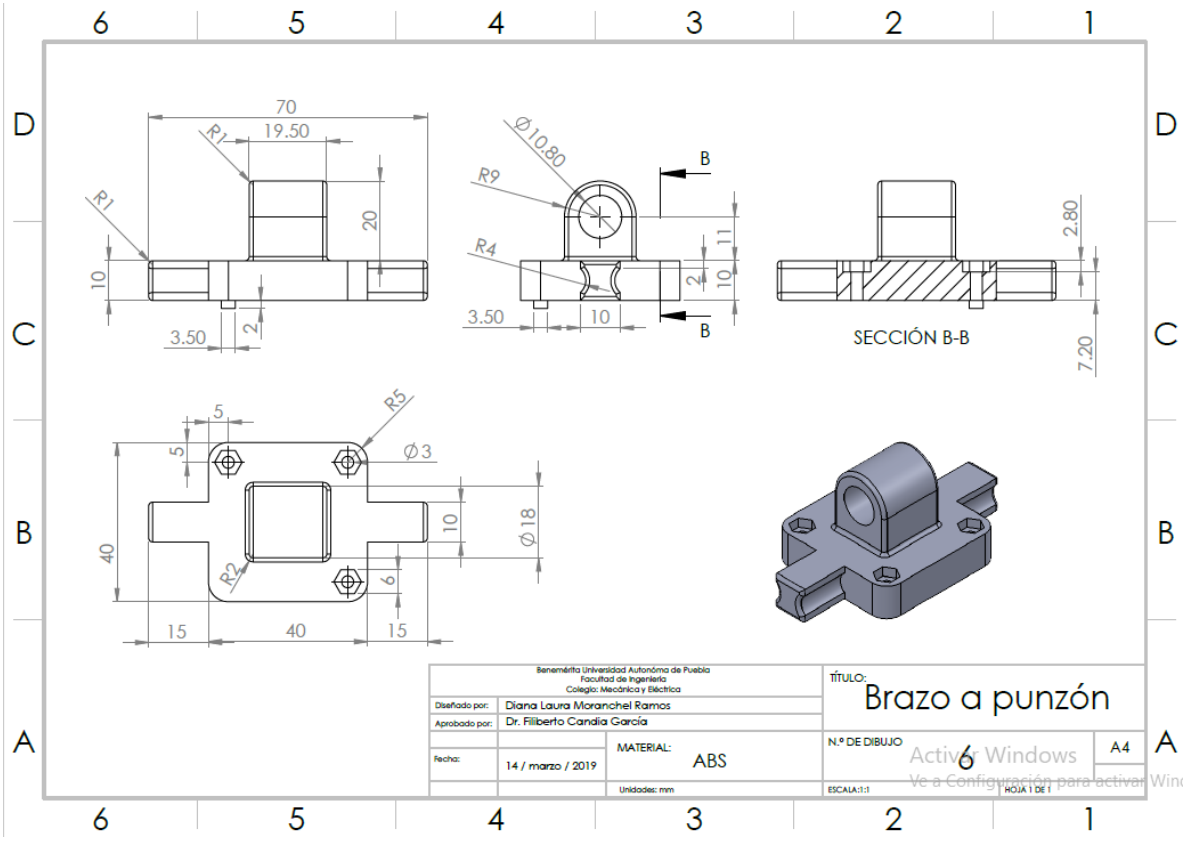

Ø9,6
5,4
9,5
9,7
Ø45
8
2,6
4
Ø15,5
10
17
10,3
46
SIEMENS
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE
FIRST ISSUED
DRAWN BY J. Roberto Ramos
CHECKED BY Filiberto Candia
APPROVED BY Filiberto Candia
TITLE
SIZE A4
DRG NO. EXCENTRICA_A_dwg1
SHEET REV A
SCALE 1:1
SHEET 1 OF 1
ALL DIMENSIONS IN MM

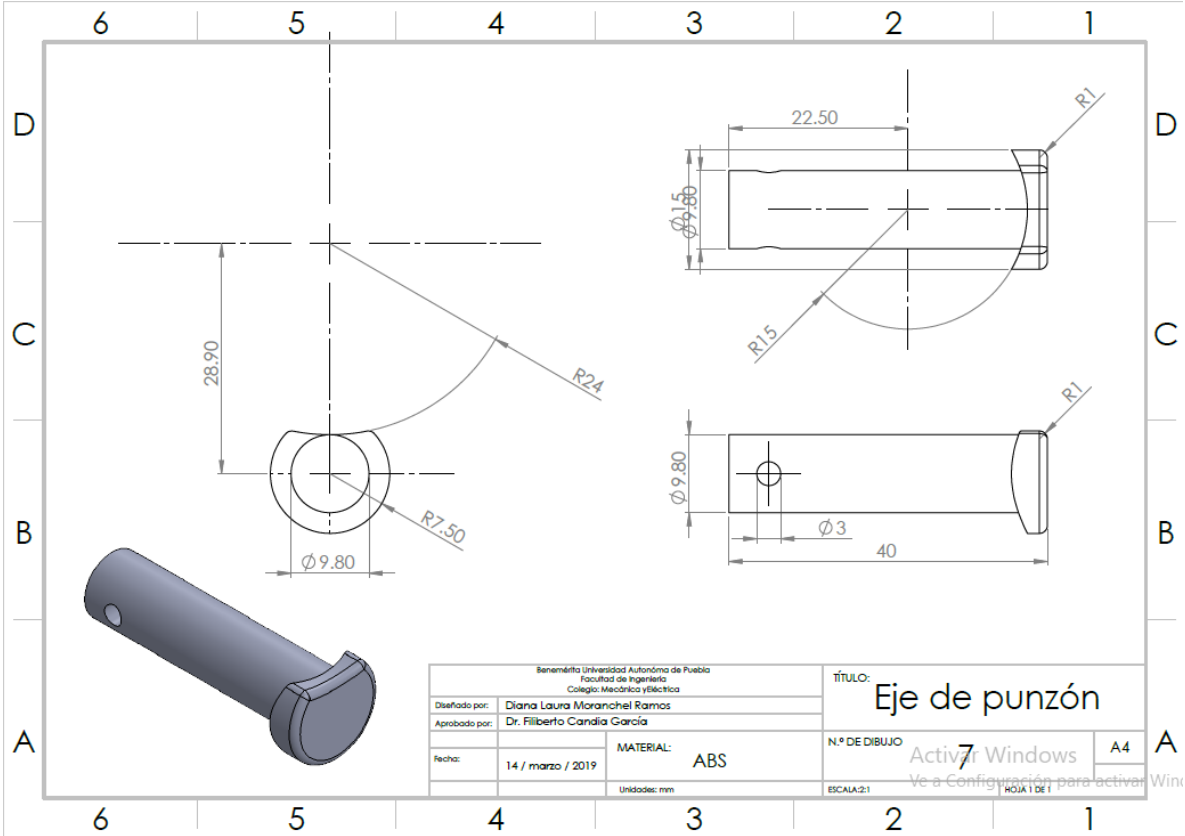

8,4
4,2
2
Ø15
10
30
10
50
SIEMENS
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE
FIRST ISSUED
DRAWN BY J. Roberto
CHECKED BY Filiberto Candia
APPROVED BY Filiberto Candia
TITLE
SIZE A4
DRG NO. EXCENTRICA_B_dwg1
SHEET REV A
SCALE 1:1
SHEET 1 OF 1
ALL DIMENSIONS IN MM

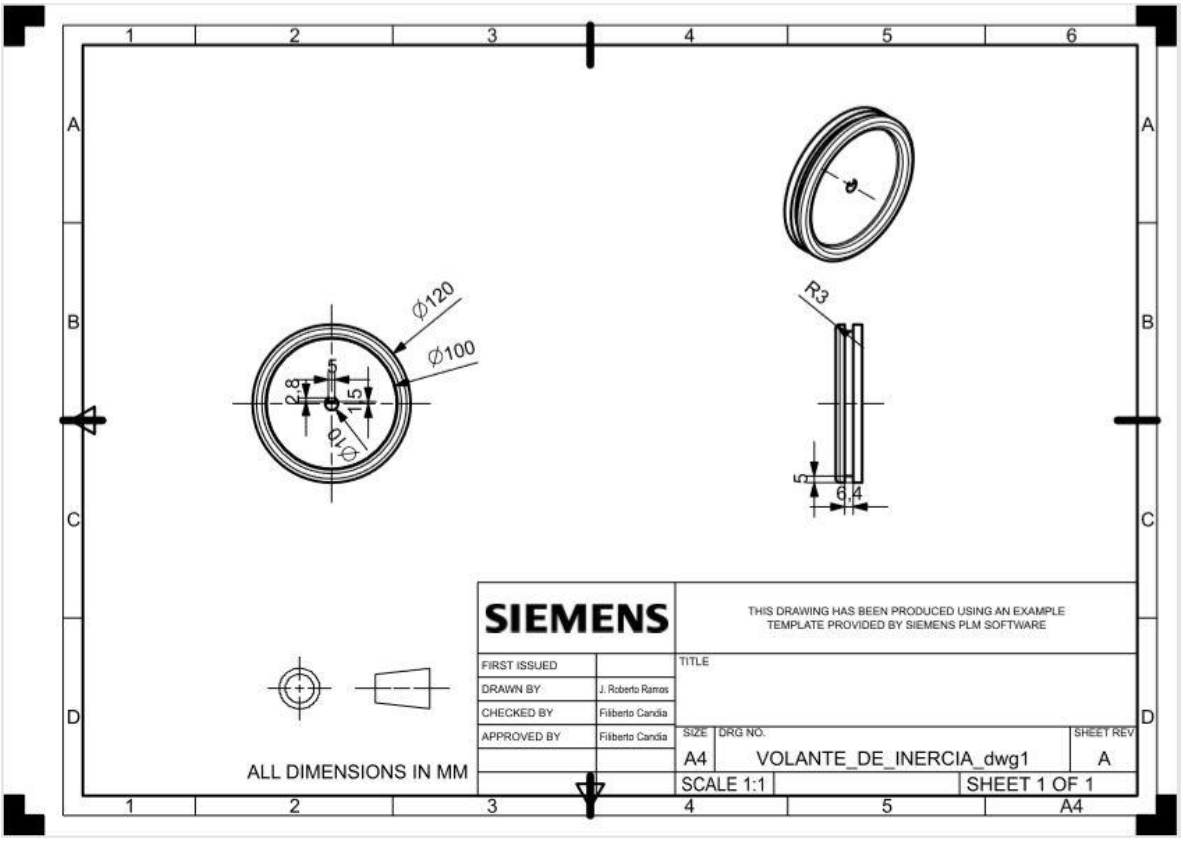

Ø10,3
Ø45
4,6
4
8
Ø15,5
10
29
SIEMENS
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE
FIRST ISSUED
DRAWN BY J. Roberto Ramos
CHECKED BY Filiberto Candia
APPROVED BY Filiberto Candia
TITLE
SIZE A4
DRG NO. EXCENTRICA_C_dwg1
SHEET REV A
SCALE 1:1
SHEET 1 OF 1
ALL DIMENSIONS IN MM

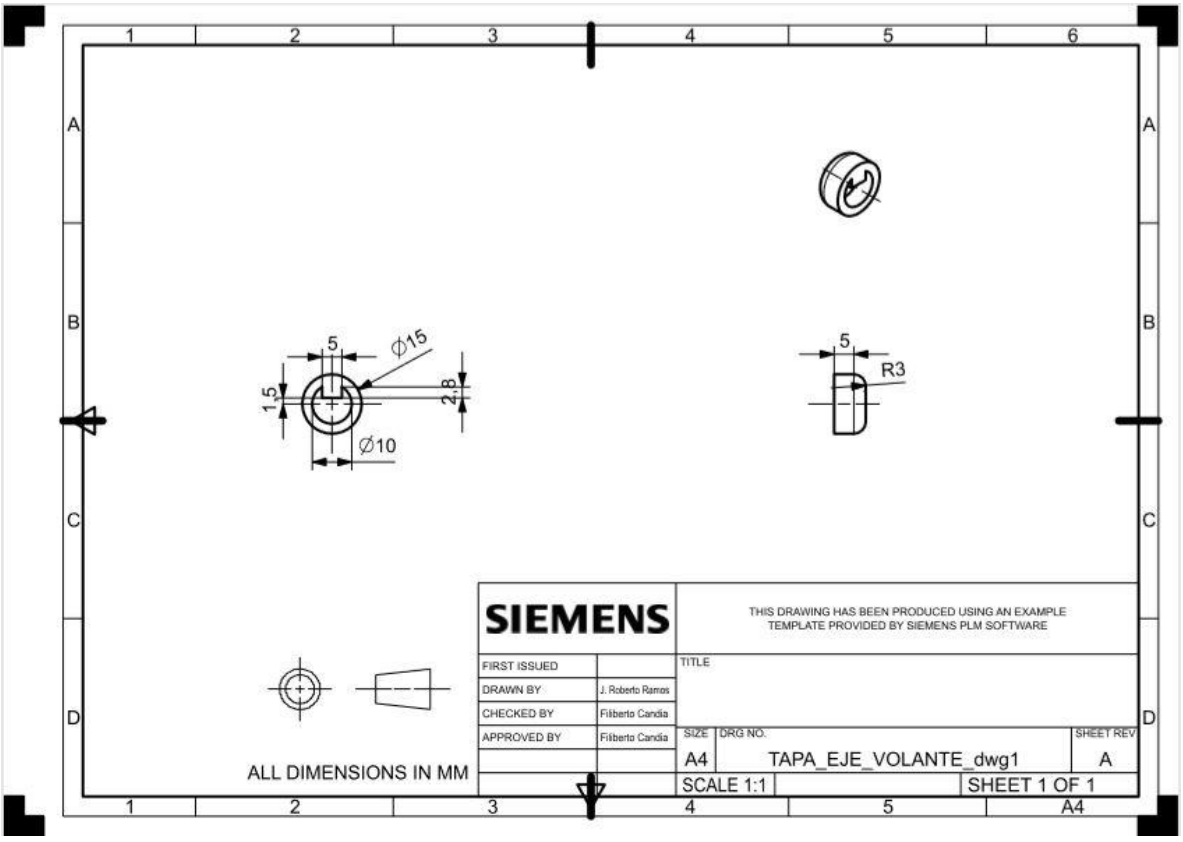

1
52.50
R10
20
20
R7.75
17.50
Ø10.40
R1
4.80
30°
Ø28.80
28.80
Ø3
35
Ø15.50
4.80
R1
14.40
Benemérita Universidad Autonóma de Puebla
Facultad de Ingeniería
Colegio: Mecánica y Eléctrica
Diseñado por: Diana Laura Moranchel Ramos
Aprobado por: Dr. Filiberto Candia García
Fecha: 14 / marzo / 2019
MATERIAL: ABS
Unidades: mm
TÍTULO: Brazo
N.º DE DIBUJO 4
A4
ESCALA:1:1
HOJA 1 DE 1

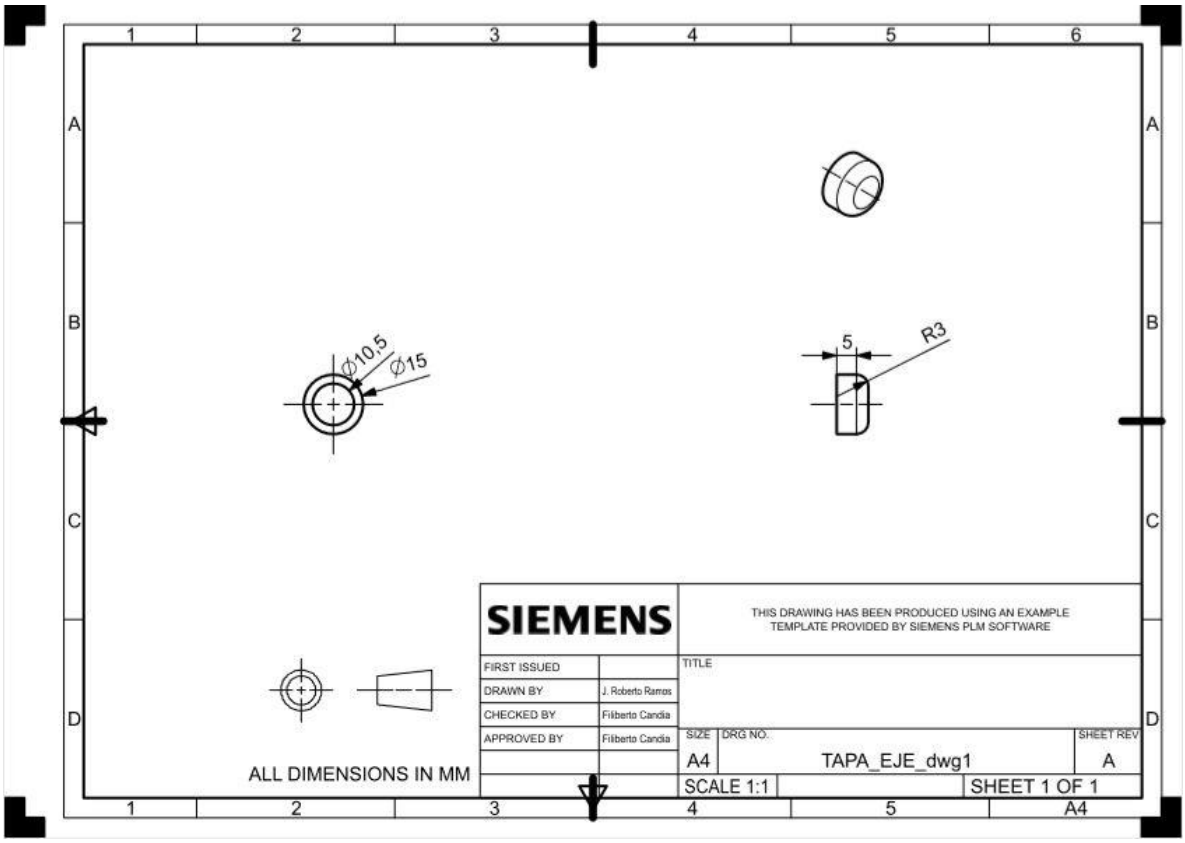

A
R1
A
28.80
8
SECCIÓN A-A
R7.75
R17.50
Ø3
4.95
14.40
28.80
R1
Ø3
R4
Benemérita Universidad Autonóma de Puebla
Facultad de Ingeniería
Colegio: Mecánica y Eléctrica
Diseñado por: Diana Laura Moranchel Ramos
Aprobado por: Dr. Filiberto Candia García
Fecha: 14 / marzo / 2019
MATERIAL: ABS
Unidades: mm
TÍTULO: Cobertura de Brazo
N.º DE DIBUJO 5
A4
ESCALA:1:1
HOJA 1 DE 1

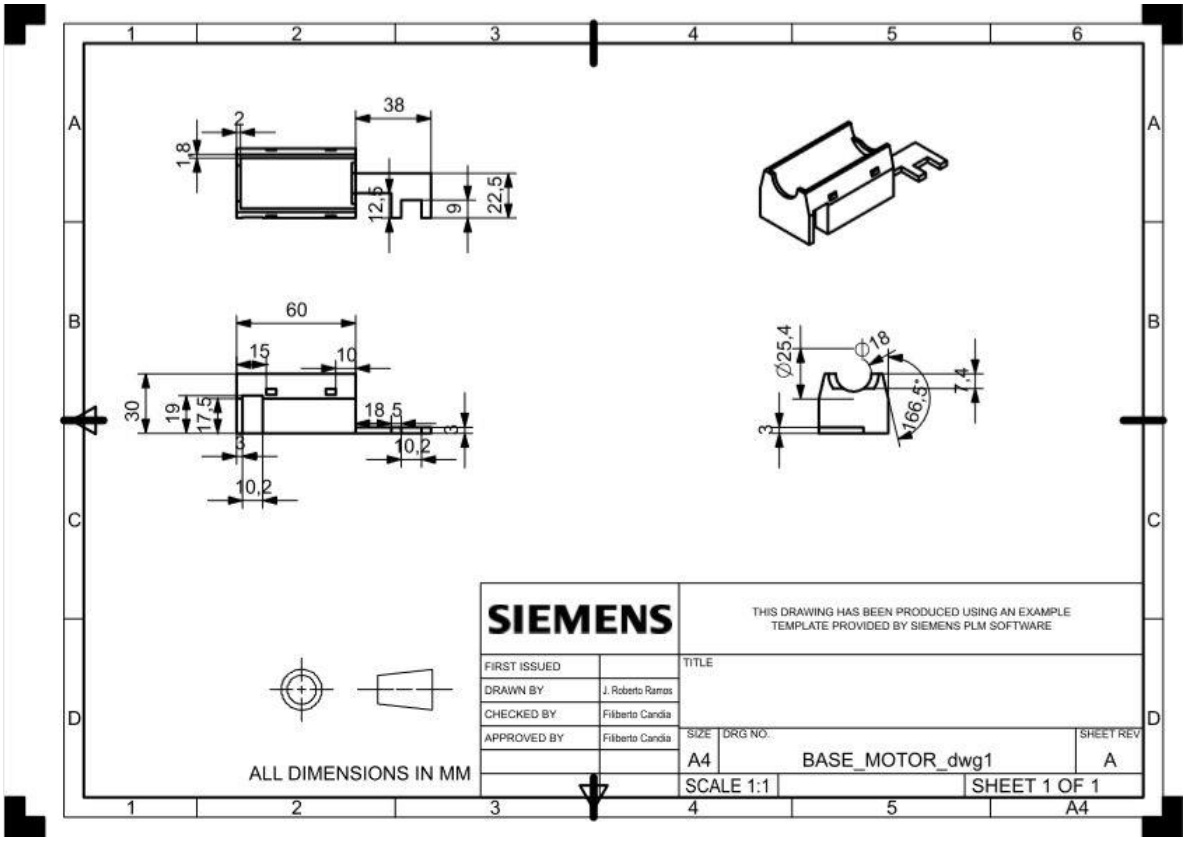

70
19.50
R1
20
10
3.50
2
Ø10.80
R9
R4
B
11
2
10
3.50
10
SECCIÓN B-B
2.80
7.20
5
5
R5
Ø3
40
10
Ø18
R2
6
15
40
15
Benemérita Universidad Autonóma de Puebla
Facultad de Ingeniería
Colegio: Mecánica y Eléctrica
Diseñado por: Diana Laura Moranchel Ramos
Aprobado por: Dr. Filiberto Candia García
Fecha: 14 / marzo / 2019
MATERIAL: ABS
Unidades: mm
TÍTULO:
Brazo a punzón
N.º DE DIBUJO 6
A4
ESCALA:1:1
HOJA 1 DE 1

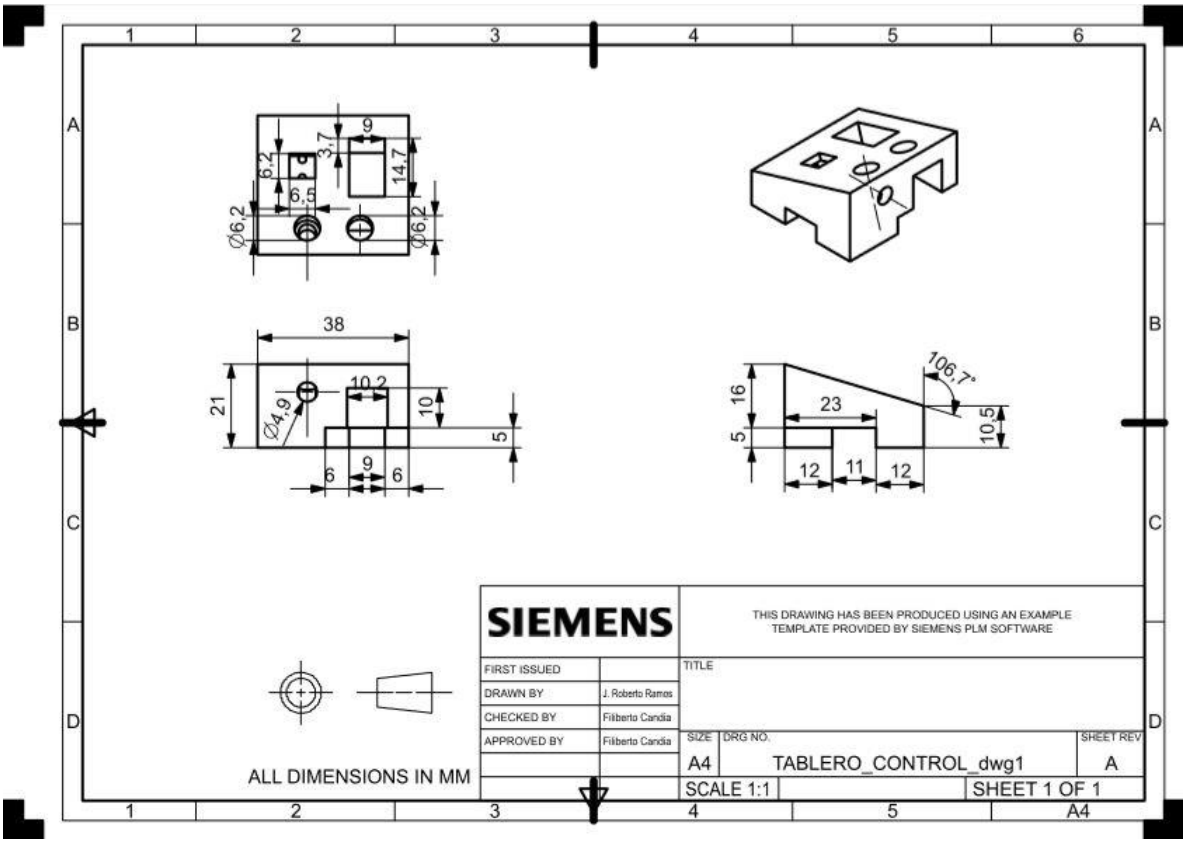

22.50
R1
Ø15
Ø9.80
R15
28.90
R24
R7.50
Ø9.80
R1
Ø9.80
Ø3
40
Benemérita Universidad Autonóma de Puebla
Facultad de Ingeniería
Colegio: Mecánica yEléctrica
Diseñado por: Diana Laura Moranchel Ramos
Aprobado por: Dr. Filiberto Candia García
Fecha: 14 / marzo / 2019
MATERIAL: ABS
Unidades: mm
TÍTULO:
Eje de punzón
N.º DE DIBUJO 7
A4
ESCALA:2:1
HOJA 1 DE 1

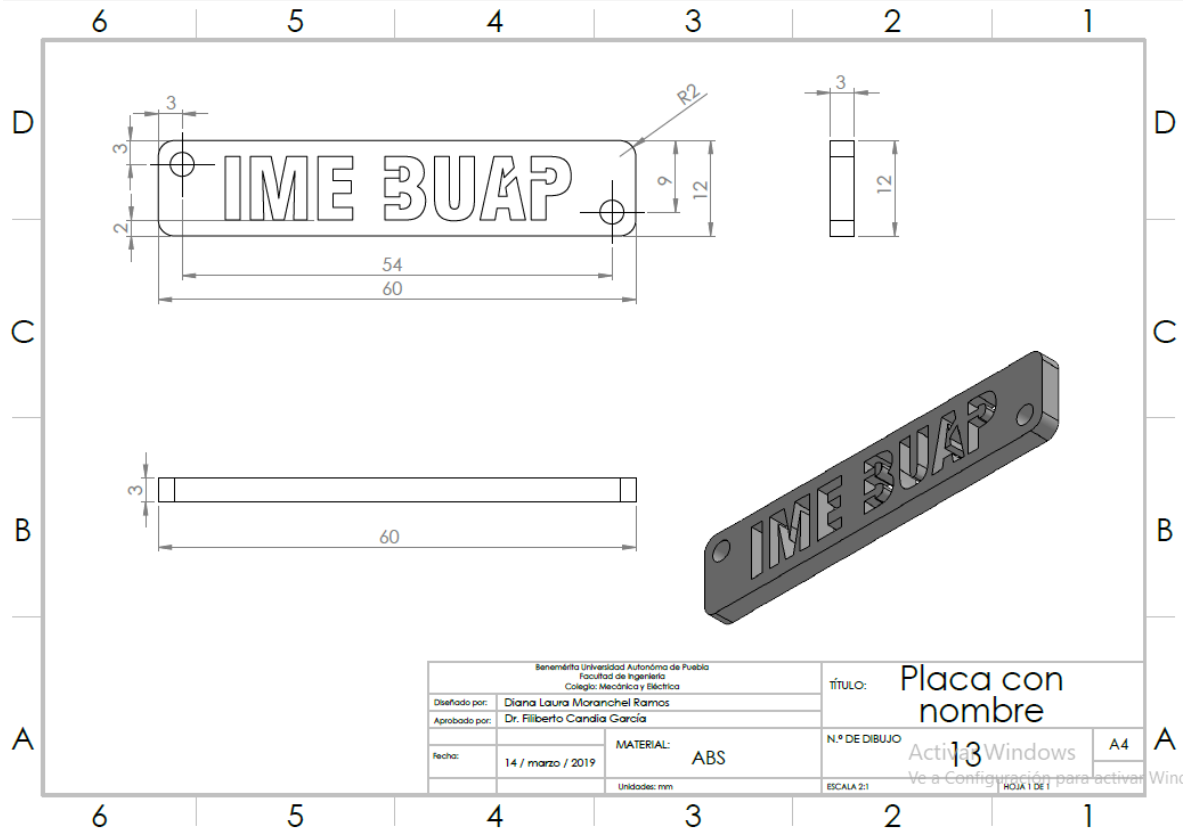

Ø120
Ø100
Ø10
2,8
5
1,5
R3
5
6,4
SIEMENS
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE
FIRST ISSUED
DRAWN BY J. Roberto Ramos
CHECKED BY Filiberto Candia
APPROVED BY Filiberto Candia
TITLE
SIZE A4
DRG NO. VOLANTE_DE_INERCIA_dwg1
SHEET REV A
SCALE 1:1
SHEET 1 OF 1
ALL DIMENSIONS IN MM


5
Ø15
1,5
2,8
Ø10
5
R3
SIEMENS
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE
FIRST ISSUED
DRAWN BY J. Roberto Ramos
CHECKED BY Filiberto Candia
APPROVED BY Filiberto Candia
TITLE
SIZE A4
DRG NO. TAPA_EJE_VOLANTE_dwg1
SHEET REV A
SCALE 1:1
SHEET 1 OF 1
ALL DIMENSIONS IN MM

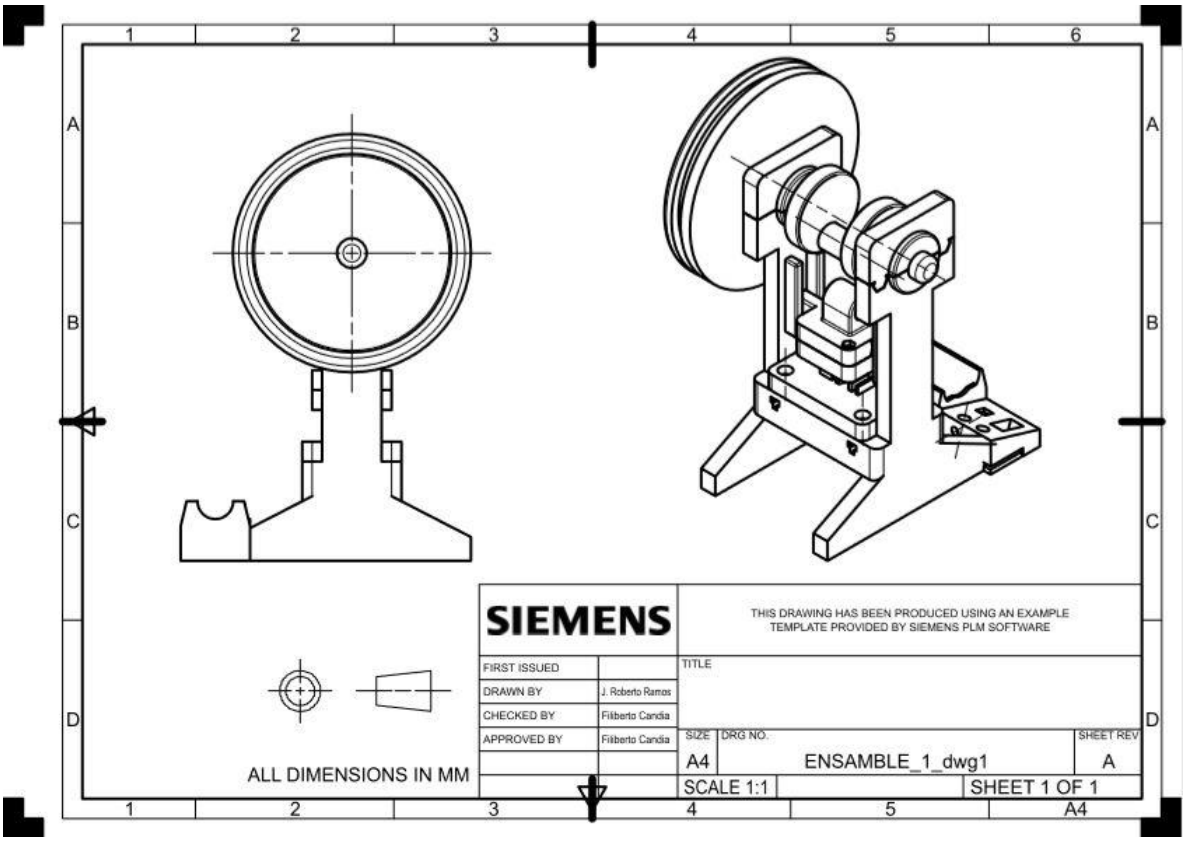

Ø10,5
Ø15
5
R3
SIEMENS
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE
FIRST ISSUED
DRAWN BY J. Roberto Ramos
CHECKED BY Filiberto Candia
APPROVED BY Filiberto Candia
TITLE
SIZE A4
DRG NO. TAPA_EJE_dwg1
SHEET REV A
SCALE 1:1
SHEET 1 OF 1
ALL DIMENSIONS IN MM

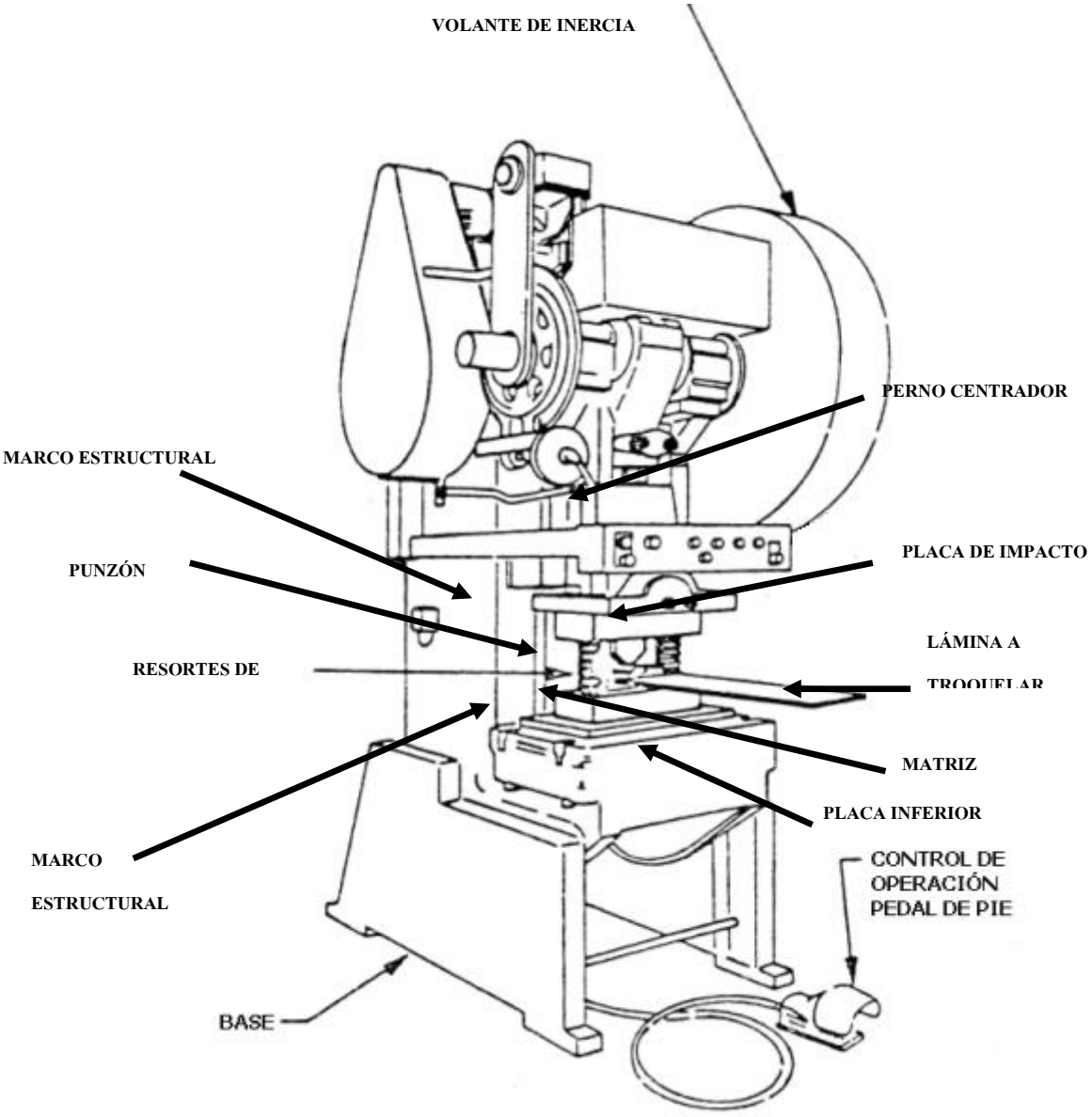

38
2
1,8
12,5
9
22,5
60
15
10
30
19
17,5
18,5
3
10,2
10,2
Ø25,4
Ø18
7,4
166,5°
3
SIEMENS
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE
FIRST ISSUED
DRAWN BY J. Roberto Ramos
CHECKED BY Filiberto Candia
APPROVED BY Filiberto Candia
TITLE
SIZE A4
DRG NO. BASE_MOTOR_dwg1
SHEET REV A
SCALE 1:1
SHEET 1 OF 1
ALL DIMENSIONS IN MM





Activar Windows
Ve a Configuración para activar Win


SIEMENS
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE
FIRST ISSUED
DRAWN BY
J. Roberto Ramos
CHECKED BY
Filiberto Candia
APPROVED BY
Filiberto Candia
TITLE
SIZE
A4
DRG NO.
ENSAMBLE_1_dwg1
SHEET REV
A
SCALE 1:1
SHEET 1 OF 1
A4
ALL DIMENSIONS IN MM



PRENSA MECÁNICA AUTOMÁTICA

Conclusiones

Actualmente se cuenta con un paquete didáctico que consiste en una integración a través de las actividades instruccionales (que se diseñaron de manera concurrente a una meta común) de un dispositivo didáctico impreso en 3D, que asocia los conceptos analíticos con los conceptos físicos de la materia de mecánica de sólidos (esfuerzos y deformaciones), en favor de la mejor comprensión de asignaturas consecuentes como el diseño mecánico y los procesos de manufactura.

La experiencia durante su implementación ha llevado tener como retroalimentación los siguientes comentarios de los estudiantes:

"Realmente me parece muy apropiado en caso de que se trate de un reporte, pues le da un amplio panorama al lector de lo que los alumnos pueden aprender con la troqueladora, de hecho considero que es una práctica muy basta para reforzar lo aprendido en la asignatura de Mecánica de sólidos (I y II) de manera didáctica, por lo que pienso que justifica perfectamente la realización de todo este proyecto. Me gusta el formato que tiene este documento, pues cuenta con un apoyo visual con las imágenes, gráficas y tablas, lo que facilita la comprensión del tema".

"En lo personal considero que las practicas realizadas son de ayuda para centrar los conocimientos teóricos que vemos en las clases, de forma física. Un claro ejemplo es el esfuerzo cortante que aplica el dado en el material que se desea cortar, o también en como el volante de inercia hace la transferencia de esta misma hacia el cigüeñal y los esfuerzos de torsión que este debe soportar para no llegar al punto de ruptura del material. Yo pienso que el aprender estos conceptos es importante para la formación de un ingeniero porque es parte de nuestro trabajo el conocer las características de los materiales para un buen diseño o bien para la identificación de riesgos potenciales en nuestro futuro ambiente laboral ".

Confirmando con ello la aceptación por la academia de la IES involucrada de la buena práctica educativa implementada. Se considera que el objetivo se ha cumplido, ya que ha percepción de los autores se cuenta con material didáctico que permite reducir la problemática de bajo rendimiento académico que se presenta en las IES por la baja asociación de los conceptos de esfuerzo y deformación y sus consecuencias si el diseño se plantea como favorable o no favorable.

Impacto social

El impacto de la actual propuesta integradora de material didáctico que se presenta en este trabajo es alta ya que tiende a la sistematización. Siendo la intención de los autores a través de este documento proporcionar una guía ilustrada de la nueva orientación de la didáctica

hacia la enseñanza de las ciencias. Para ello se requiere que la función y formación docente sea reconceptualizada, desde una perspectiva alterna a la formación en competencias, que se deriva de los actuales requerimientos de certificaciones y acreditaciones, tanto nacionales como internacionales. Bajo esta perspectiva se entiende al método docente como un conjunto de decisiones sobre los procedimientos a emprender y sobre los recursos a utilizar en las diferentes fases de un plan de acción que, organizados y secuenciados coherentemente con los objetivos pretendidos en cada uno de los momentos del proceso, nos permiten dar una respuesta a la finalidad última de la tarea educativa, que se encuentra explicita en los fines de la educación [29].

Bibliografía

[1] F. P. Beer, E. R. Johnston, J. T. Dewolf y D. F. Mazurek, Mecánica de materiales, Quinta ed., Mexico D.F.: Mc Graw Hill, 2010.

[2] J. Gere y B. Goodno, Mecánica de Materiales, México D.F.: CENGAGE, 2009.

[3] R. M. Cervera y D. E. Blanco, Mecánica de estructuras. Libro 1. Resistencia de materiales, Catalunya: Edicions UPC, 2003.

[4] P. A. I. K. T. Goncharov, «Engineering Analysis with NX Advanced Simulation: Kindle Edition. Siemens,» *Kindle Edition. Siemens*, 2014.

[5] BUAP, *El desarrollo del personal docente en el nivel medio superior, el pregrado y el posgrado*, Puebla: BUAP Dirección de Fomento Editorial, 2014.

[6] B. H. O. P. F. B. M. Amstead, Procesos de manufatura version SI, México: Continental, 2002.

[7] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, Manufactura, ingeniería y tecnología, Ciudad de México: Pearson, 2014.

[8] R. C. Hibbeler, Mecánica de Materiales, México: PEARSON, 2011.

[9] M. Neumüller, A. Reichinger, F. Rist y C. Kern, «3D Printing for Cultural Heritage: Preservation, Accessibility, Research and Education,» de *3D Research Challenges in Cultural Heritage*, Berlin, Springer, 2014, pp. 119-134.

[10] K.-M. Shu, C.-C. Chang y Y.-H. Yan, «An Analysis of 3D-Printing Familiarity Among Students in a Technical University,» de *Emerging Technoligies for Education*, Cape Town, Springer, 2017, pp. 58-63.

[11] A. Szymanski, «Prototype Problem Solving Activities Increasing Creative Learning Opportunities Using Computer Modeling and 3D Printing,» de *Creativity and Technology in Mathematics Education*, Moncton, Springer, 2018, pp. 323-344.

[12] D. Lupton, «3D Printing Technologies: A Third Wave Perspective,» de *New Directions in Third Wave Human-Computer Interaction: Volume 1 - Technologies*, Surrey, Springer, 2018, pp. 89-104.

[13] K. Govil, V. Kumar, D. P. Pandey, R. Praneeth y A. Sharma, «Additive Manufacturing and 3D Printing: A Perspective,» de *Advances in Engineenring Design*, Brookings, Springer, 2019, pp. 321-334.

[14] T. Peng, «Research Framework of Sustainability in Additive Manufacturing: A Case of Fused Deposition Modeling,» de *Innovations in Manufacturing for Sustainability*, Johannesburg, Springer, 2019, pp. 99-123.

[15] A. Brown, «3D Printing in Instructional Settings: Identifying a Curricular Hierarchy of Activities,» *TechTrends*, pp. 16-24, 2015.

[16] Y.-H. Chien y P.-Y. Chu, «The diferent Learning Outcomes of High School and College Students on a 3D-Printing STEAM Engineering Design Curriculum,» *J of Sci and Math Educ*, pp. 1047-1064, 2017.

[17] N. Guo y M. C. Leu, «Adittive manufacturing: technology applications and research needs,» *Mech. Eng* , pp. 215-243, 2013.

[18] P. J. S. E. Holzmann y D. B. Audretsch, «Understanding the determinants of novel technology adoption among teachers: the case of 3D printing,» *The Journal of Technology Transfer*, 2018.

[19] H. Kaplan y A. Pyayt, «Tactile Visualization and 3D Printing for Education,» *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*, pp. 2-8, 2015.

[20] H. i. Medellin-Castillo y J. Zaragoza-Siqueiros, «Design and Manufacturing Strategies for Fused Deposition Modeling in Additive Manufacturing: A Review,» *Chinese Journal Of Mechanical Engineering*, pp. 32-53, 2019.

[21] O.-L. Ng, «Exploring the use of 3D Computer Aided Design and 3D Printing for STEAM Learning in Mathematics,» *Digit Exp Math Educ*, pp. 257-263, 2017.

[22] E. Novak y W. Sonya, «Effects of 3D Printing Project-based Learning on Preservice Elementary Teachers´ Science Attitudes, Science Content Knowledge, and Anxiety About Teaching Science,» *Journal of Science Education and Technology*, pp. 412-432, 2018.

[23] M. Zichar y I. Papp, «Interaction Between 3D Printing and Geometry Studies,» *Department of Computer Graphics and Image Processing*, 2019.

[24] J. M. Gere y B. J. Goodno, Mecánica de Materiales, Séptimo ed., México D.F.: CENGAGE, 2009.

[25] S. Montenegro, «Resistencia de los Materiales El blog "Resistencia de los Materiales" tiene como objeto ofrecer a sus lectores principios y definiciones básicas,» 2012. [En línea]. Available: http://resistenciadelosmaterialeseip445.blogspot.com/2012/10/capitulo-3.html. [Último acceso: 15 03 2019].

[26] J. A. Comenio, Didáctica magna, 2014.

[27] R. Gomeringer, M. Heinzler, R. Kilgus, V. Menges, S. Oesterle, T. Rapp, C. S. A. Scholer, A. Stephan y F. Wieneke, Mechanical and Metal Trades Handbook, Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel, 2018.

[28] O. J. V. Molina, *Caracterización de materiales termoplásticos de ABS y PLA semi - rígido impresos en 3D con cinco mallados internos diferentes*, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2016.

[29] I. L. Benavides, Hacia nuevos paradigmas en educación, Puebla: CIPAE, 1998.

[30] CONALTE, Perfiles de desempeño para Preescolar, Primaria y Secundaria, Primera ed., México: Artículos Gráficos de México, 1991.

[31] D. M. Bartlett y I. L. G. Benavides, El fraude de la reforma educativa, Puebla: CIPAE, 2016.

[32] BUAP, Modelo Universitario Minerva (MUM). Documento integrador, Primera ed., Puebla: BUAP, 2007.

[33] G. F. Candia, G. M. Cruz, M. I. Rodríguez y L. V. Galindo, «KNOWLEDGE BASED ENGINEERING SYSTEM (KBES) FOR MECHANIC DESIGN ACTIVITIES,» *International Journal of Current Advanced Research*, pp. 984-991, 2016.

[34] J. Gere, Mechanics of Materials, CENGAGE, 2009.

[35] ISO, *NBR ISO 6892*, Rio de Janeiro: Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2002.

[36] R. L. Moot, Resistencia de materiales aplicada, Pearson Education, 2006.

[37] SEP, «CONALEP,» 09 02 2017. [En línea]. Available: http://www.conalep.edu.mx/academicos/Documents/mmfd/prsntcn-cnfrnc-mmfd.pdf.

[38] AHMSA, «http://www.ahmsa.com,» 10 02 2017. [En línea]. Available: http://www.ahmsa.com/manual_ahmsa_2013.

[39] UNESCO, Hacia las sociedades del conocimiento, París: UNESCO, 2005.

[40] E. Morin, Los siete saberes necesarios para la educación del futuro, París: UNESCO, 1999.

[41] S. J. A. Roa, *CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS A TENSIÓN DEL ÁCIDO POLILÁCTICO PLA PROCESADO POR MANUFACTURA ADITIVA FFF CONSIDERANDO LA DEGRADACIÓN POR HUMEDAD Y TEMPERATURA*, Bogotá: UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, 2017.

[42] G. F. Candia, P. G. Yañez, R. J. C. Carmona y S. J. C. Escamilla, «La vocación profesional componente indispensable para el diálogo tutorial,» de *Investigación y desarrollo en Tutoría Académica*, Puebla, BUAP Fomento editorial, 2017, p. 243.