



Construcción de un módulo didáctico para la ejecución de prácticas sobre engranajes rectos en las asignaturas de diseño mecánico y mecanismos sede Neiva de la Universidad Antonio Nariño

Ronald Franco Tavera Alviz

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Neiva, Colombia
2020

Construcción de un módulo didáctico para la ejecución de prácticas sobre engranajes rectos en las asignaturas de diseño mecánico y mecanismos sede Neiva de la Universidad Antonio Nariño

Ronald Franco Tavera Alviz

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Mecánico

Director (a):

Ing. Msc. Martha Lucía Solano Moreno

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Neiva, Colombia
2020

(Dedicatoria o lema)

A Dios, por llenar mi camino de bendiciones, por siempre bendecirme con alegrías y motivos para sonreír cada día, gracias por estar guiando mis pasos durante todo mi proceso de formación y nunca abandonarme en los momentos difíciles, gracias por todo el apoyo celestial para alcanzar este logro.

A mis padres, por el privilegio de tenerlos, que en cada momento de mi vida he tenido la dicha de contar con su apoyo, han sido mis impulsores de superación y confianza, infinitas gracias por creer en mi cada día; hoy que mis estudios profesionales han concluido me llena de orgullo y este orgullo está dentro de ustedes, gracias por darme tanto y todo.

Ronald Franco.

Agradecimientos

El autor agradece a:

A la Universidad Antonio Nariño, por ofrecerme excelentes personas para mi formación como profesional y los espacios apropiados de infraestructura.

A la Dr. Martha Lucía Solano, quién cómo Vicedecana aportó una gran diligencia durante todo mi proceso y estancia en la institución; y como directora de tesis que con su valiosa colaboración, conocimiento y experiencia permitió el desarrollo de este trabajo de grado.

En especial, a mis padres y familia, de los cuales siempre recibí su apoyo.

Finalmente, a todas aquellas personas, amigos y colegas que me brindaron su apoyo y tiempo para el logro de mis objetivos.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo principal, el diseño y construcción de un módulo didáctico para práctica con engranajes rectos. El diseño de la investigación se desarrolló en tres fases; cada una de estas fases ubicadas en los tres objetivos específicos respectivamente. Una primera fase básica que permitió identificar resultados de aprendizaje planteadas en los syllabus de mecanismos y diseño mecánico II sobre engranes rectos. Una vigilancia tecnológica que permitió identificar al menos dos módulos didácticos que manejan engranes. Esto permitió seleccionar criterios de diseño; uno de ellos que los engranes pudiesen ser desmontados para la realización de varias prácticas; otro criterio fue el tamaño seleccionado del módulo que permitiera manipularlo de una manera práctica, es decir, poder llevarse a un salón de clase. Otro criterio fue proyectar el módulo para que el torque dado al montaje de engranajes fuera de manera manual utilizando una manivela o de manera mecánica, con el uso de un motor eléctrico. En la fase de diseño se realizaron los cálculos respectivos, escogiendo nueve engranajes rectos de diferentes números de dientes, necesarios para la elaboración de tres prácticas las cuales también se implementaron en este documento. La tercera fase orientada a la construcción permite como resultado final de este trabajo. Como conclusión final, este módulo puede ser utilizado en las temáticas de cinemática de engranajes y trenes de engranajes dentro de ejercicios prácticos de las asignaturas Diseño mecánico II y mecanismos.

PALABRAS CLAVE: Tren de engranes, cinemática de engranajes, módulo didáctico, prácticas, diseño mecánico, mecanismos.

Abstract

The main objective of this work was the design and construction of a teaching module for practice with spur gears. The research design was developed in three phases; each of these phases located in the three specific objectives respectively. A first basic phase that will identify learning results raised in the study plans of mechanisms and mechanical design II on spur gears. A technological surveillance that will improve the identification of at least two didactic modules that handle gears. This select design criteria; one of them that the gears could be disassembled for the accomplishment of several practices; Another criterion was the selected size of the module that allowed it to be manipulated in a practical way, that is, to be able to take it to a classroom. Another criterion was to design the module so that the torque given to the assembly of gears was done manually using a crank or mechanically, with the use of an electric motor. In the design phase, the selected ones were made, choosing nine spur gears with different numbers of teeth, necessary for the elaboration of three practices, which were also implemented in this document. The third phase oriented to construction allows as a final result of this work. As a final conclusion, this module can be used in the topics of kinematics of gears and gear trains within practical exercises of the subjects Mechanical design II and mechanisms

Keywords: Gear train, gear kinematics, didactic module, practices, mechanical design, mechanisms.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XIV
Introducción	1
1. Marco referencial.....	5
1.1 Marco conceptual	5
1.1.1 Engranajes.....	5
1.1.2 Módulo didáctico	9
1.1.3 Tipos de módulos didácticos	10
1.1.4 Prácticas de laboratorio.....	11
1.2 Estado del arte	11
2. Resultados.....	17
2.1 Identificar los criterios de diseño necesarios para el módulo teniendo en cuenta los requerimientos de las asignaturas	17
2.2 Elaborar los diseños de la estructura, mecanismos y documentación del módulo didáctico teniendo en cuenta los criterios identificados.	24
2.2.1 Diseño de engranajes	24
2.2.2 Bastidor.....	30
2.2.3 Sistema motriz	32
2.2.4 Elaboración de prácticas	33
2.3 Realizar el montaje de los elementos del módulo para la puesta en marcha del equipo teniendo en cuenta las prácticas diseñadas.....	34
3. Conclusiones y recomendaciones.....	39
3.1 Conclusiones	39
3.2 Recomendaciones	40
A. Anexo: Engranaje 12 dientes.....	41
B. Anexo: Engranaje 16 dientes.....	45
C. Anexo: Engranaje 22 dientes.....	47
D. Anexo: Engranaje 24 dientes.....	49

E. Anexo: Soporte para engranaje de 12 dientes	51
F. Anexo: Soporte para engranajes de 16-24 dientes	53
G. Anexo: Lámina porta engranajes	55
H. Anexo: Arandela de ajuste.....	57
I. Anexo: Manivela	59
J. Anexo: Eje de manivela	61
K. Anexo: Empuñadura	63
L. Anexo: Eje de empuñadura	65
M. Anexo: Polea receptora	67
N. Anexo: Polea motriz.....	69
O. Anexo: Soporte de motor superior	71
P. Anexo: Soporte de caucho	75
Q. Anexo: Plano explosionado.....	77
R. Anexo: Verificación de engranajes	79
S. Anexo: Relación de velocidades- manual	87
T. Anexo: Relación de velocidades- motor.....	95
4. Bibliografía	103

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Mecanismo de Anticitera	6
Figura 1-2. Transmisión antigua	6
Figura 1-3. Engranaje helicoidal de Leonardo	7
Figura 2-1. Mecanismo didáctico de piñones.....	22
Figura 2-2. Tesis banco de engranajes.....	23
Figura 2-3. Lámina porta engranajes bastidor	30
Figura 2-4. Motor eléctrico.....	32
Figura 2-5. Banda M25	33
Figura 2-6. Selección de la materia prima y corte para la fabricación del engranaje.....	34
Figura 2-7. Operación de taladrado para el cubo de cada engranaje.....	35
Figura 2-8. Construcción de dientes de los engranajes	35
Figura 2-9. Engranajes rectos construidos.....	36
Figura 2-10. Montaje de engranajes en lámina del bastidor.....	37
Figura 2-11. Sistemas de tracción implementados en el módulo	37

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Clasificación según la posición de los ejes de conexión.....	8
Tabla 1-2. Clasificación según la forma de los dientes del engranaje	9
Tabla 2-1. Objetivos del syllabus de mecanismos relacionada a engranajes y levas	18
Tabla 2-2. Objetivos del syllabus de diseño mecánico II relacionada a engranajes.....	19
Tabla 2-3. Contenido núcleo temático primera unidad modular diseño mecánico II	19
Tabla 2-4. Contenido núcleo temático primera unidad modular diseño mecánico II	20
Tabla 2-5. Valores normalizados engranajes rectos.....	21
Tabla 2-6. Propiedades mecánicas de los aceros para construcción de engranajes.....	22
Tabla 2-7. Glosario de letras utilizadas en las ecuaciones	25
Tabla 2-8. Relación de planos elaborados	31
Tabla 2-9. Elementos de máquina del módulo didáctico	36

Introducción

En la actualidad, las instituciones de educación superior realizan mediante el desarrollo de proyectos de grado, módulos didácticos que ayudan al quehacer docente y fortalecen las competencias de los estudiantes que, dentro de su salón de clase, reciben de cada una de las asignaturas.

La Universidad Antonio Nariño no es la excepción y ante ello, en el acuerdo 48 que rige el reglamento de los trabajos de grado puede denotarse en su primer artículo que “los temas para realizar los trabajos de grado se proyectarán de acuerdo con los siguientes criterios:”; Allí puede leerse lo siguiente: “Proyectos de ayudas educativas o de diseño y construcción de equipos que tengan por finalidad mejorar la docencia, la industria o la salud” (Universidad Antonio Nariño, 2001).

La universidad Antonio Nariño sede Neiva, durante varios semestres anteriores, ha desarrollado algunos módulos didácticos que han servido a la institución para las labores docentes. Así mismo, parte de estos trabajos de grado han permitido la actualización y mantenimiento correctivos de módulos existentes.

Hoy en día, las enseñanzas en la gran mayoría de instituciones en Colombia se limitan solo a transmitir las experiencias de los profesionales (docentes) que imparten las clases teóricas dentro de un salón. Muchas veces se concentran solo a tomar apuntes en un cuaderno de las clases magistrales dadas y muy poco se deja espacio para la práctica o la investigación aplicada.

“Otros factores que limitan la posibilidad de tener una enseñanza de calidad, con gran proyección social –relacionamiento con su entorno–, son la carencia de equipamiento moderno y en cantidad suficiente con respecto al número de alumnos existente” (Misas Arango, La educación superior en Colombia. Análisis y estrategias para su desarrollo, 2004).

La Universidad Antonio Nariño con sede en la ciudad de Neiva, cuenta con asignaturas teórico-prácticas dentro de los syllabus del programa de Ingeniería Mecánica y Electromecánica; de alguna manera, la carencia de algunos equipamientos en la UAN NEIVA no es ajena a la realidad de las instituciones de educación superior del país.

En experiencias propias del autor relacionadas a las asignaturas de mecanismos y diseño mecánico del programa de Ingeniería Mecánica, se pudo evidenciar falencias por ausencia de prácticas en temas tan importantes como el diseño de engranajes. La institución cuenta con simuladores y software como Solid Works para tratar algunos de estos temas; sin embargo, la posibilidad de conocer físicamente los engranajes y realizar prácticas con los mismos, no es posible en la UAN dado que no se cuenta con equipamientos para ello. Muchas veces hay limitantes como el no operar de manera adecuada el software de Solid Works u otro simulador para este tipo de temáticas. Algunos de los estudiantes salen de la universidad sin ni siquiera conocer este tipo de elementos de máquinas y solo se limitan a realizar operaciones analíticas. Estas situaciones limitan a que los alumnos puedan crear a partir de los saberes adquiridos, a plantearse problemas y buscarles soluciones alternativas y a darle sentido a los conocimientos que han aprendido.

El desarrollo de módulos didácticos dentro de las instituciones de educación superior no es un tema nuevo dentro de las temáticas de proyectos. Se ha convertido esta situación como una alternativa favorable para la academia en el mejoramiento e innovación de la infraestructura de sus laboratorios. La adquisición, desarrollo y compra de módulos didácticos para los laboratorios de las instituciones, permite que existan herramientas de aprendizaje que ayuden hacer más productivo el conocimiento en los estudiantes de los programas académicos. Existen investigaciones donde se puede encontrar que el uso de los módulos didácticos permite mayor receptividad de los estudiantes en los contenidos teóricos de una asignatura, ya que les puede permitir experimentar situaciones donde pueden encontrar una solución ante un problema planteado.

Las asignaturas de diseño mecánico y mecanismos dentro del contenido del programa de Ingeniería Mecánica, se ve fortalecido con este trabajo que tiene como meta final, dejar un módulo didáctico relacionado a la temática de los engranajes, que permita a los estudiantes y docentes trabajar conceptos relacionados a la cinemática de los mismos, parámetros de diseño y construcción de trenes de engranajes.

Este trabajo se realizó teniendo en cuenta los niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom. Para lograr el objetivo general se plantearon tres objetivos específicos. El primero de ellos consistió en identificar los criterios de diseño necesarios para el módulo teniendo en cuenta los requerimientos de las asignaturas. En dicho ítem se revisaron los syllabus para determinar los resultados de aprendizaje que requiere el estudiante en las temáticas de engranajes rectos, esto permitió considerar que elementos mecánicos como mínimo requería el módulo didáctico. En segunda instancia se elaboraron los diseños de la estructura, mecanismos y documentación del módulo didáctico. Aquí se utilizó software como Solid Word que permitió la elaboración de los planos mecánicos; así mismo se apoyó en el material bibliográfico para la utilización de las fórmulas necesarias de diseño en engranajes rectos. Para finalizar el trabajo se planteó un tercer objetivo que consistió en el montaje de los elementos del módulo para la puesta en marcha del equipo; la construcción de los engranajes y demás elementos mecánicos fue realizada en talleres metalmecánicos de la ciudad de Neiva apoyados en los planos de diseño.

Este trabajo de grado tuvo como alcance la construcción de un módulo didáctico que permitiese a docentes y estudiantes del programa de ingeniería mecánica y puntualmente de las asignaturas mecanismos y diseño mecánico II contar con una herramienta que facilitara las prácticas en la temática de engranajes rectos con actividades enfocadas en trenes de engranajes rectos y relación de velocidades. De igual manera se entrega un manual de operación y dos prácticas. Como limitaciones presentadas en el desarrollo de este documento se relacionan los horarios de trabajo de los talleres por pandemia y los tiempos para la entrega del producto final.

Según (Blanco Romero, 2018), la metodología se debe disponer de tal manera que guie al equipo del proyecto a obtener diseños apropiados al tema de investigación. Seguir con una metodología sistematizada que asegure la realización de los pasos necesarios, garantizando buenos resultados.

En resumen, la estructura de esta metodología utilizada en este trabajo esta dividida en tres fases. Como primera medida se identificaron los criterios mínimos que debe tener el módulo didáctico para ello se recurrió a revisión bibliográfica de elementos mecánicos como engranajes rectos y ejes; se realizó vigilancia tecnológica que permitió recopilar

información de otros módulos didácticos relacionados al de este trabajo; otra actividad desarrollada fue la revisión de los syllabus para determinar las competencia y resultados de aprendizaje que el estudiante debe obtener.

La segunda fase contemplo el diseño del módulo, aquí se recurrió a un referente bibliográfico valido como lo es el libro de diseño de elementos de máquinas de Mott que en su capítulo ocho relaciona el diseño de engranajes rectos. Se realizaron los cálculos respectivos a las propiedades y características de los engranajes que se utilizaron en el módulo. De igual manera se realizaron los planos de dichos elementos.

Como fase final de la metodología de este trabajo se realizó la construcción de los elementos del módulo con base en los diseños establecidos anteriormente, se realizaron los montajes requeridos y se validó dicho modulo aplicando dos prácticas asociadas a esa temática.

Este trabajo permitirá el desarrollo de otras alternativas didácticas relacionadas a la temática de engranajes como los helicoidales y cónicos, dando un aporte importante a la infraestructura de la institución

1. Marco referencial

A continuación, se consigna la información relacionada a los conceptos utilizados dentro del desarrollo del trabajo y el estado del arte relacionada a este módulo didáctico.

1.1 Marco conceptual

1.1.1 Engranajes

- **Historia** (Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering))

Desde épocas muy remotas se han utilizado cuerdas y elementos fabricados en madera para solucionar los problemas de transporte, impulsión, elevación y movimiento. Nadie sabe a ciencia cierta dónde ni cuándo se inventaron los engranajes. La literatura de la antigua China, Grecia, Turquía y Damasco mencionan engranajes, pero no aportan muchos detalles de los mismos.

El mecanismo de engranajes más antiguo de cuyos restos disponemos es el mecanismo de Anticitera, como se puede ver Figura 1-1. Se trata de una calculadora astronómica compuesta por 30 engranajes de bronce con dientes triangulares. Tiene características tecnológicas avanzadas como son los trenes de engranajes epicicloidales que, hasta el descubrimiento de este mecanismo se creían inventados en el siglo XIX. Por otro lado, a Arquímedes se le suele considerar uno de los inventores de los engranajes porque diseñó un tornillo sin fin.

Figura 1-1: Mecanismo de Anticitera



Fuente: Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering). Aplicación al diseño de engranajes de ejes paralelos con Catia v5. Engranajes, Capítulo 6. p. 183. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/fichero/6.+Engranajes.pdf>

En China también se han conservado ejemplos muy antiguos de máquinas con engranajes. Un ejemplo es el llamado "carro que apunta hacia el Sur" (120-250 dC), un ingenioso mecanismo que mantenía el brazo de una figura humana apuntando siempre hacia el Sur gracias al uso de engranajes diferenciales epicicloidales. Algo anteriores, de en torno a 50 d.C., son los engranajes helicoidales tallados en madera y hallados en una tumba real en la ciudad china de Shensi. Transmisión antigua, ver Figura 1-2

Figura 1-2. Transmisión antigua



Fuente: Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering). Aplicación al diseño de engranajes de ejes paralelos con Catia v5. Engranajes, Capítulo 6. p. 183. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/fichero/6.+Engranajes.pdf>

Es posible que el conocimiento de la época del mecanismo de Anticitera sobreviviese y, con el florecimiento de la cultura del Islam los siglos XI-XIII y sus trabajos en astronomía, fuera la base que permitió que volvieran a fabricarse calculadoras astronómicas. En los

inicios del Renacimiento esta tecnología se utilizó en Europa para el desarrollo de sofisticados relojes, en la mayoría de los casos destinados a edificios públicos como catedrales.

Leonardo da Vinci, muerto en Francia en 1519, dejó numerosos dibujos y esquemas de algunos de los mecanismos utilizados hoy diariamente, incluido varios tipos de engranajes por ejemplo de tipo helicoidal como se puede ver Figura 1-3. Los primeros datos que existen sobre la transmisión de rotación con velocidad angular uniforme por medio de engranajes, corresponden al año 1674, cuando el famoso astrónomo danés Olaf Roemer (1644-1710) propuso la forma o perfil del diente en epicicloide.

Figura 1-3. Engranaje helicoidal de Leonardo



Fuente: Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering). Aplicación al diseño de engranajes de ejes paralelos con Catia v5. Engranajes, Capítulo 6. P. 183. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/fichero/6.+Engranajes.pdf>

En 1897, el inventor alemán Robert Hermann Pfauter (1885-1914), inventa y patenta una máquina universal de dentar engranajes rectos y helicoidales por fresamadre. Gracias a este invento fundó una empresa (Pfauter Company) que a lo largo del tiempo se estableció como una multinacional fabricante de todo tipo de máquinas herramientas.

En 1905, M. Chambon, de Lyon, fue el creador de la máquina para el dentado de engranajes cónicos por procedimiento de fresa madre. Por esas fechas aproximadamente André Citroën fue el inventor de los engranajes helicoidales dobles.

- **Definición**




Es el mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica entre las distintas partes de una máquina. Estos están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y al menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes (Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering)).

- **Clasificación de los engranajes**

En general los engranajes se pueden clasificar de dos formas (Elementos de máquinas):

- **Clasificación según la posición de los ejes de conexión**





Tabla 1-1. Clasificación según la posición de los ejes de conexión

Sistema de ejes paralelos	Dos o más de los engranajes utilizan ejes paralelos entre sí. Se emplea en los engranes reductores para cambiar la velocidad y la dirección del movimiento de los ejes.	
Sistema de ejes que se interceptan	Los engranajes que entran en contacto están sobre ejes que no son paralelos entre sí, pero en la proyección de sus ejes se interceptan. Se usan para cambiar la dirección del movimiento.	
Sistema de ejes que no se interceptan	Se emplean engranajes helicoidales cruzados, engranajes hipoideas, engranajes de rueda y tornillo sin fin y engrane de cremallera y piñón, siendo esta utilizada para convertir movimiento giratorio del piñón en desplazamiento lineal de la cremallera.	

Fuente: Elementos de máquinas. Transmisión por engranajes. Clasificación de los engranajes. p. 9. Disponible en: <http://files.cesarruiz.webnode.com.co/20000096-aa626ac2cd/TransmisionPorEngranajes.pdf>

- **Clasificación según la forma de los dientes del engranaje**

Tabla 1-2. Clasificación según la forma de los dientes del engranaje

<p>Engranés rectos</p>	<p>Los dientes son rectos y paralelos a los ejes. Tienen una capacidad de manejo de baja carga. Pueden ser externos e internos.</p>	
<p>Engranés helicoidales</p>	<p>Son de forma cilíndrica y dientes que se cortan con cierto ángulo respecto al eje. Tiene mayor capacidad de carga, además, de proporcionar una operación más suave y silenciosa.</p>	
<p>Engranés cónicos rectos</p>	<p>Tienen forma cónica, por lo común forman ángulos rectos. Tienen elementos rectos de los dientes los cuales, si se prolongarían, pasarían por el punto de intersección de sus ejes.</p>	
<p>Engrane de tornillo sin fin</p>	<p>Es un engrane helicoidal y un eje roscado Acme. Se utiliza para reducciones grandes de velocidad en áreas pequeñas.</p>	

Fuente: Elementos de máquinas. Transmisión por engranajes. Clasificación de los engranajes. p. 9. Disponible en: <http://files.cesarruiz.webnode.com.co/20000096-aa626ac2cd/TransmisionPorEngranajes.pdf>

1.1.2 Módulo didáctico

El concepto se basa en la analogía con un banco de pruebas físico, utilizado para verificar el funcionamiento de un dispositivo. El término se usa en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción. Es un método para probar un módulo particular (función, clase o biblioteca) en forma aislada (Sánchez, 2011).

1.1.3 Tipos de módulos didácticos

Existen módulos didácticos para diferentes áreas como (Silva, 2013):

- **Módulo didáctico hidráulico**

El módulo didáctico hidráulico posee la característica que está conectado a un ordenador que a su vez tiene una plaqueta de adquisición de datos, esto permite ver en tiempo real las gráficas de presión, caudal, temperatura, voltaje, etc.; se puede observar durante la prueba por medio del monitor el caudal, la temperatura del fluido, las revoluciones por minuto del elemento, etc.; también se puede visualizar cada instrumento en el monitor del ordenador y cambiar escala de valores, convertir unidades, etc.

- **Módulo didáctico dinamométricas**

Producen un frenado del motor por acción de un dispositivo “activo” que disipa la energía entregada en forma de calor.

- **Módulo didáctico inerciales**

No poseen un elemento que produzca una carga, sino que cuentan con una masa inercial que opone resistencia al motor o vehículo, solamente mientras este esté acelerándose.

- **Módulo didáctico híbrido**

Posee una masa inercial importante y al mismo tiempo cuenta con un dinamómetro para producir carga en régimen fijo.

- **Módulo didáctico de Transformadores**

Es el lugar que contiene los equipos necesarios para realizar todas las pruebas respectivas para garantizar que el transformador se encuentra en condiciones de trabajo.

1.1.4 Prácticas de laboratorio

Las prácticas de laboratorio han sido parte de la educación científica durante más de dos siglos, junto con conferencias, tutoriales y seminarios como componentes básicos de la educación superior en ciencias.

Los objetivos de los laboratorios de formación son múltiples. Los laboratorios de formación brindan oportunidades para desarrollar varias habilidades significativas (Coyte & Heslop):

- **Habilidades prácticas.** Se utilizan para capacitar a los estudiantes para el campo profesional. Muchos de los estudiantes de hoy se convertirán en los conocedores del mañana. Los laboratorios de formación permiten a los estudiantes pensar y actuar como investigadores científicos explorando el equipo material, los protocolos y el entorno de trabajo de un laboratorio real adaptado a sus necesidades.
- **Habilidades intelectuales.** Los experimentos generan datos que deben ser adquiridos, procesados, analizados e interpretados. Lograr esto requiere aplicación, análisis y evaluación. Estas habilidades intelectuales son valoradas por diversos empresarios, tanto en el marco de las biociencias como fuera de él.
- **Habilidades personales o transferibles.** Los laboratorios de formación tienen el potencial para desarrollar muchas habilidades transferibles. Trabajar en equipo se necesita comunicación y organización eficaz, y completar el trabajo de laboratorio requiere organización, resolución de problemas y administración del tiempo.

1.2 Estado del arte

A continuación, se exponen referencias bibliográficas existentes relacionadas con los temas de interés.

En la actualidad existen módulos de pruebas o didácticos en todo el mundo usados para la simulación de procesos de acuerdo al trabajo a realizar; a continuación, se enunciarán algunos de ellos.

En el año 2019, los estudiantes Parra y Puentes en su proyecto titulado IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FALLAS EN UN SIMULADOR DIDÁCTICO PARA MOTOR DE UN MAZDA ALLEGRO 1600 CC DE COMBUSTIÓN INTERNA CON CICLO OTTO PARA LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO “UAN”, realizaron una recuperación del módulo que existía en el laboratorio de mecánica. Este por falta de mantenimiento, había perdido su funcionalidad y por ende la posibilidad de operar el equipo. Ellos definen que “este proyecto tiene como objetivo principal aprovechar y recuperar un motor de combustión interna que se encuentra en el laboratorio de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño, sede Buganviles, con la finalidad de diseño e implementación de un simulador didáctico de fallas con fines educativos”. Sus resultados fueron la recuperación de la funcionalidad del equipo, la implementación de un panel de pruebas y la mejora del proceso académico de los estudiantes por cuanto “Los resultados obtenidos de este proyecto aportan beneficios a toda la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño por el enfoque teórico-práctico, ayudando a la recuperación y aprovechamiento de equipos que están en deterioro por falta de uso por parte de la comunidad estudiantil” (Parra & Puentes, Implementación de un sistema de fallas en un simulador didactico para motor de un mazda allegro 1600 cc de combustión interna con ciclo otto para la UAN, 2019).

En el año 2015, el estudiante Suárez Castro, elaboró un módulo didáctico que permitía hacer la simulación del funcionamiento de un sistema de frenos dentro de un vehículo. Este contenía dentro de su estructura un sistema mecánico de freno de tambor (freno trasero) y un sistema mecánico de freno de disco. El proyecto se tituló DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE FRENOS DE ESTACIONAMIENTO AUTOMÁTICO PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE NEIVA (Suarez Castro, 2015).

Además, otras instituciones han presentado también trabajos de grado relacionados a módulos didácticos.

Los señores “Minotta y Rodríguez, realizaron un proyecto de grado titulado DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBA PARA MOTORES DC DE BAJA POTENCIA en la Universidad de San Buenaventura en Bogotá D.C, donde el objetivo principal del proyecto fue diseñar y construir un banco de prueba que permitiera medir las características técnicas de motores dc de baja potencia, así mismo el enfoque utilizado en la investigación fue empírico-analítico, en el cual se investigo acerca de cada elemento que se usó y hace parte de los componentes del banco de prueba. Con esta investigación se demuestra la importancia de tener bancos de pruebas para motores dc de baja potencia en el laboratorio de la universidad San Buenaventura porque brinda al usuario conocer las principales características del motor, y así mismo el usuario puede realizar determinadas aplicaciones” (Minotta Peñaloza, 2007).

De igual manera Cabezas y Lozano con su proyecto de grado titulado MONTAJE DE UN BANCO DE PRUEBA PARA ARRAQUE DE MOTORES para la corporación universitaria minuto de Dios sede Soacha, desarrollaron este proyecto con el fin de demostrar lo significativo de tener este banco en el laboratorio de la universidad, debido a que es una herramienta fundamental para los estudiantes ya que les permite profundizar los conocimientos adquiridos en diferentes áreas y así poder llevar lo teórico a lo práctico; el objetivo principal del proyecto fue la elaboración de un banco de prueba para arranque de motores en la Corporación Universitaria Minuto de Dios sede Soacha, para el servicios y beneficios de los estudiantes de la tecnología en electrónica y automatización industrial, que permitió la apropiación de competencias y desarrollo en áreas de potencia mediante prácticas de laboratorios y talleres. La metodología fue la teoría de los motores AC y de imanes permanentes, el modelado y las ecuaciones del motor, descripción y análisis de la plataforma de trabajo con la que se realizará. El resultado fue un banco de pruebas para motores que permita medir la corriente, temperatura y revoluciones del motor, así como el desarrollo de manuales que permitan a los usuarios y a los profesores seguir paso a paso el funcionamiento del motor. Las conclusiones arrojaron una técnica en desarrollo con muchas aplicaciones significativas en el campo de motores y presumibles de ser

introducidas en la docencia con el mayor rigor posible” (Cabezas Castillo & Lozano Portela, 2013).

Por otro lado, los señores Parra y Velasco desarrollaron su proyecto de grado titulado DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN UN SISTEMA DE TUBERÍAS para la Universidad Autónoma de Occidente de Santiago de Cali, que tuvo como objetivo principal laborar un diseño para construir un banco de pruebas para determinar las pérdidas de carga en un sistema de tuberías. El banco permitió revisar las pérdidas por medio de longitudes de tubería de diferente material y diámetros internos, al igual que las pérdidas por los accesorios instalados en las tuberías teniendo en cuenta que con el desarrollo de esta práctica y las actividades que se plantearon en la guía del laboratorio, el estudiante tendrá la capacidad de establecer los conocimientos teóricos que fueron vistos en la materia, tales como diferenciación de tipos de materiales de tuberías, medición de diámetros de las mismas, diferenciación de elementos de sistemas hidráulicos tales como válvulas, codos, tee's y equipos de medición piezométricos; siendo para el docente un apoyo al momento de elaborar la metodología del curso y evaluar los temas vistos" (Parra Durán & Velasco Marín, 2014).

De la Rosa Campo en el año 2015, desarrolló un trabajo de grado titulado DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN EL ÁREA DE TRANSMISION DE POTENCIA POR ENGRANAJES PARA EL LABORATORIO DE DISEÑO GRAFICO. Este trabajo pretendía demostrar la aplicación, conformación, procesos de fabricación y representación gráfica estandarizada de los engranajes, que permitiera reconocer características geométricas y parámetros dimensionales de estos a través del diseño gráfico, utilizando normas o convenciones e implementando una práctica, la cual, por medio de experiencias físicas proporcione los conocimientos y aplicaciones de los dibujos de fabricación, de trabajo o de taller que permitan asimilar dicho reconocimiento (Dela Rosa Campo, 2015).

Roque Morales elaboró como trabajo de grado, el documento titulado DISEÑO DE UN BANCO DIDACTICO DE PRUEBAS DE MECANISMOS para la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, el cual buscaba desarrollar un banco que “será un equipo

didáctico con el cual, él usuario entenderá los procesos cinemáticos y dinámicos que están ocurriendo sin tener que recurrir a las maquinas reales. El diseño del banco didáctico está encaminado a fortalecer los conocimientos de los futuros profesionales y busca que el usuario se enfoque en entender el funcionamiento de un sistema de mecanismos y su mecánica bajo diferentes condiciones que se podrán simular en el mismo. Se presenta los elementos de diseño más importantes del mismo, así como las guías de laboratorio para las respectivas prácticas” (Roque Morales, 2009).

La propuesta metodológica para el diseño de un banco de pruebas para engranajes cilíndricos rectos expuesta por Martínez Henao presenta concretando la necesidad de desarrollar un banco de pruebas para engranajes de perfil convencional de involuta y engranajes con perfil especial de diente. Uno de los requerimientos para las pruebas de ensayo es poder verificar la capacidad de carga portante que ofrece cada uno de los engranajes seleccionados (Martinez Henao, 2012).

A nivel internacional y como referente de módulo que involucran engranajes, Andrade y Suarez desarrollaron para la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, Ecuador, el trabajo de grado titulado DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DIDACTICO FUNCIONAL DE UNA TRANSMISION DE UN VEHICULO HIBRIDO, trabajo “para el beneficio de los catedráticos y estudiantes del INSTITUTO TECNOLOGICO “LUIS ROGERIO GONZALEZ”, así como también para aquellos estudiantes y personas que requieran una capacitación o que necesiten realizar prácticas dentro de este instituto. Ya que servirá de gran aporte al área de mecánica automotriz, de dicho plantel educativo” (Andrade López & Suarez Vintimilla, 2013).

Galarza y Pérez elaboraron el trabajo como proyecto de grado titulado DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS MANUAL DE TRES EJES, UTILIZADA EN VEHÍCULOS PESADOS, PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ; cuyo objetivo fue construir una caja de cambios para vehículos pesados que permitiría comprender su funcionamiento, desarrollar habilidades y reconocer averías por medio de procesos de armado, desarmado; y observación. Para evaluar el banco didáctico se hicieron los cálculos del número de dientes de cada uno de los engranajes. A través de la reproducción de cargas y los esfuerzos a los

que se sometería el funcionamiento de la caja cambios (Galarza Villafuerte & Pérez Basantes, 2014).

2. Resultados

Con base en las actividades planteadas en cada uno de los objetivos propuestos y utilizando una metodología establecida, los resultados obtenidos por actividades fueron los siguientes.

2.1 Identificar los criterios de diseño necesarios para el módulo teniendo en cuenta los requerimientos de las asignaturas

Para el desarrollo de este trabajo fue necesario empezar por revisar los objetivos específicos (resultados de aprendizaje) con los cuales los estudiantes de los programas Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electromecánica deben terminar las asignaturas en Mecanismos y diseño mecánico II.

El primer paso a seguir fue hacer la revisión de los contenidos programáticos o syllabus de las asignaturas Mecanismos y Diseño Mecánico II.

En **mecanismos**, la temática relacionada a engranajes rectos se encuentra en la Unidad Modular 3, a la par con la temática de levas. Allí el estudiante debe utilizar software como SolidWorks o Work Model para el análisis y la comprensión cinemática. Así mismo el estudiante debe asociar mecanismos con levas y engranajes en las máquinas en las cuales puede interaccionar frecuentemente como motores de vehículos entre otros. ver la siguiente Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Objetivos del syllabus de mecanismos relacionada a engranajes y levas

UNIDAD MODULAR 3. LEVAS Y ENGRANAJES.	Diseñar gráfica y analíticamente el perfil de levas planas (con seguidor radial, descentrado y de movimiento oscilatorio) y engranajes rectos.	Elaborará mediante software como SolidWorks o Work Model, mecanismos con levas para su análisis y comprensión cinemática.	Asociará mecanismos con levas y engranajes en las máquinas con las cual interacciona frecuentemente como motores de vehículos entre otros
--	--	---	---

Fuente: Syllabus Mecanismos UAN 2020

En esta asignatura no se detallan los elementos de diseño o parámetros de construcción de este tipo de elementos de máquinas. Son analizados desde la cinemática de los mismos, velocidades angulares y todo lo relacionado a su síntesis del mecanismo.

Como parámetros básicos para la selección de elementos del módulo, es necesario la utilización de al menos dos o tres engranajes que permitan establecer prácticas de análisis cinemático de este tipo de mecanismos.

Esta temática sobre levas y engranajes debe ser revisada por estudiantes y docente en un término de 4 semanas del semestre académicos; son estas de la séptima (7^a) a la décima (10^a) semana.

Se plantea la utilización de software para el análisis de estos mecanismos, pero se hace importante también que puedan realizarse sensibilizaciones prácticas con este tipo de mecanismos de manera física ya que muchos de los estudiantes de estas asignaturas, la gran mayoría de veces ni siquiera detalla en software dicho análisis.

Para **diseño mecánico II** se encuentra un componente bastante fuerte en el diseño de este tipo de elementos. En primera instancia puede apreciarse que en las dos primeras unidades modulares es necesaria la práctica de engranajes rectos; como se puede apreciar en la Tabla 2-2, la primera unidad modular está relacionada a la cinemática de los engranajes, conectando en cierta forma con lo que el estudiante pudo haber visto en la asignatura mecanismos.

Tabla 2-2. Objetivos del syllabus de diseño mecánico II relacionada a engranajes

OBJETIVOS ESPECÍFICOS			
NUCLEO TEMÁTICO	OBJETIVOS CONCEPTUALES	OBJETIVOS PROCEDIMENTALES	OBJETIVOS ACTITUDINALES
UNIDAD MODULAR 1. CINEMÁTICA DE LOS ENGRANES	Distinguir y aplicar los criterios y procedimientos cinemáticos para el diseño de engranajes de todo tipo.	Resolverá preguntas relacionadas a los diferentes tipos de engranajes y todos los parámetros necesarios para su desarrollo.	Reconocerá la importancia de los parámetros necesarios para construir un engranaje y como estos pueden resolver problemas de velocidades
UNIDAD MODULAR 2. DISEÑO DE ENGRANES RECTOS	Aplicar criterios y procedimientos para el análisis y diseño de engranes de diente recto.	Utilizará las herramientas CAD adecuadas y los cálculos analíticos para el desarrollo de engranajes con diente recto.	Resolverá problemas reales sencillos de ingeniería elaborando un tren de engranajes en software CAD

Fuente: Syllabus Diseño Mecánico II UAN 2020

Así mismo, la unidad modular número dos tiene dentro de su contenido principal, el diseño de engranajes rectos. Aunque se parte de la utilización de software como SolidWorks para la elaboración de estos engranajes y la supervisión del diseño, el estudiante con un módulo físico podrá apreciar de manera real el funcionamiento de un tren de engranajes, y la comparación de una aplicación en CAD junto con una real.

Dentro de los contenidos puntuales que se encuentran en el syllabus de diseño mecánico II se encuentra según la Tabla 2-3:

Tabla 2-3. Contenido núcleo temático primera unidad modular diseño mecánico II

CONTENIDOS (CONCEPTUALES Y PROCEDIMENTALES)		
SEMANA	NUCLEOS TEMÁTICOS	TEMAS Y SUBTEMAS
1-3	CINEMÁTICA DE LOS ENGRANES	<ul style="list-style-type: none"> • Geometría de los engranes rectos • Nomenclatura y propiedades del diente de engranes rectos • Relación de velocidades y trenes de engranes • Geometría de los engranes helicoidales y de los engranes cónicos • Tipos de engranes de tornillo sinfin • Geometría del tornillo y engrane sinfin corona

Fuente: Syllabus Diseño Mecánico II UAN 2020

Es de apreciar que en dicho componente temático se destacan temas y subtemas como geometría de engranajes rectos, Nomenclatura y propiedades del diente de engranes rectos y la relación de velocidades y trenes de engranajes. Esta temática debe ser revisada en las primeras dos semanas del semestre académico.

Para la segunda unidad modular y según la siguiente la Tabla 2-4, se estipula una gran cantidad de temas que permiten trabajar todo lo relacionado al diseño de engranajes rectos.

Tabla 2-4. Contenido núcleo temático primera unidad modular diseño mecánico II

4-6	DISEÑO DE ENGRANES RECTOS	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de los engranes • Números de esfuerzo admisible • Materiales de los engranes metálicos • Esfuerzos en los dientes de los engranes • Selección del material del engrane con base en el esfuerzo flexionante. Ecuación de Lewis. • Resistencia a la picadura de los dientes de engranes. Ecuación de Hertz. • Selección del material del engrane con base en el esfuerzo de contacto. • Diseño de engranes rectos • Diseño de engranes con el sistema de módulo métrico. • Capacidad de transmisión de potencia • Engranes de plástico
-----	---------------------------	--

Fuente: Syllabus Diseño Mecánico II UAN 2020

Los temas y subtemas que se requieren ver en este componente se detallan en tres semanas del semestre académico, sean estas la cuarta, quinta y sexta semana. Aunque la gran mayoría de conceptos se realizan de manera teórica y analítica, es posible establecer que el módulo a diseñar tenga algunos componentes que permitan la verificación de algunos conceptos que se trabajan en esta unidad modular.

Existen ya valores normalizados en los diferentes engranajes que se encuentran en el mercado. Entre los valores más importantes están el paso y módulo de cada engranaje. Así mismo, el espaciado entre dientes, espesor y profundidad de estos, deben ser tenidos en cuenta en el diseño del módulo. A continuación, se relaciona en la Tabla 2-5, los valores normalizados de engranajes rectos.

Tabla 2-5. Valores normalizados engranajes rectos

Módulo.	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25
Paso. mm.	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	7,85	8,64	9,42	10,21
Espacio entre dientes. »	1,57	1,97	2,36	2,75	3,14	3,54	3,93	4,32	4,71	5,11
Espesor del diente. »	2,17	2,71	3,25	3,79	4,33	4,87	5,42	5,96	6,5	7,04
Módulo.	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5	5,25	5,5	5,75
Peso. mm.	11	11,78	12,56	13,35	14,13	14,92	15,70	16,49	17,28	18,06
Espacio entre dientes. »	5,5	5,89	6,29	6,68	7,07	7,46	7,86	8,25	8,64	9,03
Profundidad del diente. »	7,58	8,13	8,67	9,21	9,75	10,29	10,83	11,38	11,92	12,46
Módulo.	6	6,25	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12
Paso. mm.	18,84	19,64	20,42	21,99	23,56	25,13	28,27	31,42	34,56	37,7
Espacio entre dientes. »	9,43	9,82	10,21	11	11,78	12,57	14,14	15,71	17,28	18,85
Profundidad del diente. »	13	13,54	14,08	15,17	16,25	17,32	19,5	21,67	23,83	26
Módulo.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Paso. mm.	40,84	43,98	47,12	50,27	53,41	56,55	59,69	62,83	65,97	69,12
Espacio entre dientes. »	20,42	21,99	23,56	25,13	26,70	28,27	29,85	31,42	32,98	34,56
Profundidad del diente. »	28,17	30,33	32,5	34,67	36,83	39	41,17	43,33	45,5	47,67
Módulo.	25	28	30	32	35	38	40	50		
Paso. mm.	78,54	87,96	94,25	100,53	109,96	109,38	125,66	157,08		
Espesor del diente. »	39,27	43,98	47,12	50,26	54,98	59,69	62,83	78,54		
Profundidad del diente. »	53,9	60,4	64,7	69	75,5	81,9	86,3	107,8		

Fuente: INGEMECANICA. Fundamentos de las transmisiones por engranajes. Tutorial semanal. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn150.html>

Para el diseño del módulo se piensa trabajar con módulos pequeños ya que se espera que este pueda ser de fácil manejo y ensamble. Así mismo, estos parámetros permitirán establecer unas prácticas sencillas de tal modo que el estudiante pueda hacer sin complicación, un montaje de engranajes para establecer, por ejemplo, una relación de velocidades angulares de salida vs velocidad de entrada.

Los engranajes se pueden realizar en diferentes materiales, pero al igual que la normalización de valores en el diseño de estos, la selección del mismo depende de las condiciones de operación; para efectos de este módulo y los torques que se podrían presentar en el manejo del módulo, de seguro el material podrá ser un acero de uso genérico y de costo relativamente bajo. A continuación, en la Tabla 2-6 se establece una relación de materiales utilizados en la construcción de engranajes.

Tabla 2-6. Propiedades mecánicas de los aceros para construcción de engranajes

PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS

Los valores indicados para aceros laminados en caliente (HR, hot-rolled) y enfríos en frío (CD, cold-drawn) son valores mínimos estimados que suelen esperarse en el intervalo de tamaños de $\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{2}$ pulg. Un valor mínimo está aproximadamente varias desviaciones estándares por debajo de la media aritmética. Los valores mostrados para aceros con tratamiento térmico son los llamados valores típicos. Un valor típico no es el medio ni el máximo. Puede obtenerse mediante un control cuidadoso de las especificaciones de compra y el tratamiento térmico, junto con la inspección y ensayo continuos. Las propiedades indicadas en esta tabla provienen de varias fuentes y se cree que son representativas. Sin embargo, hay tantas variables que afectan estas propiedades que su naturaleza aproximada debe reconocerse claramente.

Número UNS	Número AISI	Procesamiento	Resistencia de fluencia ksi †	Resistencia a la tensión ksi †	Elongación en 2 pulg %	Reducción en área %	Dureza Brinell H _B
G10100	1010	HR	26	47	28	30	95
		CD	44	53	20	40	105
G10150	1015	HR	27	50	28	36	101
		CD	47	56	18	40	111
G10180	1018	HR	32	58	25	30	116
		CD	54	64	15	40	126
	1112	HR	33	56	25	45	121
		CD	60	78	10	35	167
G10350	1035	HR	39	72	18	40	143
		CD	67	80	12	35	163
	Enfriado a 800°F	HR	81	110	18	31	220
		Enfriado a 1000°F	HR	72	103	23	39
G10400	1040	HR	42	76	18	46	149
		CD	71	85	12	35	176
	Enfriado a 1000°F	HR	96	113	23	62	233
		CD	143	161	12	40	201
G10450	1045	HR	45	82	16	40	163
		CD	77	91	12	35	179
G10500	1050	HR	49	90	15	35	179
		CD	84	100	10	30	197

Fuente: INGEMECANICA. Fundamentos de las transmisiones por engranajes. Tutorial semanal. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn150.html>

Existen en el mercado, varias alternativas de módulos didácticos similares al que se piensa construir. Sin embargo, la gran mayoría de alternativas, como se puede observar en el estado del arte de este documento, son módulos especializados en transmisión de potencia y, por ende, módulos de engranajes rectos, donde el estudiante pueda experimentar de manera práctica y real, muy pocos. A continuación, y con base en la vigilancia tecnológica elaborada para este trabajo, se determinan algunos componentes importantes que deberá tener el módulo didáctico. La Figura 2-1 plasma un ejemplo práctico, aunque para uso de niños.

Figura 2-1. Mecanismo didáctico de piñones

Fuente: I+D Electrónica. Mecanismo didáctico de piñones. Disponible en: <https://www.didacticaselctronicas.com/index.php/robotica/dirobotica/mec%C3%A1nica/pi%C3%B1ones-y-poleas/mecanismo-did%C3%A1ctico-de-pi%C3%B1ones-pi%C3%B1on,-kit-mec%C3%A1nico,-rueda,-plataforma-engranajes-detail>

Este tiene como descripción un conjunto de piñonería para realizar ensamble de sistemas de engranajes. Posee 5 engranajes, 1 manivela y 1 placa para ensamble. Estos tres elementos son elementos críticos del módulo ya que se requieren como mínimo para la construcción.

Otro módulo encontrado fue el elaborado por Henyanel Labarca y Jesus Sanquiz de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda de Venezuela, donde más que un módulo donde el estudiante pueda montar y desmontar elementos, se convierte en un simulador de transmisión de potencia. Dicho módulo cuenta de igual manera con la posibilidad de ser operado por manivela o por la tracción de motor eléctrico. En la Figura 2-2 puede apreciarse la disposición de los engranajes los cuales están dispuestos de cierta forma que hay una transmisión de potencia y una relación de velocidades entre la de entrada y la de salida.

Figura 2-2. Tesis banco de engranajes



Fuente: LABARCA Henyanel, SANQUIZ Jesus. Tesis banco didáctico de engranajes [video]. Youtube. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=5cvAywkDwCc>

Al observar y detallar estos módulos didácticos, puede seleccionarse como criterios de diseño que, los elementos sean desmontables de tal manera que el estudiante pueda realizar diferente ensambles de trenes de engranaje que permitan la búsqueda de varias prácticas con este módulo; otro de los criterios a tener en cuenta es que los engranajes que se construyan puedan ser montados en un bastidor o placa de tal forma que permita el montaje y la transmisión de movimiento sin presencia de interferencias. Otro de los factores a tener en cuenta es el sistema de transmisión de movimiento al sistema; con base en el módulo final que se presenta en este aparte, se podrá disponer de un sistema manual con manivela que pueda dar tracción al sistema mecánico; de igual manera y mediante sistema banda o cadena, transmitir al engranaje conductor la potencia desde un

motor. Con esto, se deja establecido los criterios de diseño que se deberán tener en cuenta en el módulo didáctico.

2.2 Elaborar los diseños de la estructura, mecanismos y documentación del módulo didáctico teniendo en cuenta los criterios identificados.

Teniendo en cuenta los criterios de selección establecidos en el primer objetivo con base en las necesidades requeridas para algunas prácticas relacionadas en engranajes rectos, se determinan los cálculos para cada uno de los elementos de máquina que hacen parte del módulo. Además de ellos, se toma como criterio de apoyo otros módulos didácticos elaborados en otras partes del mundo.

A continuación, se relacionan cada uno de los cálculos de diseño de los engranajes que tendrá el módulo didáctico. Adicional a ello se relaciona el plano elaborado en SolidWorks con base en dichos resultados de las expresiones o ecuaciones de diseño. Estos documentos se organizan en los anexos de este documento.

2.2.1 Diseño de engranajes

Con base en el estado del arte analizado en la construcción de este trabajo de grado y teniendo en cuenta algunas prácticas que se pueden realizar con este módulo, se decidió diseñar 9 engranajes de diferente cantidad de dientes y dimensiones, de tal forma que se puedan realizar prácticas de trenes de engranajes y algunas otras de verificación de medidas y demás parámetros. Este número de engranajes fue seleccionado con base en la vigilancia tecnológica hecha anteriormente y las dimensiones del módulo, teniendo en cuenta la practicidad para su manipulación.

- **Engranaje 12 dientes con manzana**

De esta medida se diseñan dos engranajes. A continuación, los cálculos para las medidas del elemento. Se adjunta el glosario de las letras utilizadas en las ecuaciones.

Tabla 2-7. Glosario de letras utilizadas en las ecuaciones

m: Módulo , cociente que resulta de dividir diámetro primitivo (mm), entre el número de dientes de la rueda.	Dp: Diámetro primitivo , diámetro correspondiente a la circunferencia primitiva.
Dp: Diámetro primitivo , diámetro correspondiente a la circunferencia primitiva.	De: Diámetro exterior , es el correspondiente a la circunferencia en la cual está inscrita la rueda dentada.
Di: Diámetro interior , es el correspondiente a la circunferencia que limita interiormente a los dientes.	P: Paso circular , es la distancia entre dos puntos homólogos de dos dientes consecutivos. Para que dos ruedas engranen ambas tienen que tener el mismo paso circular.
z: número de dientes.	h: Altura del diente , medida desde el fondo del diente a la cresta.
hc: Altura de la cabeza del diente , medida desde la circunferencia primitiva a la cresta del diente.	hp: Altura del pie del diente , medida desde el fondo del diente a la circunferencia primitiva.
e: Espesor del diente , medido sobre la circunferencia primitiva	

Fuente: Autor del proyecto

Para determinar el módulo se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$m = \frac{De}{z + 2} \quad (2.1)$$

$$m = \frac{38,6\text{mm}}{12 + 2} = 2,7571 \text{ mm}$$

Para determinar el diámetro primitivo se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$Dp = m * z \quad (2.2)$$

$$Dp = m * z = 2,7571 \text{ mm} * 12 = 33,0852 \text{ mm}$$

Para determinar el diámetro exterior y utilizando el resultado del módulo, se tiene como resultado:

$$De = Dp + 2(m) \quad (2.3)$$

$$D_e = D_p + 2(m) = 33,0852\text{mm} + 2(2,7571\text{mm}) = 38,5994\text{mm} \approx 38,6\text{mm Diámetro piñón}$$

Para determinar el diámetro interior se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$D_i = D_p - 2,5 * m \quad (2.4)$$

$$D_i = D_p - 2,5 * m = 33,0852\text{mm} - 2,5 (2,7571\text{mm}) = 26,19245\text{mm}$$

Para determinar la altura del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h = 2,25 * m \quad (2.5)$$

$$h = 2,25 * m = 2,25 * 2,7571\text{mm} = 6,2030\text{mm}$$

Para determinar la altura de la cabeza del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h_c = m \quad (2.6)$$

$$h_c = m = 2,7571\text{mm} = h_c$$

Para determinar la altura del pie del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h_p = 1,25 * m \quad (2.7)$$

$$h_p = 1,25 * m = 1,25 * 2,7571\text{mm} = 3,4463\text{mm}$$

Para determinar el paso circular del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$P = \pi * m \quad (2.8)$$

$$P = \pi * m = \pi * 2,7571\text{mm} = 8,6616\text{mm}$$

Para determinar el espesor del diente del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$e = 0,5 * P \quad (2.9)$$

$$e = 0,5 * 8,6616\text{mm} = 4,3308\text{mm}$$

Para determinar la anchura del diente del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$B = m * 10 \quad (2.10)$$

$$B = m * 10 = 2,7571\text{mm} * 10 = 27,571\text{mm}$$

El plano realizado de este engranaje está relacionado en el **ANEXO A** de este documento. Allí puede apreciarse las especificaciones que fueron calculadas y normalizadas. Este plano fue elaborado en SolidWorks y fueron presentados al taller para su fabricación.

A continuación, se realizan los respectivos cálculos para los otros engranajes seleccionados.

Los siguientes cálculos de los diferentes piñones según su número de dientes se realizaron también bajo las ecuaciones anteriormente planteadas.

- **Engranaje de 16 dientes con módulo 2,75 mm**

Para determinar el diámetro primitivo se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$D_p = m * z = 2,75 \text{ mm} * 16 = 44 \text{ mm}$$

Para determinar el diámetro exterior y utilizando el resultado del módulo, se tiene como resultado:

$$D_e = D_p + 2(m) = 44\text{mm} + 2(2,75\text{mm}) = 49,5\text{mm}$$

Para determinar el diámetro interior se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$D_i = D_p - 2,5 * m = 44\text{mm} - 2,5 (2,75\text{mm}) = 37,125\text{mm}$$

Para determinar la altura del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h = 2,25 * m = 2,25 * 2,75\text{mm} = 6,1875\text{mm}$$

Para determinar la altura de la cabeza del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h_c = m = 2,75\text{mm} = h_c$$

Para determinar la altura del pie del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h_p = 1,25 * m = 1,25 * 2,75\text{mm} = 3,4375\text{mm}$$

Para determinar el paso circular del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$P = \pi * m = \pi * 2,75\text{mm} = 8,6393\text{mm}$$

Para determinar el espesor del diente del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$e = 0,5 * P = 0,5 * 8,6393\text{mm} = 4,3196\text{mm}$$

Para determinar la anchura del diente del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$B = m * 10 = 2,75\text{mm} * 10 = 27,5\text{mm}$$

El plano realizado de este engranaje está relacionado en el **ANEXO B** de este documento. Allí puede apreciarse las especificaciones que fueron calculadas y normalizadas. Este plano fue elaborado en SolidWorks y fueron presentados al taller para su fabricación.

- **Engranaje de 22 dientes con módulo 3**

Para determinar el diámetro primitivo se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$Dp = m * z = 3 \text{ mm} * 22 = 66\text{mm}$$

Para determinar el diámetro exterior y utilizando el resultado del módulo, se tiene como resultado:

$$De = Dp + 2(m) = 66\text{mm} + 2(3\text{mm}) = 72\text{mm}$$

Para determinar el diámetro interior se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$Di = Dp - 2,5 * m = 66\text{mm} - 2,5 (3\text{mm}) = 58,5\text{mm}$$

Para determinar la altura del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h = 2,25 * m = 2,25 * 3\text{mm} = 6,75\text{mm}$$

Para determinar la altura de la cabeza del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$hc = m = 3\text{mm} = hc$$

Para determinar la altura del pie del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$hp = 1,25 * m = 1,25 * 3\text{mm} = 3,75\text{mm}$$

Para determinar el paso circular del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$P = \pi * m = \pi * 3\text{mm} = 9,4247\text{mm}$$

Para determinar el espesor del diente del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$e = 0,5 * P = 0,5 * 9,4247\text{mm} = 4,7123\text{mm}$$

Para determinar la anchura del diente del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$B = m * 10 = 3\text{mm} * 10 = 30\text{mm}$$

El plano realizado de este engranaje está relacionado en el **ANEXO C** de este documento. Allí puede apreciarse las especificaciones que fueron calculadas y normalizadas. Este plano fue elaborado en SolidWorks y fueron presentados al taller para su fabricación.

- **Engranaje de 24 dientes con módulo 3**

Para determinar el diámetro primitivo se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$D_p = m * z = 3 \text{ mm} * 24 = 72\text{mm}$$

Para determinar el diámetro exterior y utilizando el resultado del módulo, se tiene como resultado:

$$D_e = D_p + 2(m) = 72\text{mm} + 2(3\text{mm}) = 78\text{mm}$$

Para determinar el diámetro interior se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$D_i = D_p - 2,5 * m = 72\text{mm} - 2,5 (3\text{mm}) = 64,5\text{mm}$$

Para determinar la altura del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h = 2,25 * m = 2,25 * 3\text{mm} = 6,75\text{mm}$$

Para determinar la altura de la cabeza del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h_c = m = 3\text{mm} = h_c$$

Para determinar la altura del pie del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$h_p = 1,25 * m = 1,25 * 3\text{mm} = 3,75\text{mm}$$

Para determinar el paso circular del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$P = \pi * m = \pi * 3\text{mm} = 9,4247\text{mm}$$

Para determinar el espesor del diente del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$e = 0,5 * P = 0,5 * 9,4247\text{mm} = 4,7123\text{mm}$$

Para determinar la anchura del diente del diente se utiliza la siguiente ecuación. El resultado será:

$$B = m * 10 = 3\text{mm} * 10 = 30\text{mm}$$

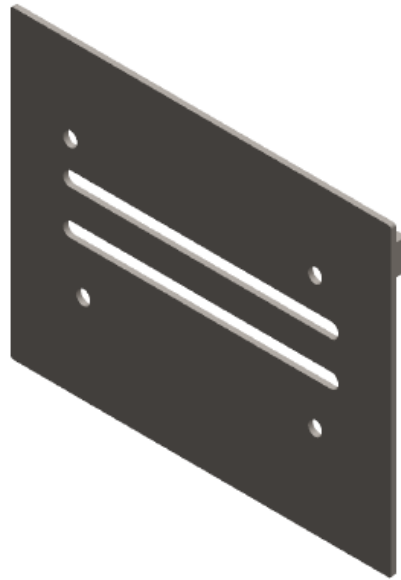
El plano realizado de este engranaje está relacionado en el **ANEXO D** de este documento. Allí puede apreciarse las especificaciones que fueron calculadas y normalizadas. Este plano fue elaborado en SolidWorks y fueron presentados al taller para su fabricación.

2.2.2 Bastidor

Este es un elemento importante en el módulo puesto que sobre él se realizarán los ensambles respectivos para la elaboración de las prácticas. Las medidas que se tuvieron en cuenta están relacionadas con las distancias entre centros de los engranajes lo cual permite que haya el acoplamiento sin interferencia que no permitan su movimiento.

El material utilizado para esta pieza del módulo es una lámina de 3/16 de grosor y referencia HR A36. Las dimensiones de dicha lámina donde se realizarán los montajes son de 280 mm x 350 mm. Este bastidor permitirá realizar el montaje de los engranajes sin ningún inconveniente. La Figura 2-3 orienta el perfil de la placa.

Figura 2-3. Lámina porta engranajes bastidor



Fuente: Autor del proyecto

Los planos con las medidas respectivas de esta pieza se encuentran en el **ANEXO G**.

En la Tabla 2-8 y como parte de la organización del documento, se relacionan los planos elaborados. Cada uno de ellos tiene las medidas tomadas.

Tabla 2-8. Relación de planos elaborados

Anexo E	Soporte para Engranaje 12 dientes
Anexo F	Soporte para Engranaje 16 – 24 dientes
Anexo G	Lámina portaengranajes
Anexo H	Arandela de ajuste
Anexo I	Manivela
Anexo J	Eje de manivela
Anexo K	Empuñadura
Anexo L	Eje de empuñadura
Anexo M	Polea receptor
Anexo N	Polea motriz
Anexo O	Soporte de motor superior
Anexo P	Soporte de caucho
Anexo Q	Plano Explosionado

Fuente: Autor del proyecto

Todos los elementos del módulo referenciados anteriormente están diseñados con base en referentes de otros trabajos (estado del arte) y elementos normalizados.

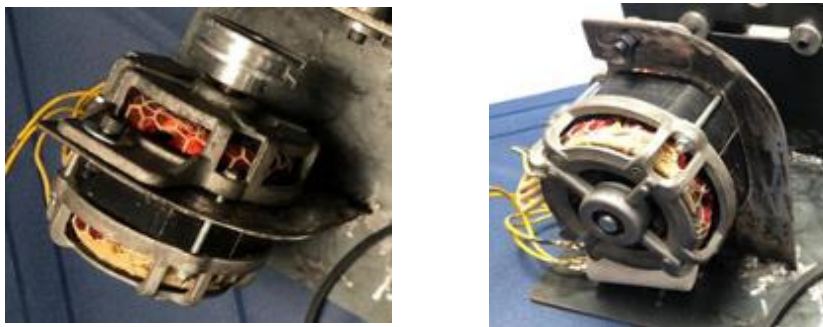
2.2.3 Sistema motriz

Para el sistema motriz se ha seleccionado un motor que el autor del proyecto tenía disponible. En este sentido, criterios de diseño para la selección de este equipo no era crítico. El valor de las rpm del motor se convierte en un set point del proceso ya que este valor es una constante dada por el fabricante. Para este trabajo se seleccionó un motor con las siguientes características:

- Potencia: 187 w (1/4 HP)
- 120v/60 hz
- 1625 rpm
- 3.0 Amp
- Motor eléctrico

La acometida eléctrica del motor es sencilla puesto que no requiere de un circuito previo para su instalación. Este viene montado en el bastidor y se conecta eléctricamente de manera directa a la red. En la Figura 2-4 se evidencia el motor escogido para el módulo didáctico.

Figura 2-4. Motor eléctrico



Fuente: Autor del proyecto

Se determinó escoger un motor con una potencia no tan baja ya que ante la situación del montaje de un tren de engranajes con varios elementos, de seguro requerirá un par motor importante que permita el movimiento del sistema.

La banda o correa seleccionada fue de referencia M25 ya que, por las medidas establecidas para el tamaño del módulo didáctico, la distancia entre las poleas del conductor y conducido son las indicadas para esta referencia. A continuación, la Figura 2-5 evidencia dicha banda seleccionada.

Figura 2-5. Banda M25

Fuente: Autor del proyecto

2.2.4 Elaboración de prácticas

Para la puesta en marcha del módulo didáctico, se hace necesario la elaboración de unas prácticas que utilicen el equipo diseñado. Tal como se documentó en el marco referencial, una práctica debe tener como mínimo ciertos parámetros tales como objetivo, materiales y equipos a utilizar, procedimiento entre otros elementos. La primera práctica se refiere a la **verificación de engranajes**. Dicha práctica puede ser implementada en las dos asignaturas. Consiste en que el estudiante verifique, utilizando el calibrador vernier, las medidas que tienen estos y mediante fórmulas, compare los valores analíticos y los reales. Esta práctica se adjunta en el **ANEXO R**.

La segunda práctica referenciada en este documento está organizada para determinar la relación de un tren de engranes (*TV*). Esta partirá con el montaje de tres de los engranes y mediante ecuaciones se determinará el valor analítico de dicha relación de velocidades. Posteriormente y de manera manual, apoyados en la manivela, se realizará el experimento varias veces. Este debe ser cronometrado durante un (1) minuto de tal forma que se pueda observar de manera práctica la relación de velocidades del *TV* (tren de engranajes). Dicha práctica quedará adjunta en el **ANEXO S**.

La tercera y última práctica planteada en las actividades de este documento estará apoyada en un sistema motriz eléctrico. Para ello se requerirá de la utilización de un sistema encoder (contador de revoluciones) que estará monitoreando las rpm del engrane de salida. Igual que en la práctica anterior, el objetivo de la práctica está centrada en determinar el *TV* de las diferentes configuraciones que puede realizar el estudiante. Dicha práctica estará adjunta en el **ANEXO T** de este documento.

2.3 Realizar el montaje de los elementos del módulo para la puesta en marcha del equipo teniendo en cuenta las prácticas diseñadas

Con los planos realizados bajo parámetros de diseño, se seleccionó un taller del área metalmecánica de la ciudad de Neiva para la construcción del módulo. A continuación, la Figura 2-6 evidencia la construcción del equipo con las imágenes de algunas de los elementos construidos.

Figura 2-6. Selección de la materia prima y corte para la fabricación del engranaje



Fuente: Autor del proyecto

La figura 2-6 muestra el pedazo de metal inicial para manufacturar el engranaje. El material seleccionado para la fabricación de los todos los engranajes es el acero AISI 1045 que es un acero de carbono medio de alta calidad.

En este proceso de manufactura son utilizadas dos máquinas herramientas importantes; el torno y la fresadora industrial. A continuación, en la Figura 2-7 se evidencia la utilización del torno para la operación de taladrado que permite hacer el cubo de cada uno de los engranajes.

Figura 2-7. Operación de taladrado para el cubo de cada engranaje



Fuente: Autor del proyecto

La fresadora fue utilizada para la construcción de los dientes de cada uno de los engranajes. Esta máquina herramienta permite mayor campo de maniobra para la construcción de este tipo de elementos de máquina. La Figura 2-8 evidencia la construcción de los dientes de los engranajes con base en la información suministrada en el diseño del módulo didáctico.

Figura 2-8. Construcción de dientes de los engranajes



Fuente: Autor del proyecto

El resultado de la construcción del módulo dio como resultado el ensamble de 23 elementos de máquina con 66 piezas. A continuación, la Tabla 2-9 relaciona todas las piezas del módulo.

Tabla 2-9. Elementos de máquina del módulo didáctico

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Soposte de engranaje grande	Aleación de aluminio 6061	6
2	Arandela de ajuste	Aleación de aluminio 6061	16
3	Tomillo bristol de ajuste		16
4	Lamina base	Lamina hr A36 calibre 3/16	1
5	Lamina porta pñones	Lamina hr A36 calibre 3/16	1
6	Soposte de engranaje pequeño	Aleación de aluminio 6061	2
7	Engranaje 12 dientes	Acero AISI 1045	2
8	Engranaje 16 dientes	Acero AISI 1045	2
9	Engranaje 22 dientes	Acero AISI 1045	2
10	Engranaje 24 dientes	Acero AISI 1045	2
11	Engranaje 12 dientes con prisionero	Acero AISI 1045, prisionero de 5mm	1
12	Eje manivela	Acero AISI 1045, cuñero de 3/16	1
13	Cuña eje manivela	Acero AISI 1045, cuña de 3/16	1
14	Manivela	Acero AISI 1045, cuñero de 3/16	1
15	Empuñadura	PTFE	1
16	Tomillo Hexagonal	5/16 x 4" grado 2	1
17	Soposte motor superior	Lamina hr A36 calibre 3/16	1
18	Soposte motor inferior	Lamina hr A36 calibre 3/16	1
19	Soposte de caucho	Caucho general	4
20	Polea motriz	Aleación de aluminio 6061	1
21	Polea receptora	Aleación de aluminio 6061	1
22	Motor Electrico	3.0 A. - 1/4 HP(187W) - 120v/60Hz - 1625 RPM	1
23	Conea	Conea M25	1

Fuente: Autor del proyecto

Los engranajes rectos quedaron contruidos y la Figura 2-9 presenta las evidencias de dicha construcción en la siguiente figura.

Figura 2-9. Engranajes rectos contruidos

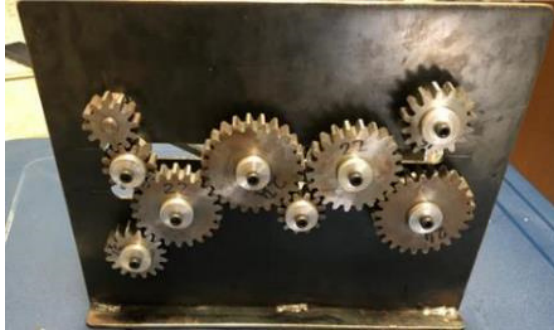


Fuente: Autor del proyecto

Ya con los elementos contruidos, se procede a realizar el montaje de los engranajes en la placa o lámina del bastidor. Se tuvo en cuenta que la línea central de cada uno de las correderas, están separadas teniendo en cuenta la distancia entre centros de los engranajes; así mismo, el módulo y paso diametral permite de manera automática que los

engranajes puedan conectarse entre sí. En la Figura 2-10 puede evidenciarse el montaje de los engranajes en la lámina del bastidor.

Figura 2-10. Montaje de engranajes en lámina del bastidor

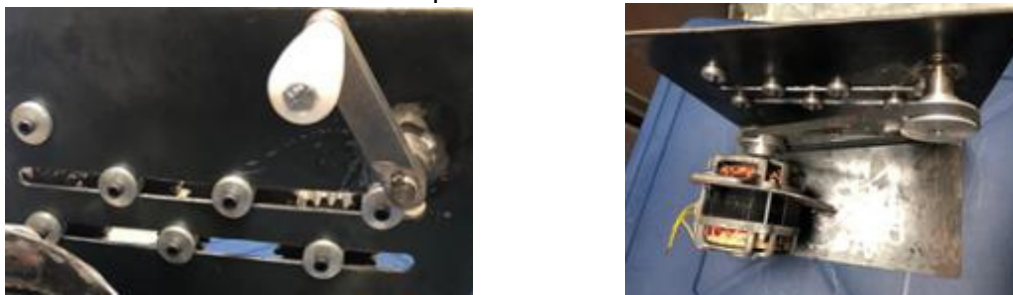


Fuente: Autor del proyecto

En pruebas realizadas y que serán evidenciadas en la sustentación, se aprecia que no hay interferencias entre engranajes. Así mismo, con un sistema de conteo de revoluciones, se determinó que la relación en el tren de engranajes cumple con los cálculos analíticos que se desarrollan de manera teórica.

También se debe mencionar en esta etapa de construcción que el módulo didáctico puede ser operado de manera manual mediante manivela desmontable o el uso de un motor que, por medio de una banda, hace la transferencia de torque al sistema de engranajes. En la Figura 2-11 se puede evidenciar el uso de estos dos sistemas.

Figura 2-11. Sistemas de tracción implementados en el módulo



Fuente: Autor del proyecto

Al final y como se mencionó anteriormente, se relaciona en el **ANEXO G** un explosionado que permite establecer el patrón de montaje del módulo.

3. Conclusiones y recomendaciones

3.1 Conclusiones

Se puede concluir que los criterios de diseño en la elaboración de engranajes rectos son, el paso, módulo, espaciado, espesor y profundidad del diente. La revisión de los syllabus de las asignaturas diseño mecánico II y mecanismos arrojó que, en engranajes rectos, la cinemática de los mismos y el diseño de trenes de estos elementos de máquinas son conocimientos básicos que debe manejar un estudiante del programa. Por ello la importancia de un módulo didáctico que permita el trabajo práctico de dichas temáticas. Bajo vigilancia tecnológica elaborada se encontraron diferentes configuraciones de los mecanismos. Uno de ellos no permite el montaje y desmontaje de los mismos. Sin embargo, se destaca que tiene la posibilidad de ser manipulado por una manivela o por un motor eléctrico. De allí se selecciona este sistema para el módulo de este trabajo. En otro dispositivo encontrado, se evidencia el tamaño del bastidor y la facilidad de montar y desmontar los engranes. Bajo esta premisa se trabajó el de este documento.

Asimismo, la importancia de la utilización de tablas estandarizadas de engranajes. El módulo seleccionado es pequeño dada las dimensiones del bastidor. Dichas dimensiones son tomadas teniendo en cuenta la facilidad para el transporte del equipo a un salón de clases y teniendo en cuenta uno de los módulos encontrados en la vigilancia tecnológica. La cantidad de engranes es de (9) nueve ya que, por dimensiones, es la mayor capacidad. Se realizaron los planos de cada uno de las piezas del módulo; tanto piezas como planos y ensamble se realizaron bajo el software SolidWorks. Las prácticas elaboradas están relacionadas con la cinemática de los engranajes rectos y la relación de velocidad por tren de engranajes. Con esto se da un soporte a los temas teóricos que se presentan en las asignaturas.

También fue necesario la construcción de los engranajes con un material resistente como es el acero 1045. Además de ello, el taller de metalmecánica que realizó las piezas,

recomendó dicho material ya que es de los más usados para este tipo de elementos. Se revisó las propiedades mecánicas del material y cumple con las especificaciones necesarias para las piezas. Se realizaron pruebas de trabajo del módulo y se evidenció que no presentaban interferencias entre engranes. Para la prueba del equipo, se realizó una de las prácticas propuestas.

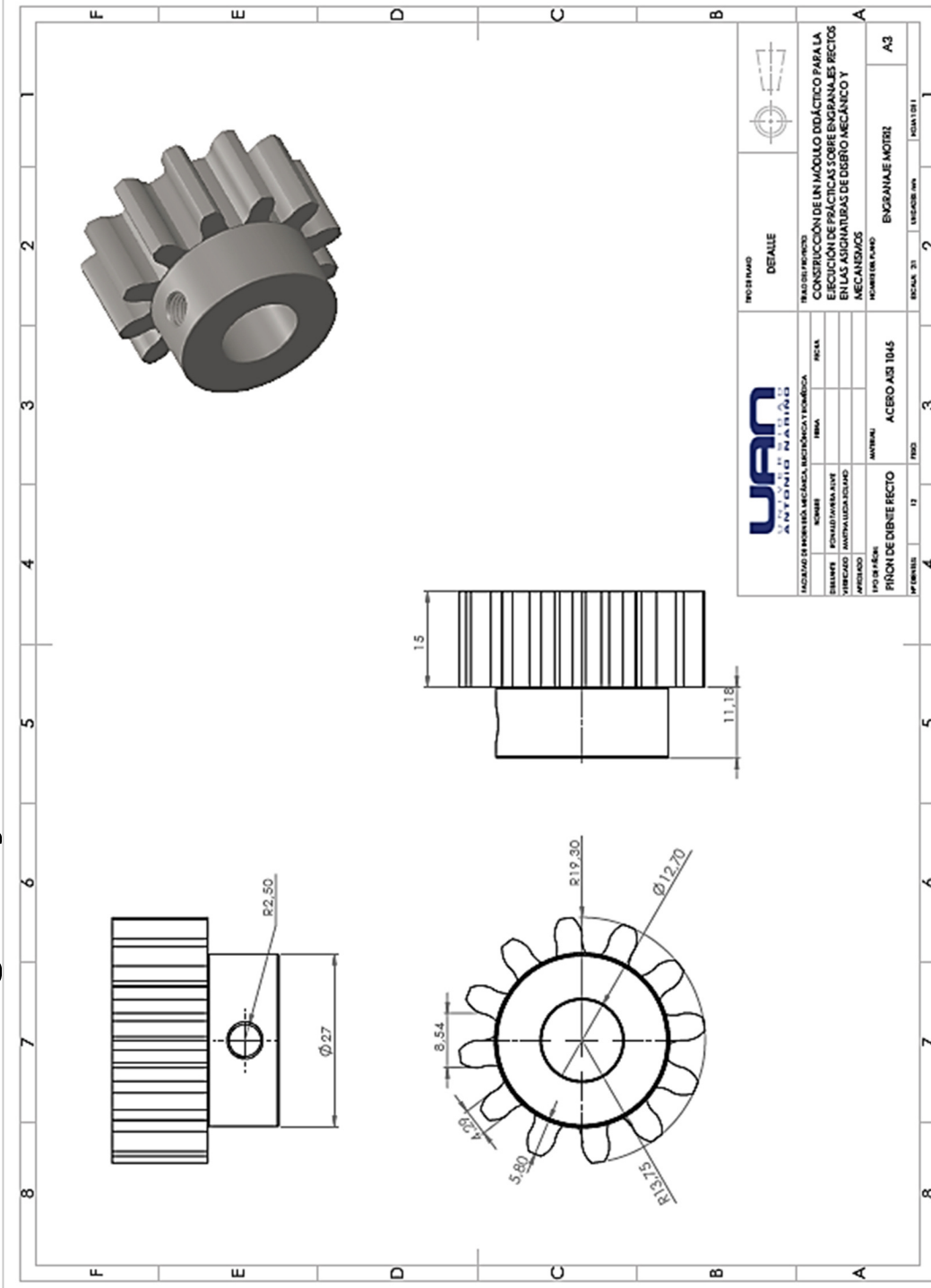
3.2 Recomendaciones

Se recomienda para proyectos similares de módulo didácticos especializados en engranajes, elaborar prácticas para engranajes helicoidales y cónicos. Es necesario elaborar módulos con este tipo de engranajes que permitan complementar las competencias o resultados de aprendizaje de cada uno de los módulos.

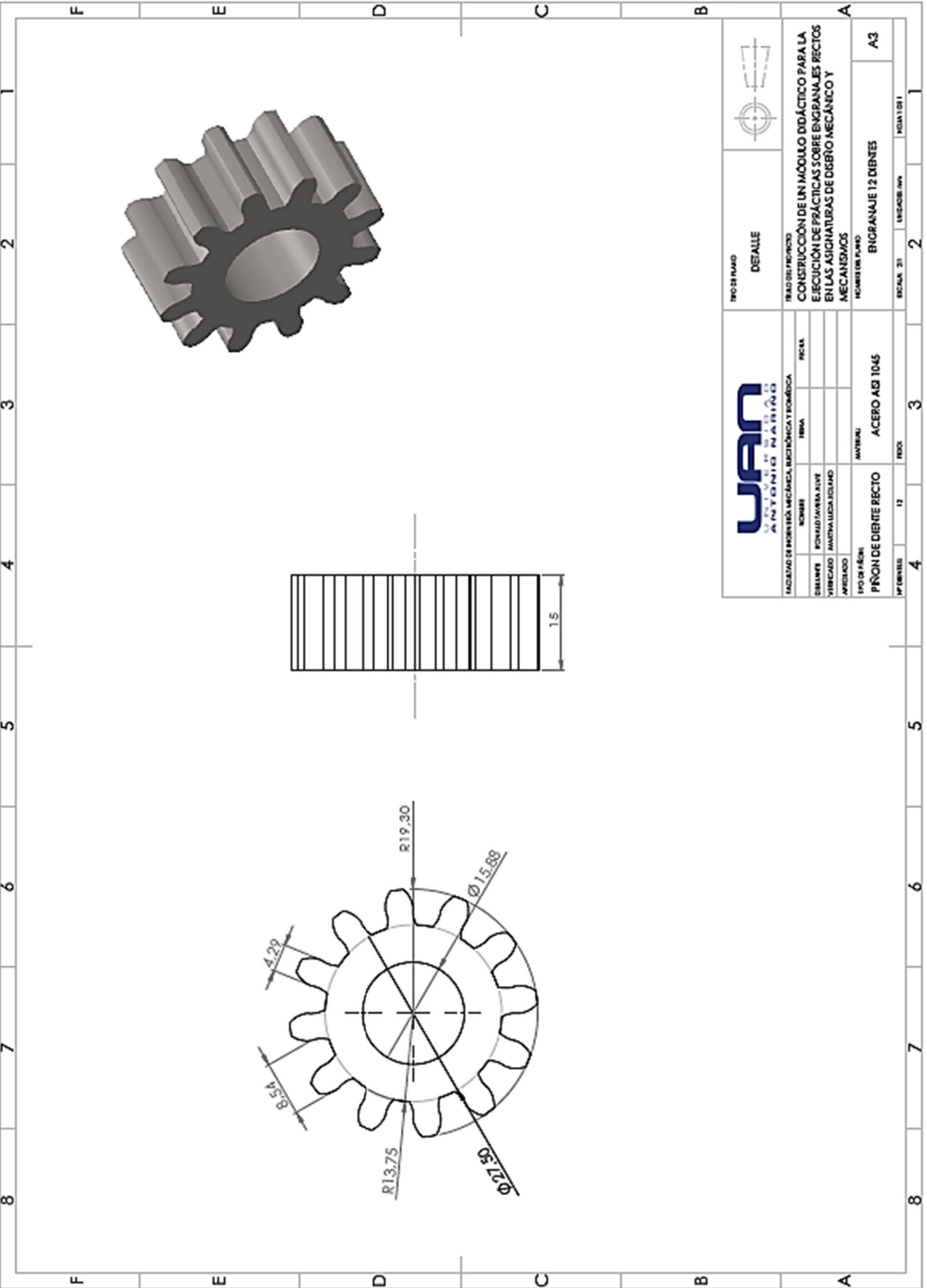
En cuanto a prácticas de laboratorio se recomienda enlazar los resultados que se pueden obtener mediante el uso de herramientas como SolidWorks y el ejercicio con el módulo construido de tal forma que se puedan establecer comparaciones que permitan análisis de resultados posteriores.

El módulo didáctico puede ser mejorado mediante la implementación de otros engranajes de diferente medida, lo que ampliaría aún más su versatilidad.

A. Anexo: Engranaje 12 dientes



		PROFESORADO DETALLE	
TÍTULO DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS EN LAS ASIGNATURAS DE DISEÑO MECÁNICO Y MECANISMOS			
NOMBRE ESPINOLLA ANA LUCÍA		INMA	ESCALA
DISEÑO MATERIALIZADO		MATERIALIZADO	
PROFESOR FRIÓN DE CIBRERECITO		MATERIAL ACERO AISI 1045	
Nº DE DISEÑO 12		PROF. 3	
Nº DE DISEÑO 12		ESCALA 3:1	Nº DE DISEÑO 1



PROYECTIVO
DETALLE

TRABAJO DE PERIODO
CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA
EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS
EN LAS ASIGNATURAS DE DISEÑO MECÁNICO Y
MECÁNISMOS



MAZARZO DE 2018
INSTITUTO NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y TECNOLÓGICA

INSTITUTO NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y TECNOLÓGICA

INSTITUTO NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y TECNOLÓGICA

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

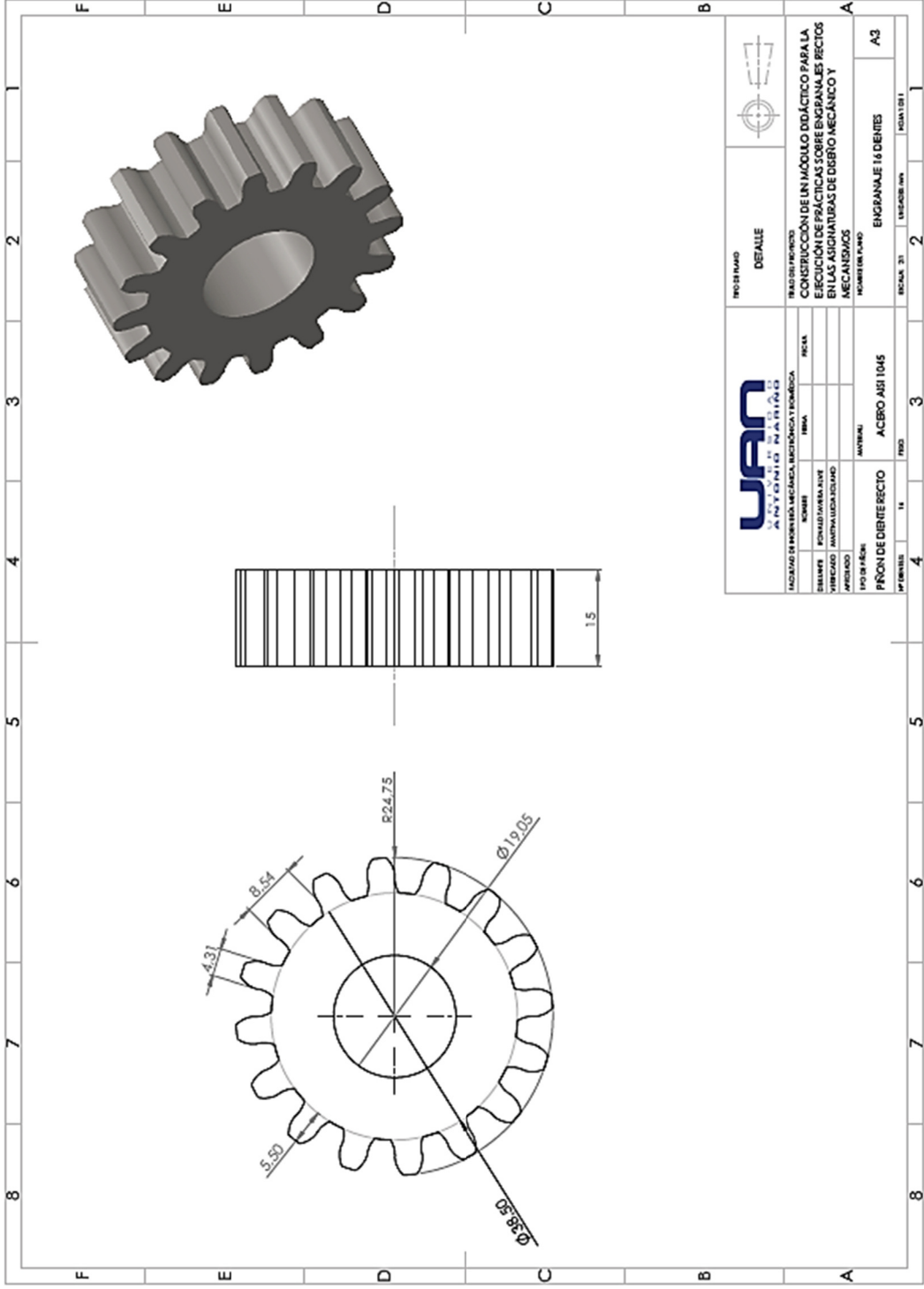
PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

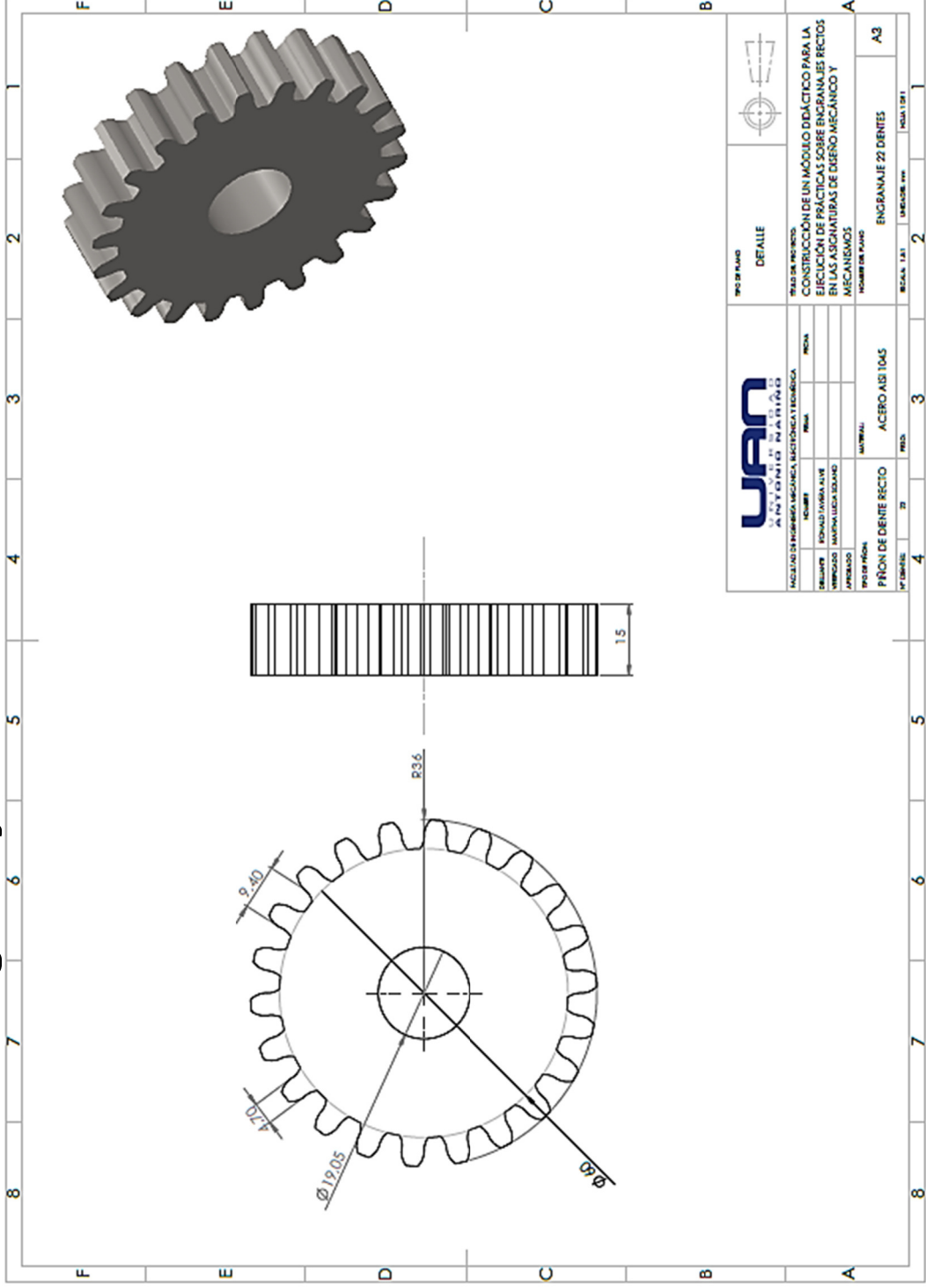
PROYECTO
PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO

B. Anexo: Engranaje 16 dientes



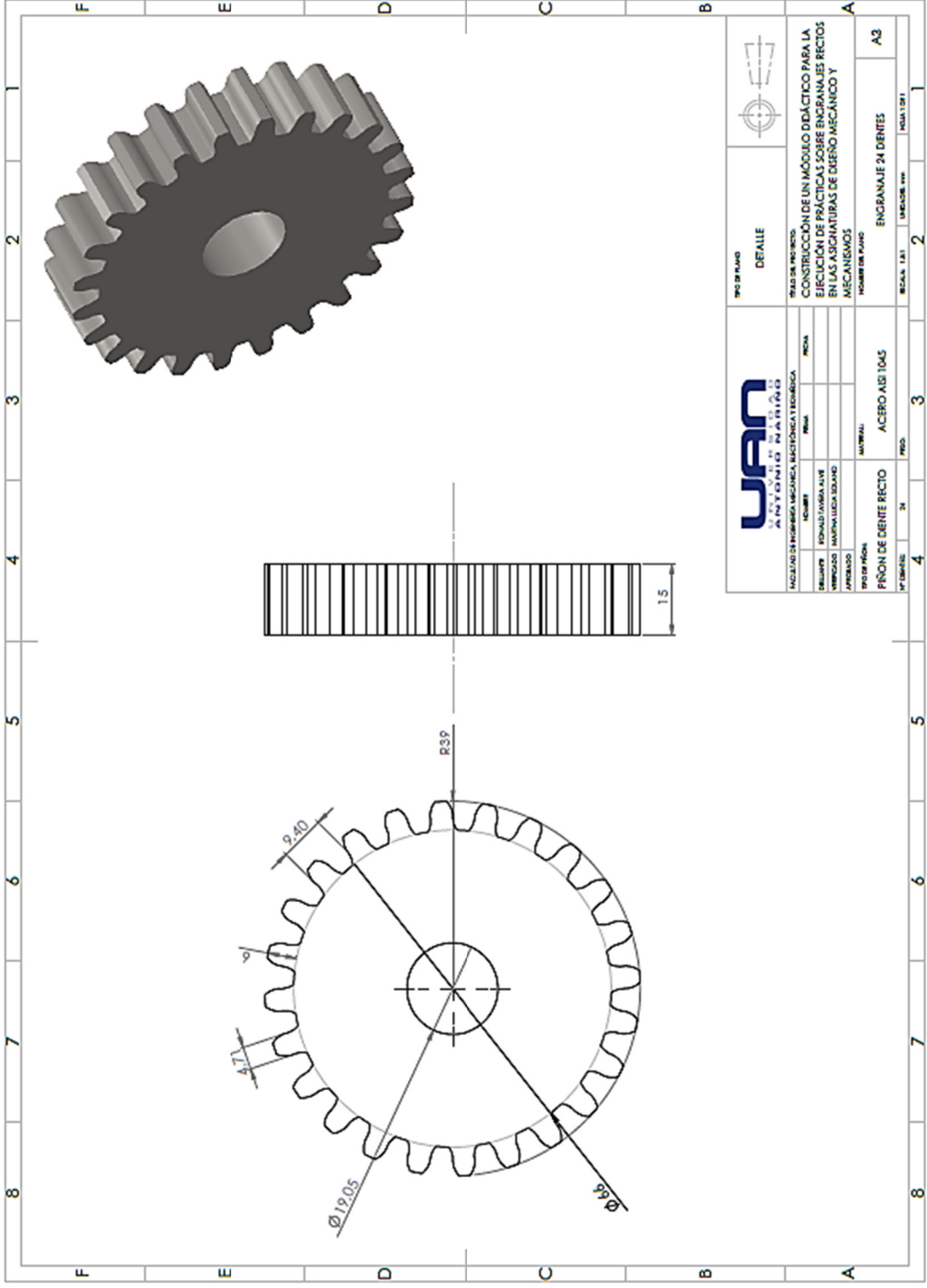
		DETALLE	
TRABAJO PROPUESTO CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS EN LAS ASIGNATURAS DE DIBUJO MECÁNICO Y MECANISMOS		ENGRANAJE 16 DIENTES	
INSTITUCIÓN U.N.T. DE TUCUMÁN		ESCALA: 2:1	
ASIGNATURA MECÁNICA		MATERIA:	
PROFESOR ACERO AJSI 1045		MATERIAL:	
FECHA 14		FECHA:	
PROFESOR ACERO AJSI 1045		MATERIAL:	
FECHA 14		FECHA:	
PROFESOR ACERO AJSI 1045		MATERIAL:	
FECHA 14		FECHA:	

C. Anexo: Engranaje 22 dientes



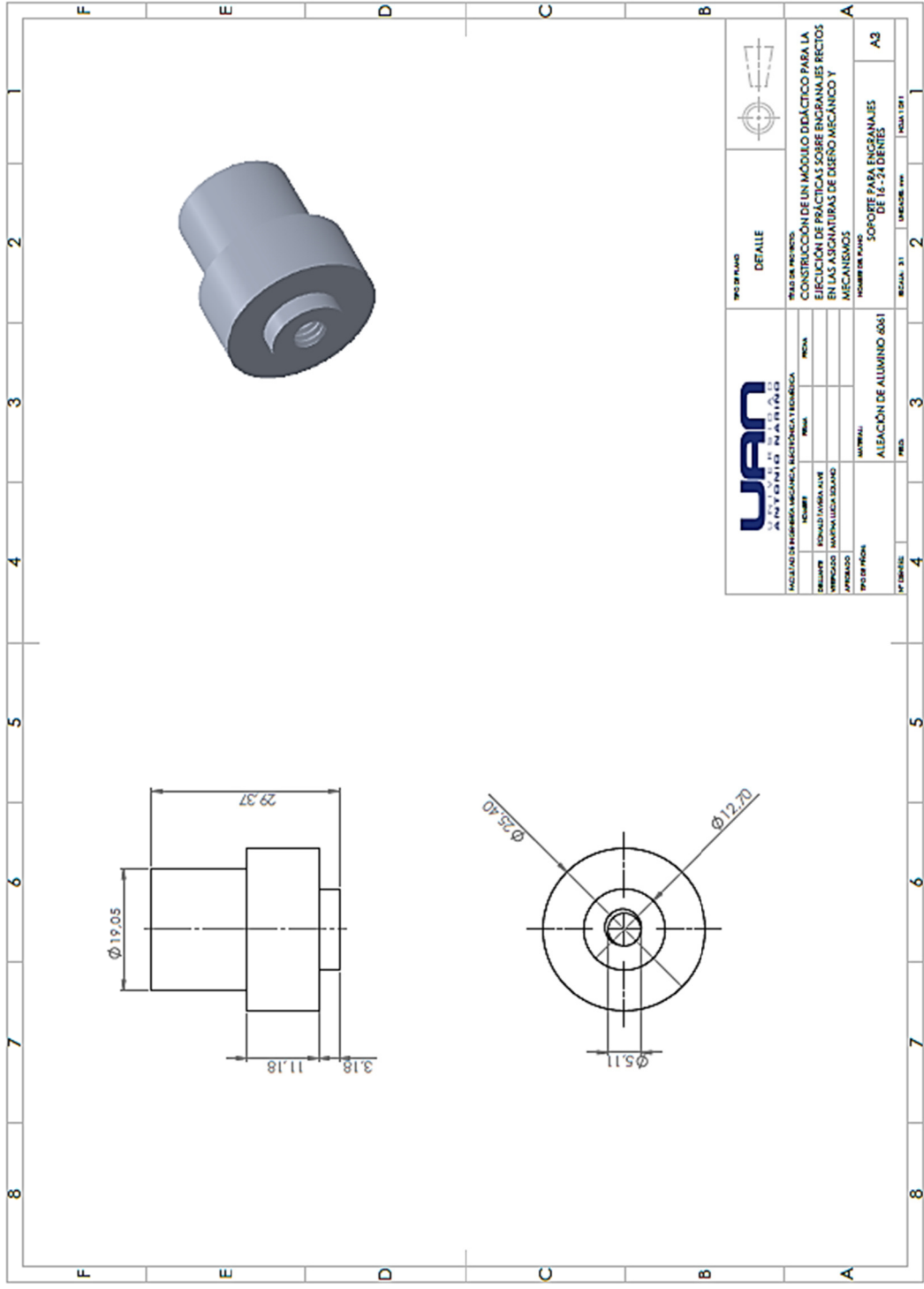
		TIPO DE FOLIO DETALLE	
INSTITUTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTROTECNOLÓGICA Y ENERGÉTICA UAN - FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		ÁREA DE PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS EN LAS ASIGNATURAS DE DISEÑO MECÁNICO Y MECATRONICAS	
DISEÑADOR EDUARDO VARGAS VALE	PROYECTISTA SANTOS LUCAS ESCOBAR	PROFESOR MATERIAL	PROFESOR DE PUESTA ENGRANAJE 22 DENTES
TÍTULO DE LA PRÁCTICA PRON DE DENTE RECTO	MATERIAL ACERO AISI 1045	ESCALA 1:1	FECHA DE ELABORACIÓN 2
NÚMERO DE PRÁCTICA 2	FECHA 3	ESCALA 1:1	FECHA DE ENTREGA 2

D. Anexo: Engranaje 24 dientes

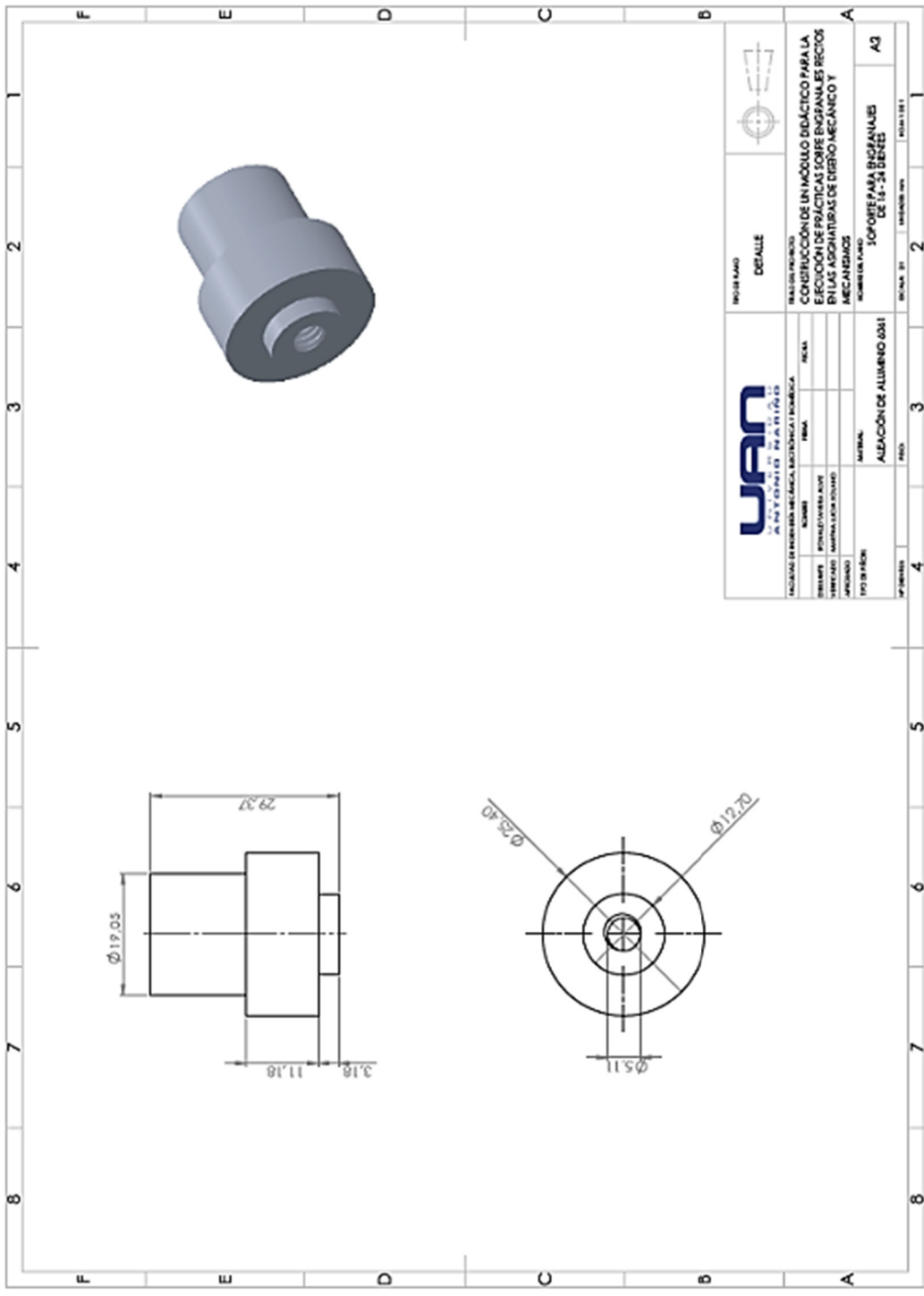


TÍTULO DEL PLANO DETALLE			
FIN DE PROYECTO CONSTRUCCION DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA EJECUCION DE PRÁCTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS EN LAS CATEDRAS DE BUENO MECANICO Y MECANISMOS			
INSTITUTO DE INGENIERIA MECANICA, ELECTRONICA Y ENERGIA A. P. Y. C. S. A. S. P. A. S. S. P. S.		PROFESOR PÉREZ PÉREZ	
DISEÑADOR EDUARDO VARGAS V.		PROFESOR PÉREZ	
DIBUJANTE DANIELA CUELLAR		PROFESOR PÉREZ	
OPERARIO PROYECTO		MATERIAL ACERO AISI 1045	
Nº DE DISEÑO 24		Nº DE DISEÑO 24	
Nº DE DISEÑO 24		Nº DE DISEÑO 24	
ESCALA: 1:1		ESCALA: 1:1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6		6	
7		7	
8		8	

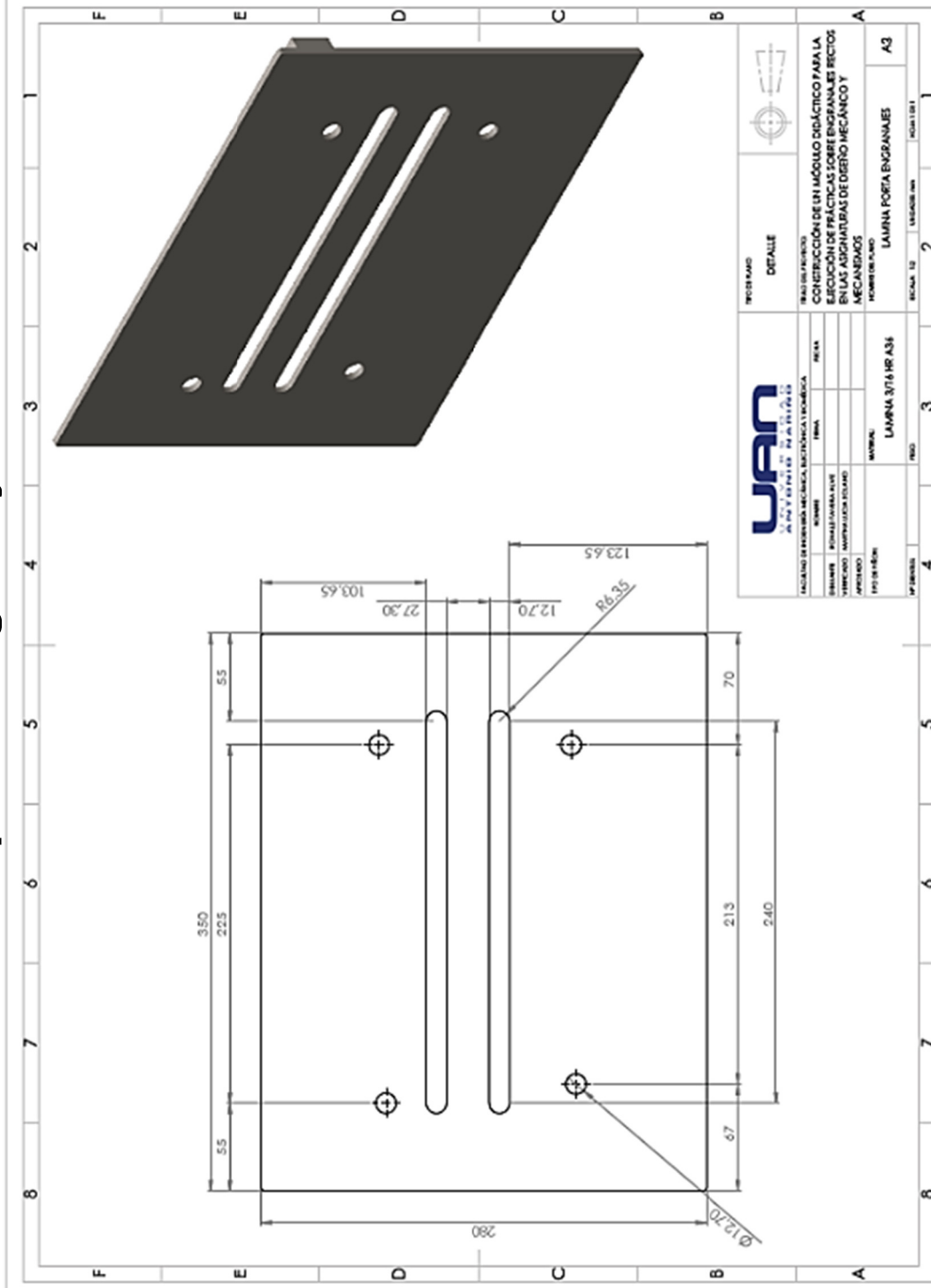
E. Anexo: Soporte para engranaje de 12 dientes



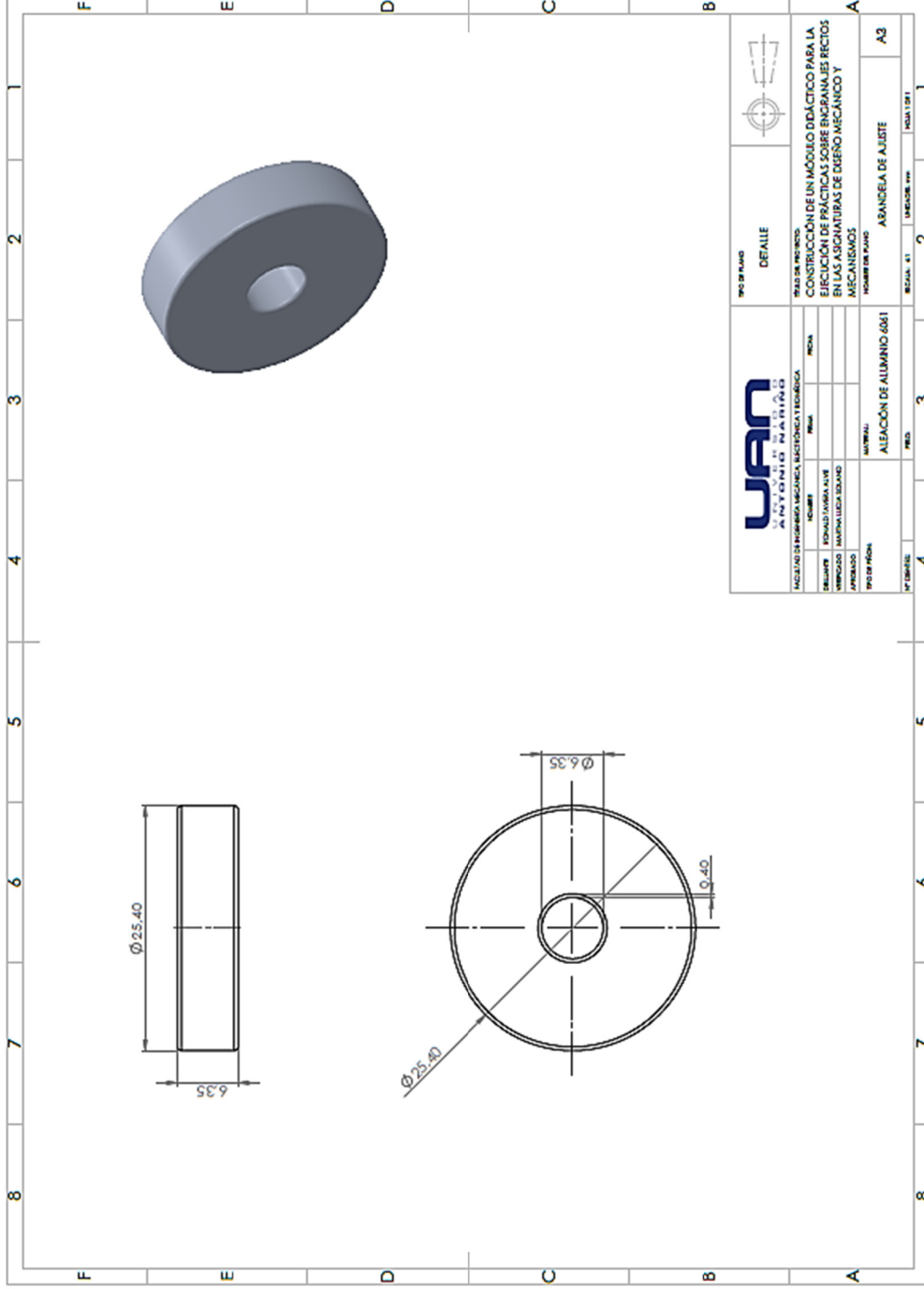
F. Anexo: Soporte para engranajes de 16-24 dientes



G. Anexo: Lámina porta engranajes

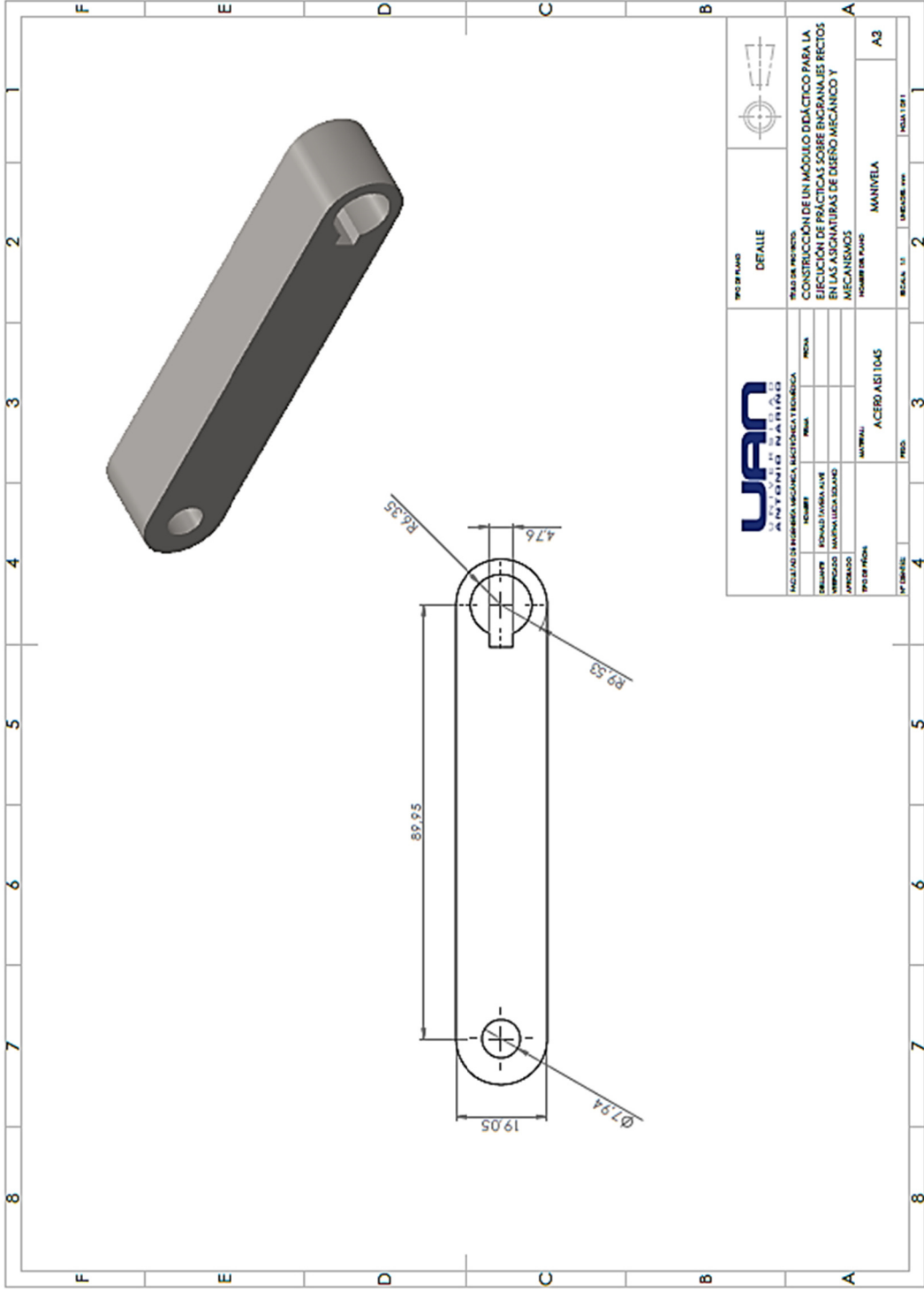


H. Anexo: Arandela de ajuste



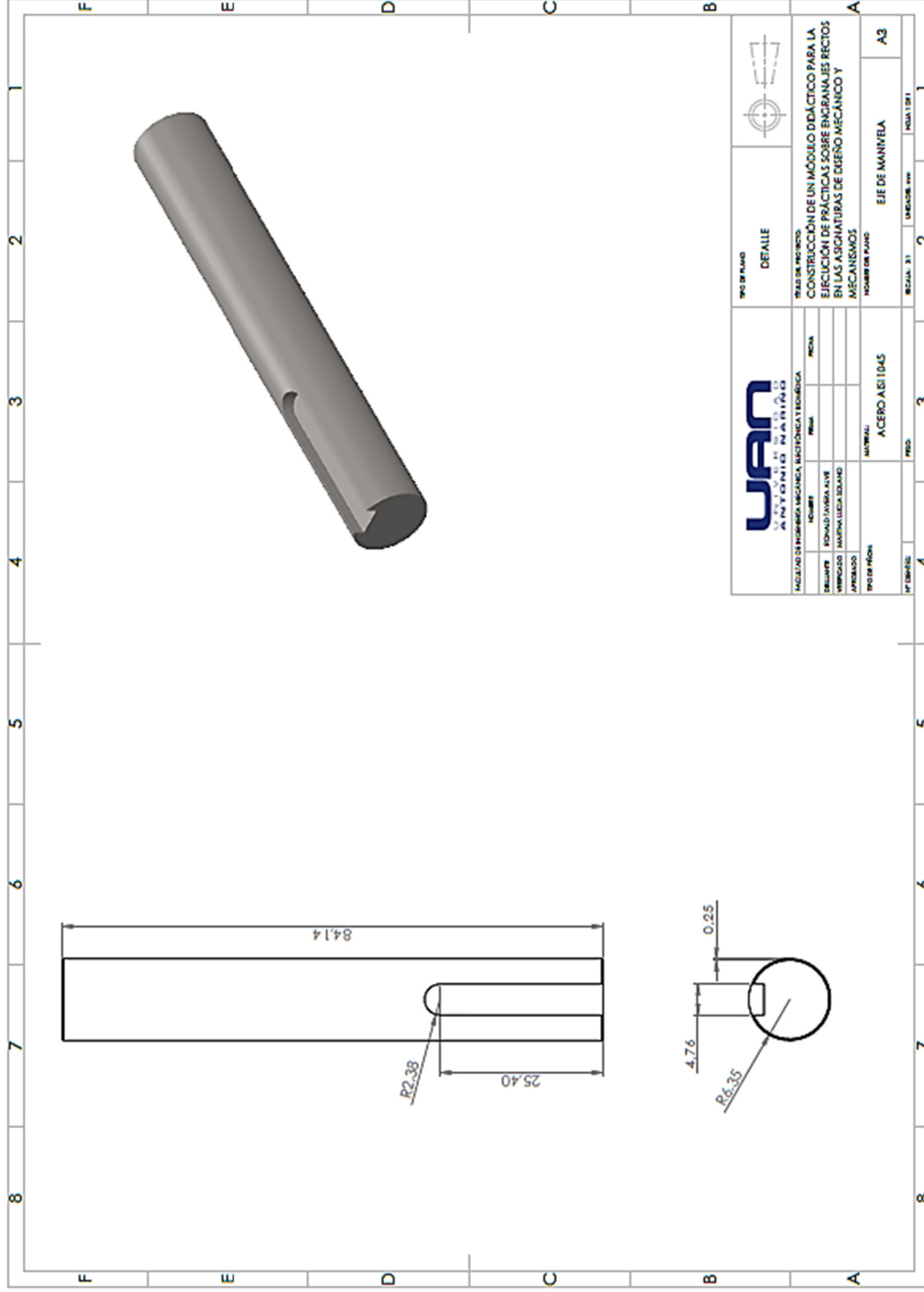
 UAN UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRONICA Y TECNOLOGIA		TPO DE PLANO DETALLE	
TITULO DE PROYECTO CONSTRUCCION DE UN MODELO DIDACTICO PARA LA EJECUCION DE PRACTICAS SOBRE ENCRANAJES RECTOS EN LAS ASIGNATURAS DE DISEÑO MECANICO Y MECANISMOS		ESCALA: 1:1	
DISEÑADO POR EDUARDO VARGAS NAVE		HOJA DE PLANO 2	
VERIFICADO POR MARTHA LUCIA SOLANO		MEDIDA: 40x50	
APROBADO POR TPO DE PLANO		MATERIAL ALEACION DE ALUMINIO 6061	
TPO DE PLANO		NOMBRE DEL PLANO ARANDELA DE AJUSTE	
Nº DE PLANO 4		Nº DE HOJA 2	
5		3	
6		4	
7		5	
8		6	
A		7	
B		8	
C		A3	
D		1	
E		2	
F		3	

I. Anexo: Manivela



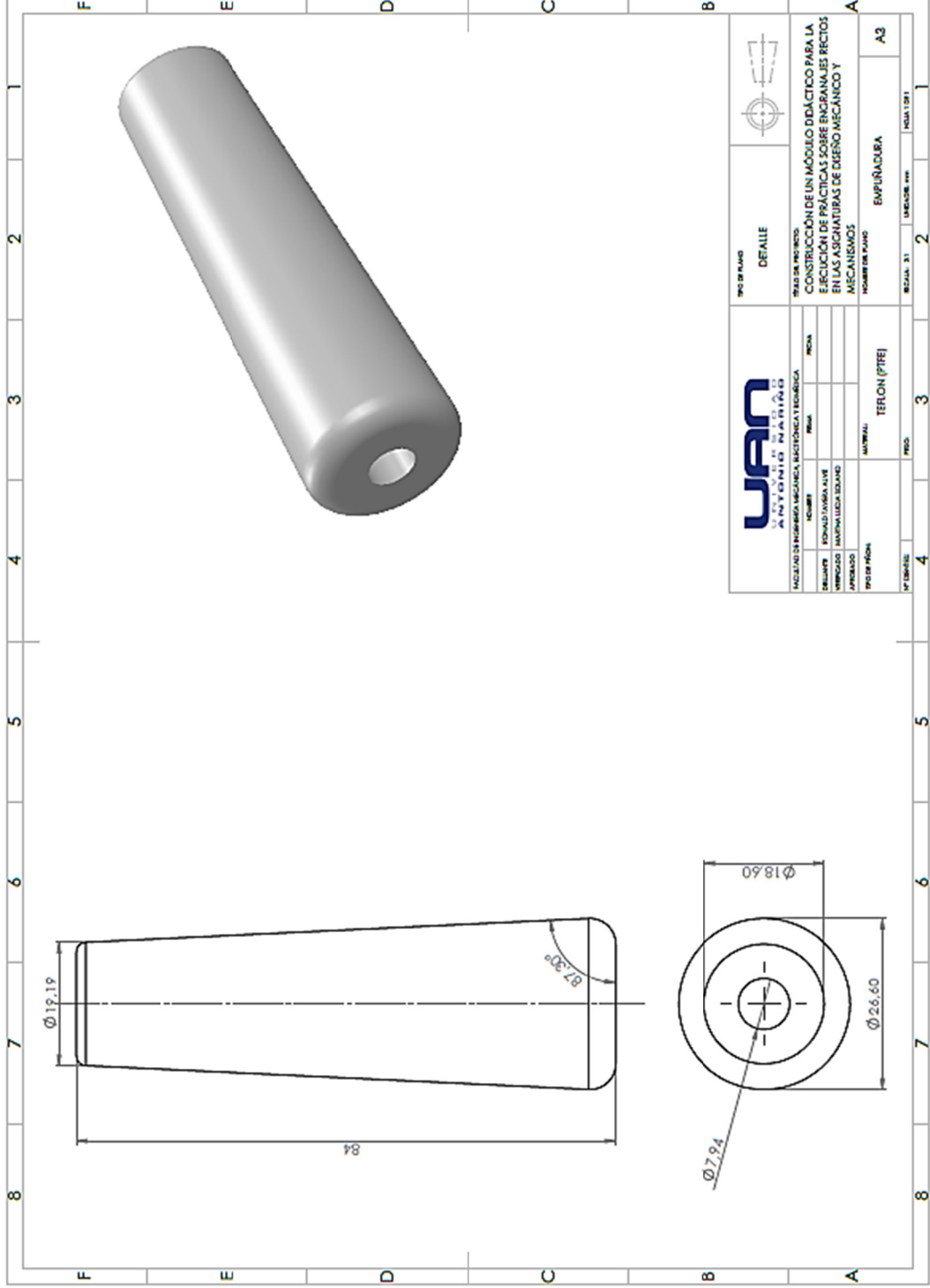
 <small>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</small> <small>UNIVERSITY OF ENGINEERING, ELECTRONICS AND TECHNOLOGY</small>		TPO DE PLANO DETALLE	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, ELECTRONICA Y TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA		TITULO DE PROYECTO CONSTRUCCION DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA EJECUCION DE PRÁCTICAS SOBRE ENCRANES RECTOS EN LAS ASIGNATURAS DE DISEÑO MECANICO Y MECANISMOS	
ALUMNO EDUARDO JAVIER ALVE	PROFESOR NARCISO ESCOBAR	TITULO DE LA ASIGNATURA MANIVELA	ESCALA 1:1
MATERIAL ACERO AISI 1045	TPO DE PRON MANIVELA	HOJA 3	TOTAL DE HOJAS 3
N° DE PRON 4	N° DE HOJAS 4	N° DE PRON 2	N° DE HOJAS 2

J. Anexo: Eje de manivela



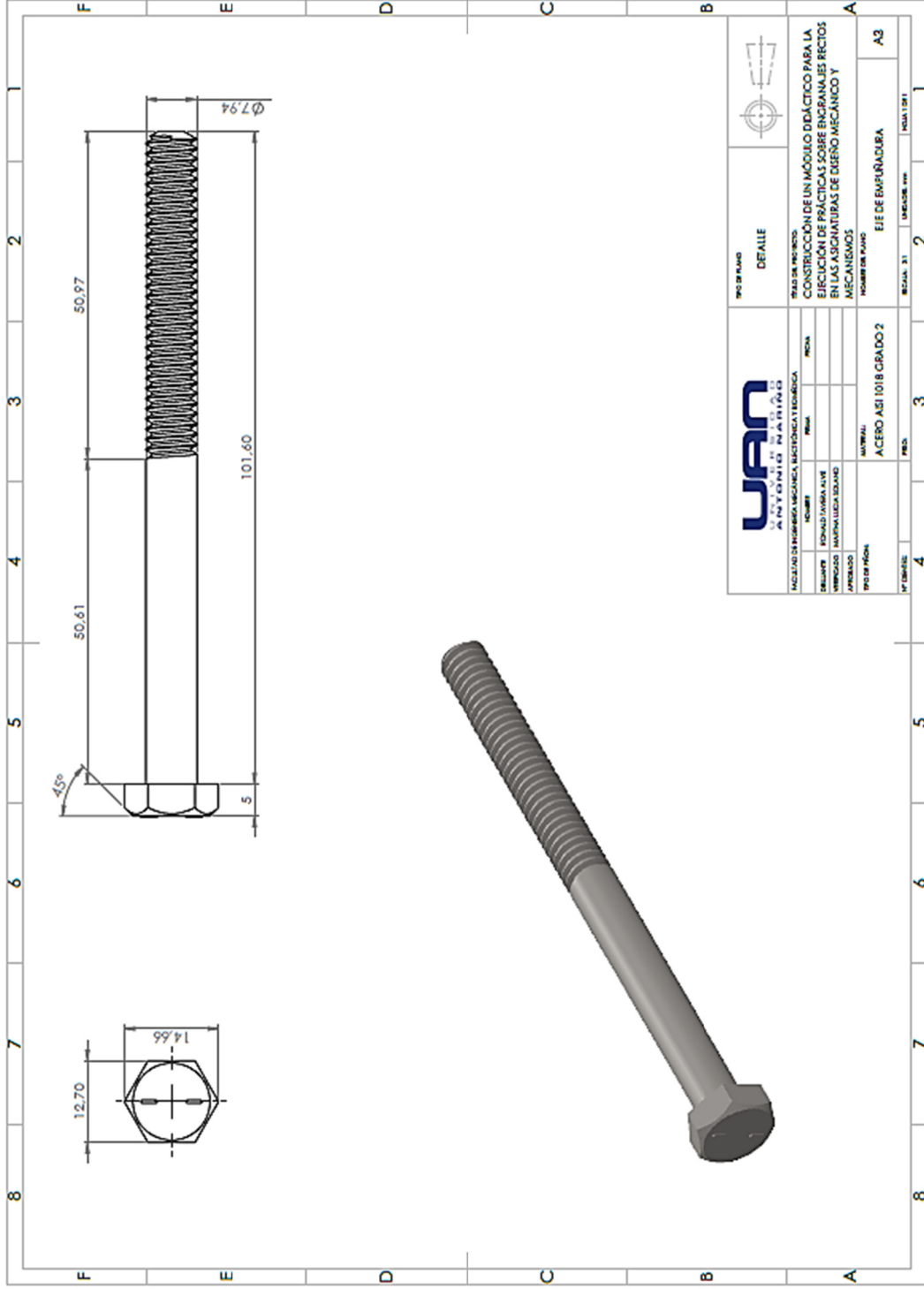
		PROYECTO DETALLE	
TÍTULO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTROTECNIA Y MECÁNICA DE FLUIDOS			
DESEMPEÑO VERIFICADO APROBADO	NOMBRE EDUARDO ANGELO MARCO ANTONIO	MATERIA ACERO AISI 1045	NOMBRE DEL PUESTO EJECUTOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTROTECNIA Y MECÁNICA DE FLUIDOS		NOMBRE DEL PUESTO EJECUTOR	
N° DE DISEÑO 31		ESCALA 1:1	
NOMBRE DEL PUESTO EJECUTOR		NOMBRE DEL PUESTO EJECUTOR	
NOMBRE DEL PUESTO EJECUTOR		NOMBRE DEL PUESTO EJECUTOR	

K. Anexo: Empuñadura



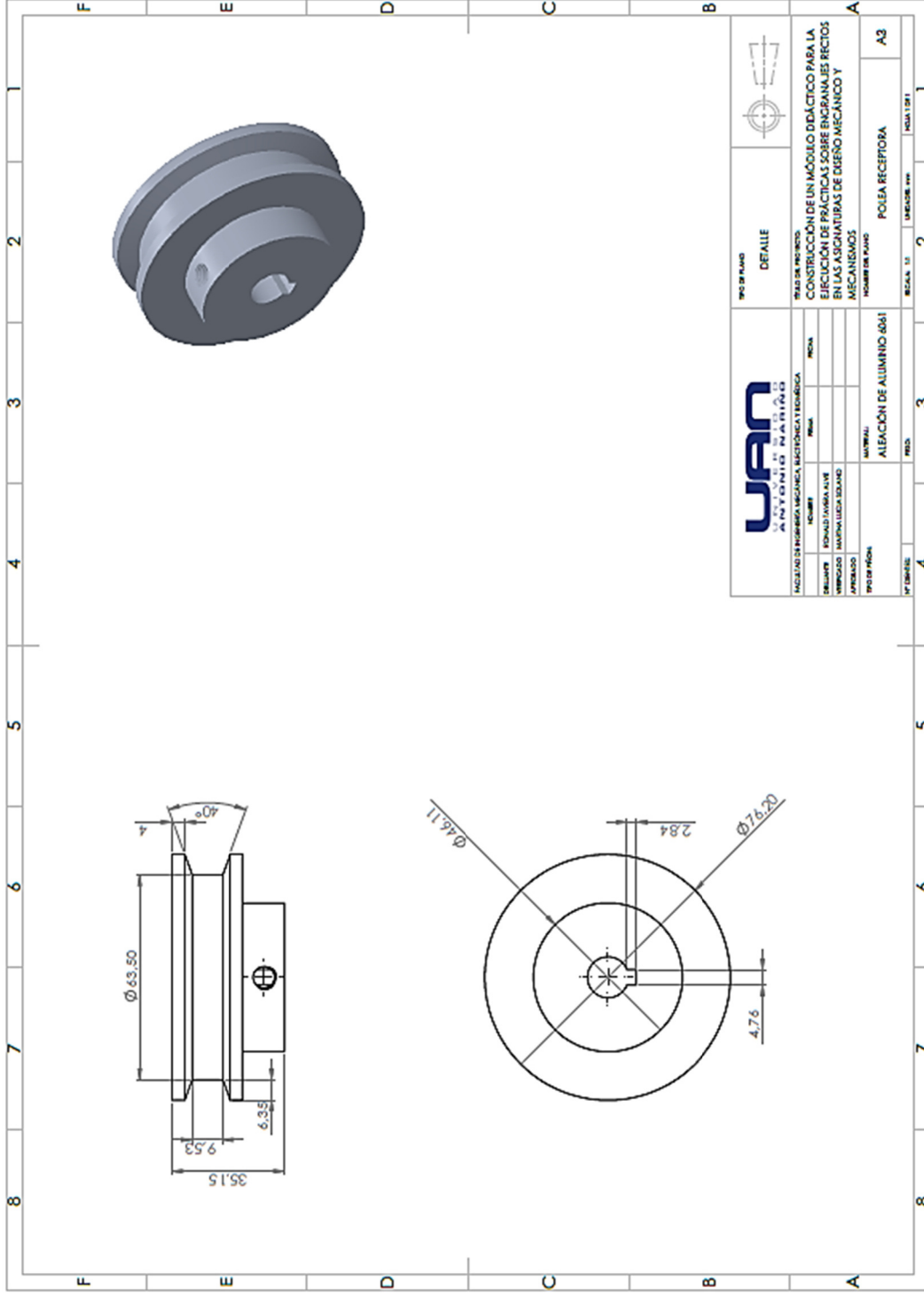
		TÍTULO DETALLE	PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS EN LAS ASIGNATURAS DE DISEÑO MECÁNICO Y MECANISMOS
INSTITUCIÓN IAN - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AVILA		FECHA 2024	PROFESOR EDUARDO JIMENA ALVAREZ
ALUMNO MARCO ANTONIO GONZALEZ		PROFESOR EDUARDO JIMENA ALVAREZ	PROFESOR EDUARDO JIMENA ALVAREZ
MATERIAL FERROUS (FTFE)		PROYECTO EMPUÑADURA	FECHA 2024
FECHA 2024		PROYECTO EMPUÑADURA	FECHA 2024

L. Anexo: Eje de empuñadura

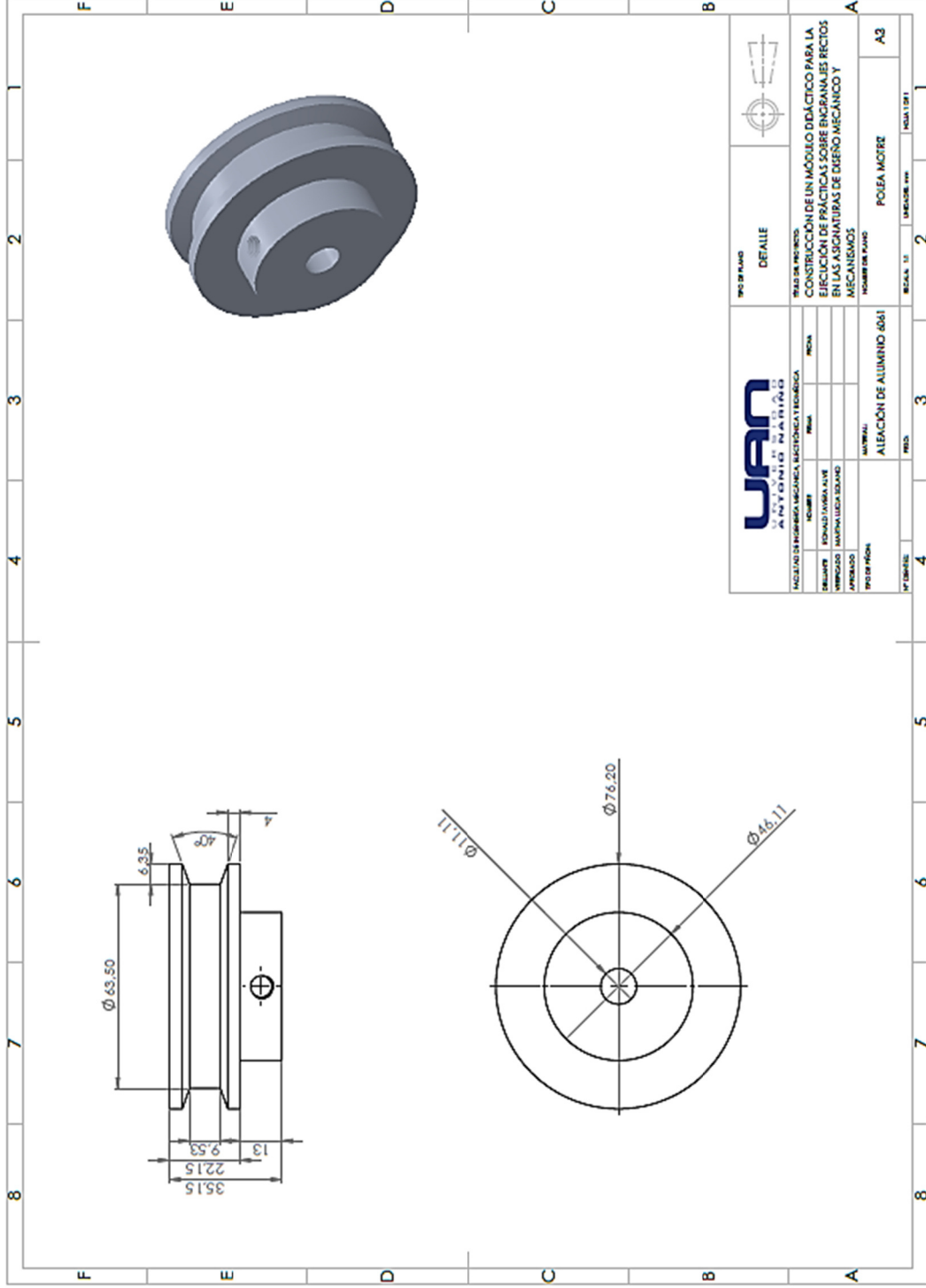


		TPO DE PLANO DETALLE	
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTROTECNIA Y ENERGÍA		TÍTULO DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS EN LAS ASCHANTURAS DE DISEÑO MECÁNICO Y MECANISMOS	
DESEMPEÑO EDUARDO AVILA ALVE	PROFESOR MARINA LUCIA EDUARDO	FECHA 10/04/2023	PROFESOR A3
APROBADO TPO DE PLANO	MATERIAL ACERO AISI 1018 GRADO 2	FECHA 10/04/2023	PROFESOR A3
Nº DE DISEÑO 31	FECHA 10/04/2023	FECHA 10/04/2023	FECHA 10/04/2023

M. Anexo: Polea receptora

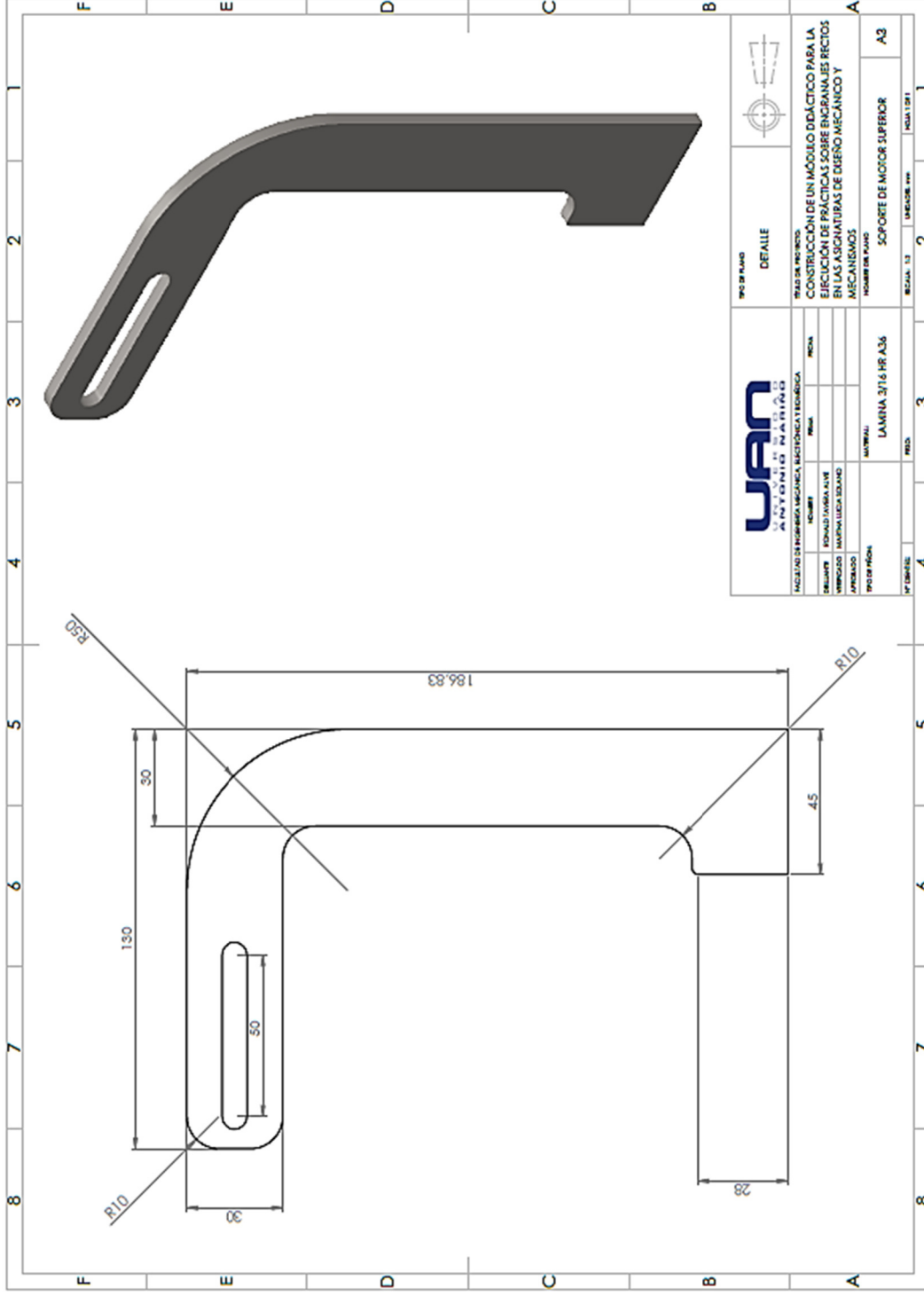


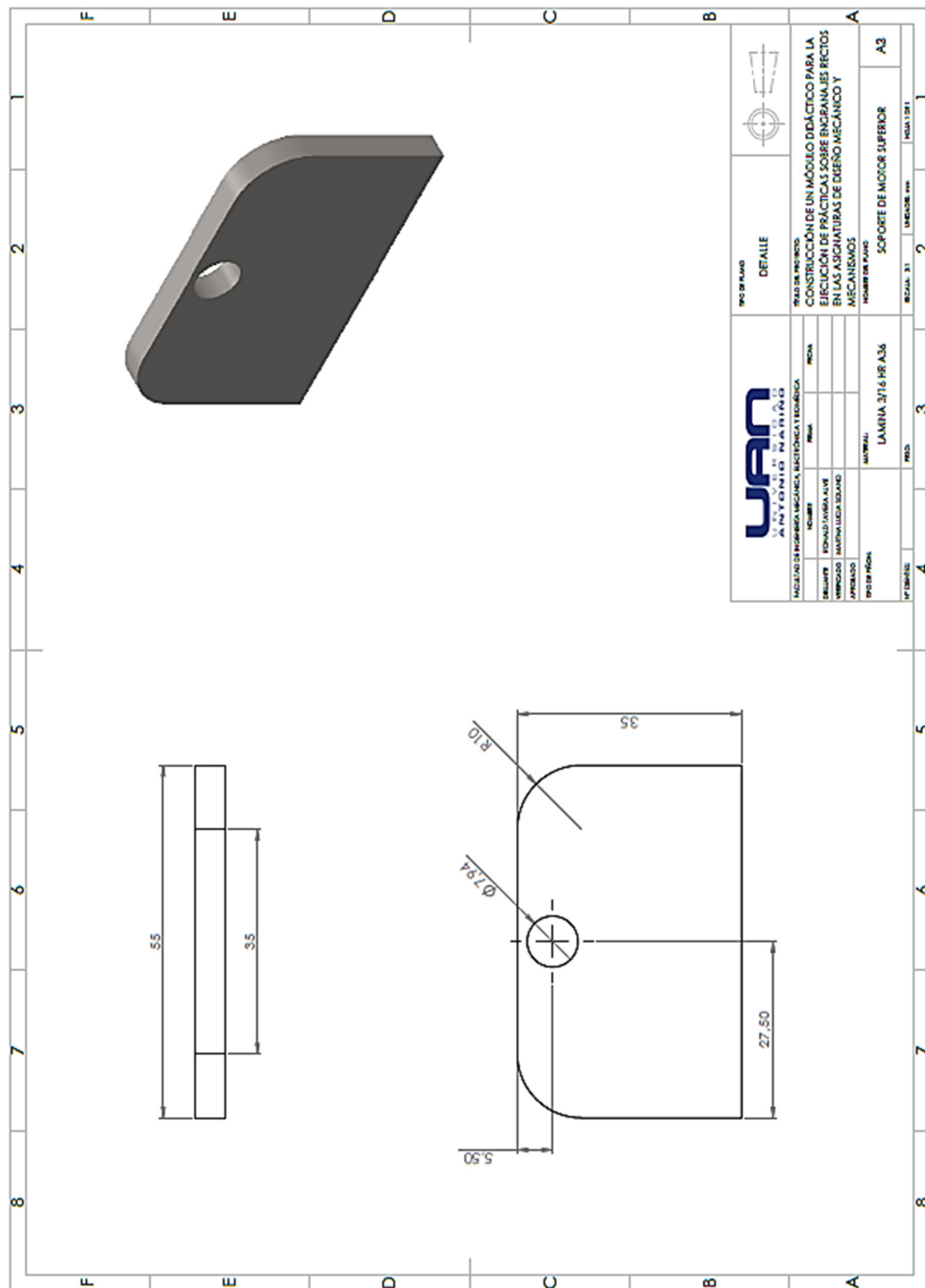
N. Anexo: Polea motriz



TPO DE PLANO		DETALLE			
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</p> <p>UN</p> <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</p> <p>AV. PAZ Y LIBERTAD S/N. PUNTO FINE</p> <p>INGENIERIA</p>					
<p>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, ELECTRONICA Y ELECTROTECNICA</p>					
<p>CONSTRUCCION DE UN MODELO DIDACTICO PARA LA EJECUCION DE PRACTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS EN LAS ASIGNATURAS DE DISEÑO MECANICO Y MECANISMOS</p>					
<p>HOBBY</p> <p>EDUARDO TORRES ALVAREZ</p> <p>IMPRESORA LUCAS SOLANO</p> <p>PROFESOR</p>					
<p>MATERIAL</p> <p>ALEACION DE ALUMINIO 6061</p>					
<p>TPO DE PLANO</p> <p>POLEA MOTRIZ</p> <p>A3</p>					
Escala: 1:1		Hoja: 2		Fecha: 19/11	

O. Anexo: Soporte de motor superior





 UAN UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		TÍTULO DE LA PRÁCTICA DEFALLE	ESCALA 3:1
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, ELECTRONICA Y TECNICA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA		MATERIA SOPORTE DE MOTORES SUPERIOR	NÚMERO DE PRÁCTICA A3
ALUMNO NOMBRE: _____ NÚMERO DE IDENTIFICACION: _____ FECHA: _____	PROFESOR NOMBRE: _____ FECHA: _____	INSTITUCION LAMINA 3716 HR A36	
Nº DE DISEÑO 4	Nº DE HOJA 3	DE DISEÑO 2	HOJA TOTAL 10411581

TÍTULO DE LA PRÁCTICA
DEFALLE

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, ELECTRONICA Y TECNICA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

ALUMNO
 NOMBRE: _____
 NÚMERO DE IDENTIFICACION: _____
 FECHA: _____

PROFESOR
 NOMBRE: _____
 FECHA: _____

INSTITUCION
LAMINA 3716 HR A36

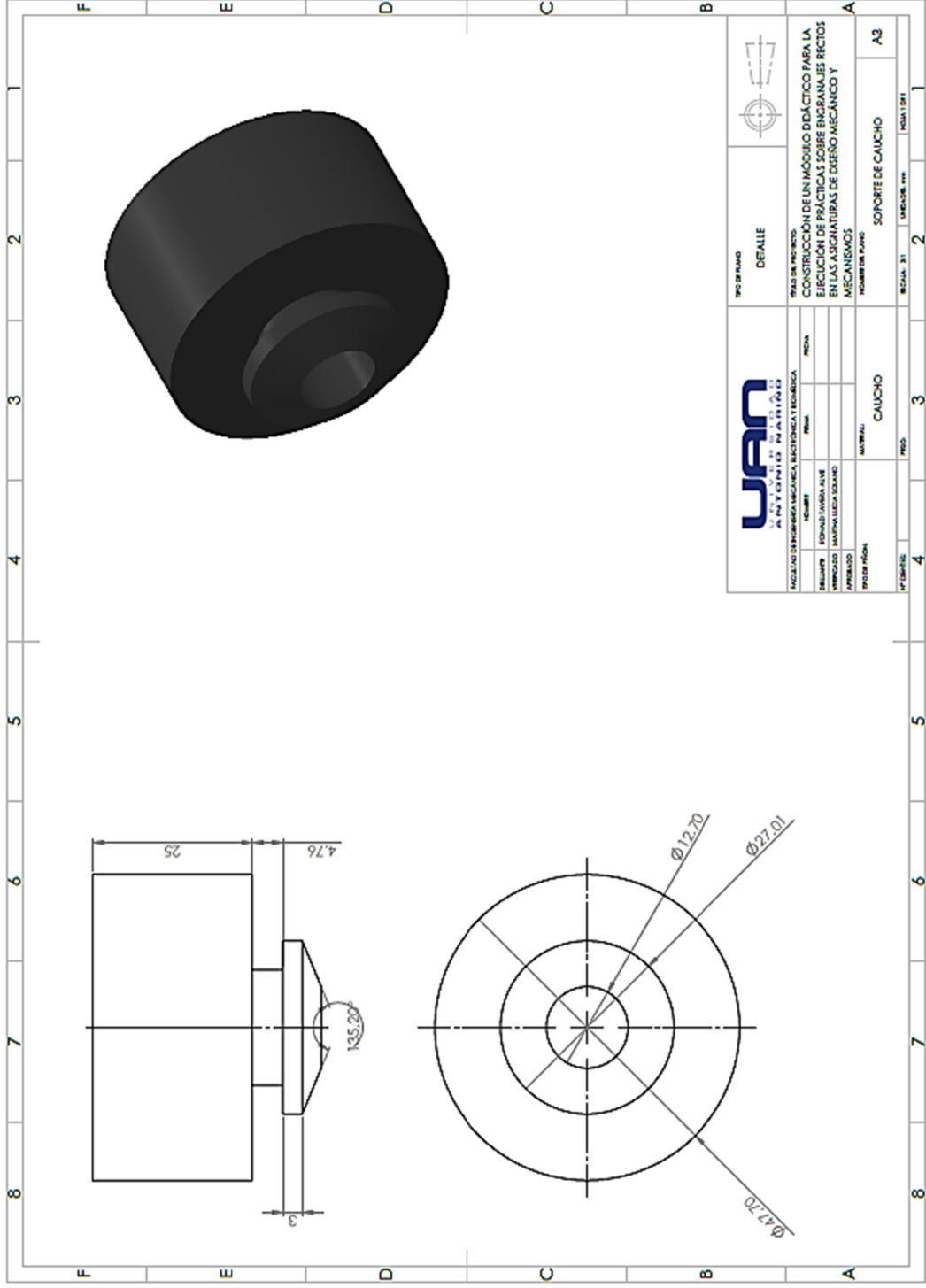
Nº DE DISEÑO
4

Nº DE HOJA
3

DE DISEÑO
2

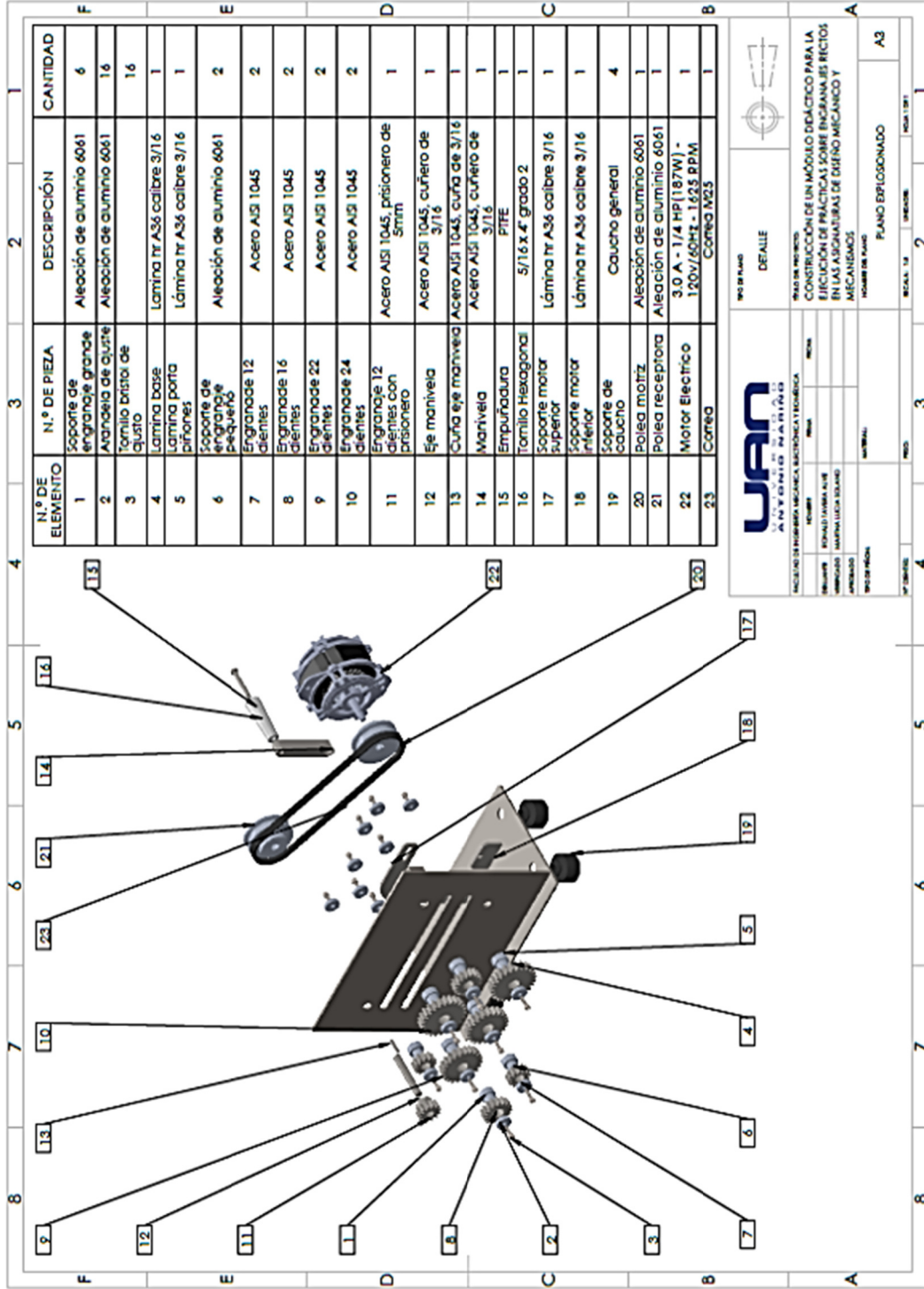
HOJA TOTAL
10411581

P. Anexo: Soporte de caucho



PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS EN LAS ASIGNATURAS DE DISEÑO MECÁNICO Y MECANISMOS	DETALLE	TÍTULO: SOPORTE DE CAUCHO ESCALA: A3
INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	FECHA	FECHA: 21/05/2011
PROFESOR EDUARDO JAVIER ALVE	PROFESOR	FECHA: 21/05/2011
ASIGNATURA MECÁNICA DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS	PROFESOR	FECHA: 21/05/2011
TÍTULO SOPORTE DE CAUCHO	PROFESOR	FECHA: 21/05/2011
PROYECTO	PROFESOR	FECHA: 21/05/2011
PROYECTO	PROFESOR	FECHA: 21/05/2011

Q. Anexo: Plano explosionado



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Soporte de engranaje grande	Aleación de aluminio 6061	6
2	Manivela de ajuste	Aleación de aluminio 6061	16
3	Tornillo bristol de ajuste		16
4	Lamina base	Lamina tr A36 calibre 3/16	1
5	Lamina porta piñones	Lamina tr A36 calibre 3/16	1
6	Soporte de engranaje pequeño	Aleación de aluminio 6061	2
7	Engranaje 12 dientes	Aceros AISI 1045	2
8	Engranaje 16 dientes	Aceros AISI 1045	2
9	Engranaje 22 dientes	Aceros AISI 1045	2
10	Engranaje 24 dientes	Aceros AISI 1045	2
11	Engranaje 12 dientes con prisionero	Aceros AISI 1045, prisionero de Srtm	1
12	Eje manivela	Aceros AISI 1045, cuñero de 3/16	1
13	Cuna eje manivela	Aceros AISI 1045, cuñero de 3/16	1
14	Manivela	Aceros AISI 1045, cuñero de 3/16	1
15	Empuñadura	PITE	1
16	Tornillo Hexagonal	5/16 x 4" grado 2	1
17	Soporte motor superior	Lamina tr A36 calibre 3/16	1
18	Soporte motor inferior	Lamina tr A36 calibre 3/16	1
19	Soporte de caucho	Caucho general	4
20	Polea motriz	Aleación de aluminio 6061	1
21	Polea receptora	Aleación de aluminio 6061	1
22	Motor Electrico	3.0 A - 1/4 HP(187W) - 120V/60HZ - 1625 RPM	1
23	Correa	Correa M25	1

UNAN
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 INSTITUTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRICIDAD Y TÉCNICA

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA EFECTUACIÓN DE PRÁCTICAS SOBRE ENGRANAJES RECTOS EN LAS ASIGNATURAS DE DISEÑO MECÁNICO Y MECANISMOS
PROFESOR: EDUARDO JAVIERA ALVAREZ
ALUMNO: MARTÍN LUCAS SOLANO
FECHA:

TÍTULO DEL PLANO: PLANO EXPLOSIONADO
ESCALA: 1:1
HOJA: 1 DE 1

R. Anexo: Verificación de engranajes

PRÁCTICA N° 1: VERIFICACIÓN DE ENGRANAJES

GUIA PRÁCTICA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO ENGRANAJES RECTOS	
PRACTICA N° 1	VERIFICACIÓN DE ENGRANAJES

OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">Realizar la verificación de engranajes rectos utilizando como instrumentos de medida tanto el calibre normal, como el calibre especial para la medición de parámetros de engranajes.

MATERIALES Y EQUIPOS
EQUIPOS <ul style="list-style-type: none">Módulo didáctico de engranajes rectosCalibrador vernier
MATERIALES <ul style="list-style-type: none">Copia de la prácticaLápiz y/o Lapicero

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE
DESARROLLO: <i>Método 1: Verificación con calibre normal.</i> a) Se procederá al cálculo del módulo del engranaje mediante la aplicación de la siguiente fórmula: $m = \frac{D_e}{z + 2}$ <p style="text-align: right;">D_e = diámetro exterior z = número de dientes</p> <p>El valor del diámetro exterior se obtiene directamente utilizando un calibre normal.</p> b) Se comprobará que se trata de un módulo normalizado (Anexo I).

c) A continuación y teniendo en cuenta el ángulo de presión se contrastará el valor del módulo obtenido anteriormente con el de la siguiente fórmula:

Para $\alpha = 14^\circ 30'$ simplificada:

$$K = M[(3,04280 \times Y) + 1,5218 + (0,00514 \times N)]$$

Para $\alpha = 15^\circ$ simplificada:

$$K = M[(3,03455 \times Y) + 1,5177 + (0,00594 \times N)]$$

Para $\alpha = 20^\circ$ simplificada:

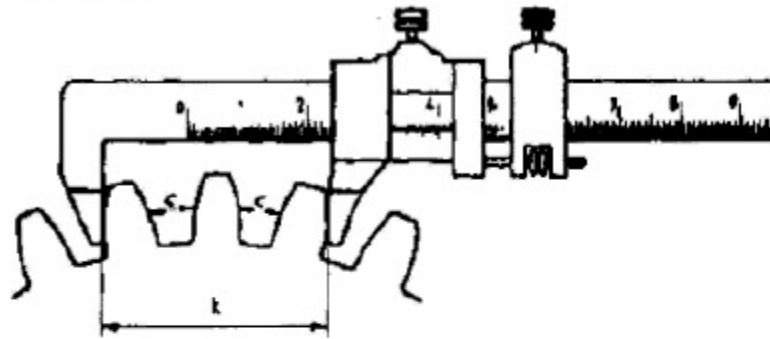
$$K = M[(2,952 \times Y) + 1,476 + (0,014 \times N)]$$

Para cualquier ángulo de presión:

$$K = M \left[\pi \left(Y + \frac{1}{Z} \right) \cos \alpha + N \cos \alpha (\operatorname{tg} \alpha - \alpha) \right]$$

siendo: M = módulo Y = número de espacios N = número de dientes
 α = ángulo de presión α_1 = ángulo de presión en radianes.

c1) *Dientes rectos*



El valor del número de espacios C utilizado para la medición de K se obtiene de la siguiente tabla:

NÚMERO DE ESPACIOS C	ÁNGULO DE PRESIÓN				
	14° 30'	17°	20°	22° 30'	25°
	NUMERO DE DIENTES DE ENGRANAJE				
1	12 = 25	12 = 21	12 = 18	12 = 16	12 = 14
2	26 = 37	22 = 32	19 = 27	17 = 24	15 = 21
3	38 = 50	33 = 42	28 = 36	25 = 32	22 = 29
4	51 = 62	43 = 53	37 = 45	33 = 40	30 = 35
5	63 = 75	54 = 64	46 = 54	41 = 48	37 = 43
6	76 = 87	65 = 74	55 = 63	49 = 56	44 = 51
7	88 = 100	75 = 85	64 = 72	57 = 64	52 = 58
8		86 = 96	73 = 81	65 = 72	59 = 65

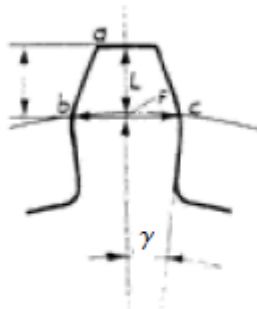
Método 2: Verificación con calibre especial.

Para determinar los valores de fijación en el calibre especial (altura de cabeza = ab ; espesor = bc), éstos se han de multiplicar por el módulo utilizando la siguiente tabla:

TABLA PARA EL CALCULO DE VALORES PARA FIJAR LAS DIMENSIONES EN EL CALIBRE

Número de dientes	Para engranajes rectos según el sistema de Módulo		Número de dientes	Para engranajes rectos según el sistema de Módulo		Número de dientes	Para engranajes rectos según el sistema de Módulo	
	ab	bc		ab	bc		ab	bc
10	1.062	1.564	19	1.032	1.569	28-29	1.022	1.570
11	1.056	1.565	20	1.031	1.569	30-31	1.021	1.570
12	1.051	1.566	21	1.029	1.569	32-33	1.020	1.570
13	1.047	1.567	22	1.028	1.569	34-35	1.019	1.570
14	1.044	1.567	23	1.027	1.570	36-37	1.018	1.570
15	1.041	1.568	24	1.026	1.570	38-39	1.017	1.570
16	1.038	1.568	25	1.025	1.570	40-42	1.016	1.570
17	1.036	1.568	26	1.024	1.570	43-44	1.015	1.570
18	1.034	1.569	27	1.023	1.570	45-00	1.014	1.571

Los valores de esta tabla son para hacer la corrección por el número de dientes, hasta 45, siguiendo la diferencia entre la cuerda y el arco; a partir de 45 dientes, esta diferencia es insignificante, y, por tanto, dentro de la más exigente tolerancia.



- z = número de dientes
- p = paso
- m = módulo
- D_p = diámetro primitivo
- S = cuerda
- F = flecha del arco
- L = altura del diente a partir del diámetro primitivo

FÓRMULAS

$$\gamma = 90 / z$$

$$S = D_p \cdot \text{sen } \gamma$$

$$F = [D_p (1 - \cos \gamma)]/2$$

$$ab = L + F$$

$$bc = S$$

Para dentaduras interiores, $ab = L - F$

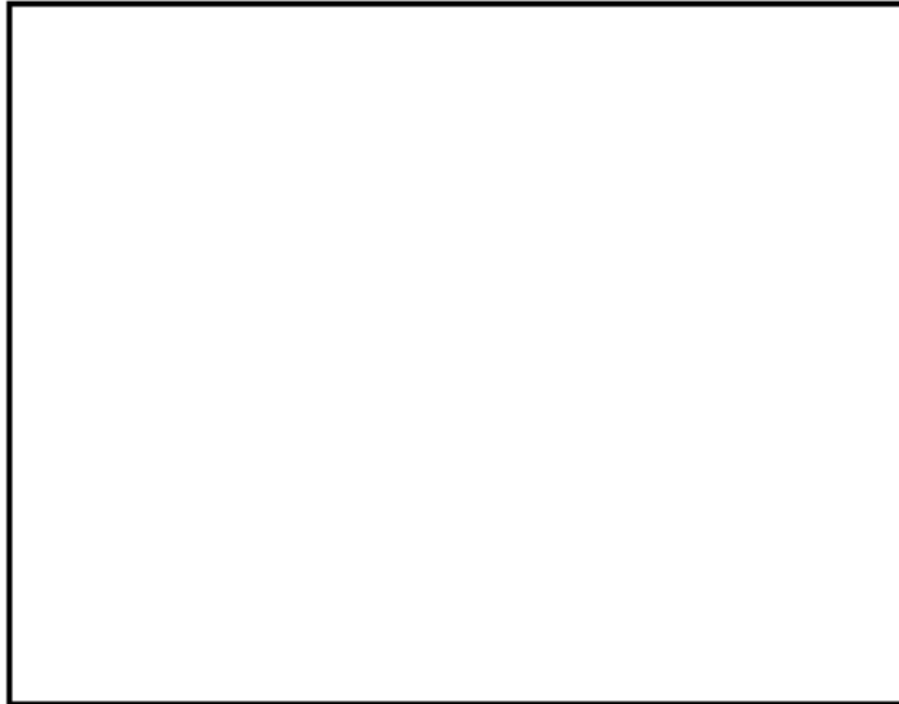
ENGRANAJE CILÍNDRICO RECTO TIPO 1

Croquis:

**Medidas:**Módulo, (m) =Paso, (p) =Espesor de diente, (e) =Espacio entre dientes, (c) =Profundidad del diente, (h) =Altura de cabeza, (h_c) =Altura de pie, (h_p) =Diámetro primitivo, (D_p) =Diámetro de cabeza, (D_c) =Diámetro de base, (D_b) =Número de dientes, (z) =Ángulo de presión, (α) =**Comentarios:**

ENGRANAJE CILÍNDRICO RECTO TIPO 2

Croquis:

**Medidas:**Módulo, (m) =Paso, (p) =Espesor de diente, (e) =Espacio entre dientes, (c) =Profundidad del diente, (h) =Altura de cabeza, (h_a) =Altura de pie, (h_p) =Diámetro primitivo, (D_p) =Diámetro de cabeza, (D_a) =Diámetro de base, (D_b) =Número de dientes, (z) =Ángulo de presión, (α) =**Comentarios:**

ENGRANAJE CILÍNDRICO RECTO TIPO 3

Croquis:



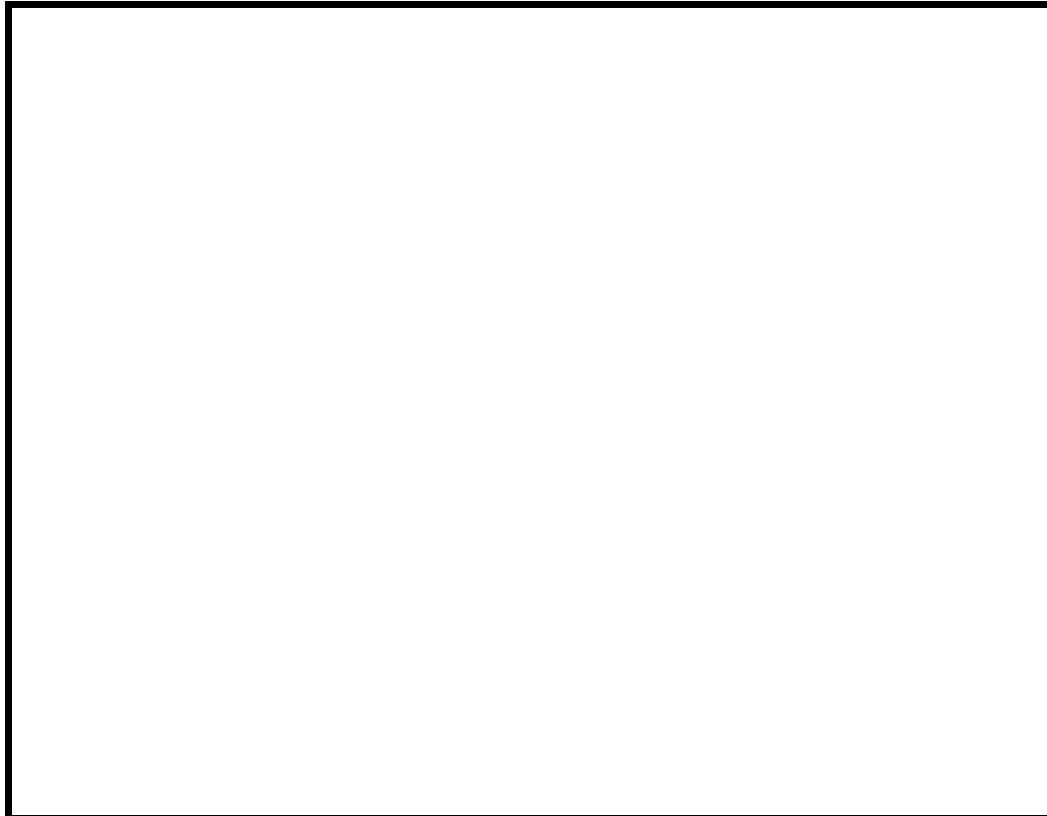
Medidas:

Módulo, (m) =Paso, (p) =Espesor de diente, (e) =Espacio entre dientes, (c) =Profundidad del diente, (h) =Altura de cabeza, (h_a) =Altura de pie, (h_p) =Diámetro primitivo, (D_p) =Diámetro de cabeza, (D_a) =Diámetro de base, (D_b) =Número de dientes, (z) =Ángulo de presión, (α) =

Comentarios:

ENGRANAJE CILÍNDRICO RECTO TIPO 4

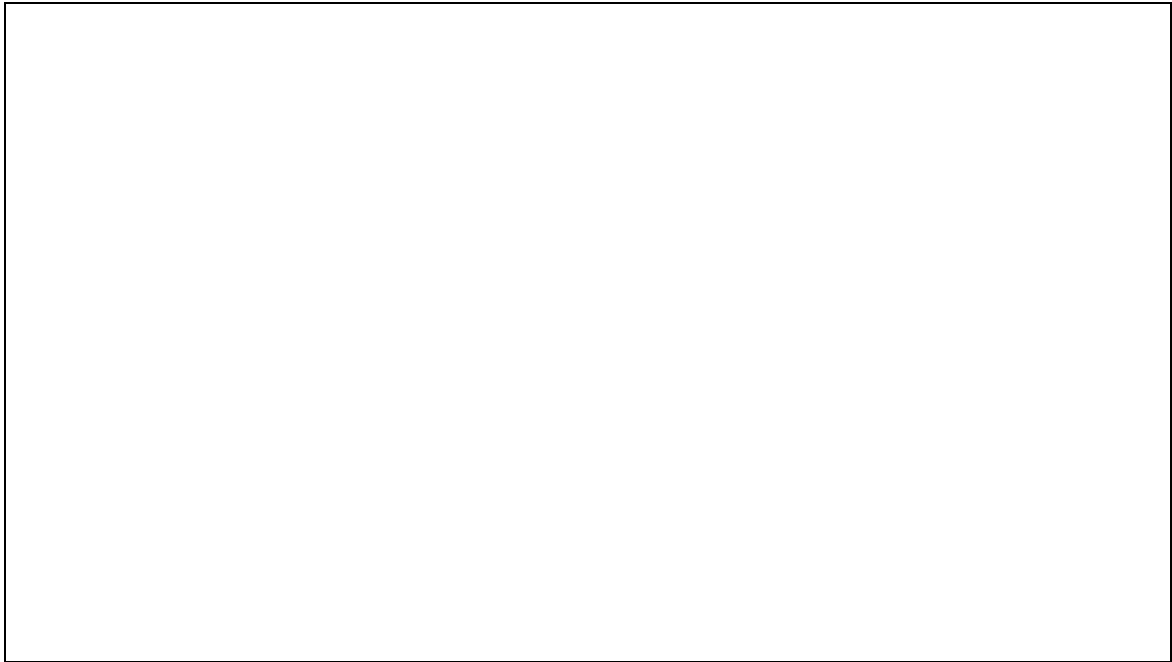
Croquis:



Medidas:

Módulo, (m) =Paso, (p) =Espesor de diente, (e) =Espacio entre dientes, (c) =Profundidad del diente, (h) =Altura de cabeza, (h_a) =Altura de pie, (h_p) =Diámetro primitivo, (D_p) =Diámetro de cabeza, (D_o) =Diámetro de base, (D_b) =Número de dientes, (z) =Angulo de presión, (α) =

Comentarios:



Fuente: SLIDESHARE. Procedimiento de verificación de engranajes. Práctica de laboratorio. Teoría de máquinas:
<https://es.slideshare.net/alanbarboza10/procedimiento-de-verificacion-de-engranajes>

S. Anexo: Relación de velocidades-manual

PRÁCTICA N° 2: RELACIÓN DE VELOCIDADES - MANUAL

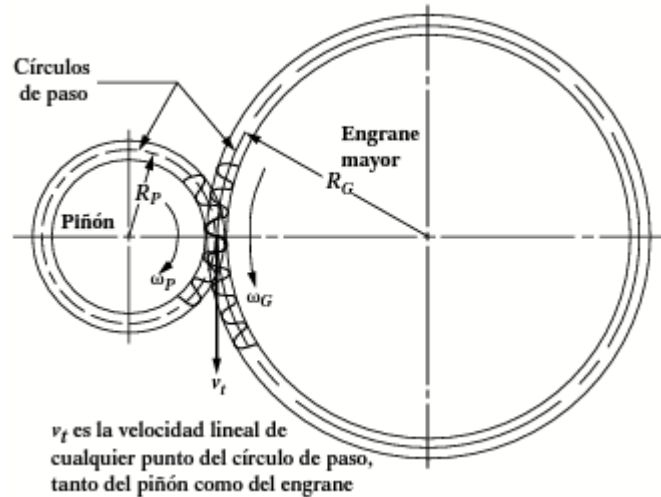
GUIA PRÁCTICA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO ENGRANAJES RECTOS	
PRÁCTICA N° 2	RELACIÓN DE VELOCIDADES MÓDULO - MANUAL

OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">Realizar un montaje de tren de engranajes rectos teniendo en cuenta los parámetros de estos y comparar los resultados analíticos con los experimentales en relación con las velocidades angulares de entrada vs las de salida.

MATERIALES Y EQUIPOS
EQUIPOS <ul style="list-style-type: none">Módulo didáctico de engranajes rectosManivelaReloj MATERIALES <ul style="list-style-type: none">Copia de la prácticaLápiz y/o LapiceroEtiqueta de papel

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE
<p><u>Fundamento teórico</u></p> <p>Según (Mott, 2006), un tren de engranajes es uno o más pares de engranajes que trabajan en conjunto para transmitir potencia. Una relación de velocidades (VR) es una relación entre la velocidad angular o rpm del piñón de entrada con respecto al engrane de salida, para UN SOLO PAR DE ENGRANES.</p> <p>Velocidad en la línea de paso de un engrane</p> $v_t = R\omega$ <p>Según la cinemática, la velocidad lineal de un punto (Vt) se calcula teniendo en cuenta la distancia R que hay desde ese punto al centro de rotación, multiplicada con la velocidad angular (rpm) con las que se mueve.</p>

La siguiente ecuación relaciona el piñón (conductor) y el engrane (conducido) del tren de engranajes. El subíndice P se refiere a piñón y G para el engrane.



Se puede apreciar que en cualquier punto del círculo de paso, la velocidad lineal tanto del piñón como del engrane son iguales. Esto conlleva a llevar a la definición de relación de velocidades:

$$VR = \omega_P / \omega_G = R_G / R_P$$

Es conveniente en múltiples ocasiones, expresar la relación de velocidades en función de los diámetros de paso, velocidades angulares o números de dientes del tren. A tener en cuenta:

$$\begin{aligned} R_G &= D_G / 2 \\ R_P &= D_P / 2 \\ D_G &= N_G / P_d \\ D_P &= N_P / P_d \\ n_P &= \text{velocidad angular del piñón (en rpm)} \\ n_G &= \text{velocidad angular del engrane (en rpm)} \end{aligned}$$

Con base en esta información, la relación de velocidades se podrá definir en cualquiera de estas maneras:

$$VR = \frac{\omega_P}{\omega_G} = \frac{n_P}{n_G} = \frac{R_G}{R_P} = \frac{D_G}{D_P} = \frac{N_G}{N_P} = \frac{\text{velocidad}_P}{\text{velocidad}_G} = \frac{\text{tamaño}_G}{\text{tamaño}_P}$$

Cuando hay más de dos engranajes dentro de un sistema motriz, dicho conjunto es denominado *tren de engranajes (TV)* y no es más que la relación entre la velocidad de entrada del primer engranaje (piñón) y la velocidad de salida (último engrane del tren). El resultado será el producto de los valores de VR para cada par de engranes del tren. Entiéndase que un par de engranajes es cualquier conjunto que tenga uno motriz y uno conducido. Cuando el TV sea mayor de 1, este es conocido como un tren reductor mientras que si TV es menor a 1, se le conocerá como incrementador.

A continuación, la ecuación que establece el valor del TV :

$$TV = \frac{N_B N_D}{N_A N_C} = \frac{\text{producto del número de dientes en los engranes conducidos}}{\text{producto del número de dientes en los engranes conductores}}$$

La dirección de rotación es posible determinarla con simple observación. Por cada par de engranajes externos existe una inversión de direcciones.

En caso de que en un TV , los engranes de entrada y salida giren en la misma dirección estos se denominarán como valor positivo del tren. En caso contrario, el valor del tren será negativo.

Actividad a desarrollar

- a. Ensamble en el módulo didáctico, un tren de engranajes (TV) con tres (3) engranes.
(Dibuje un croquis del ensamble realizado)

- b. Etiquete y pegue una etiqueta de papel en el engrane de salida. Marque por ejemplo, uno de los dientes. Esto le permitirá verificar de manera visual (observación), la cantidad de vueltas que puede dar por cada vuelta que gire la manivela del engrane de entrada.
- c. Escriba los parámetros de los engranes seleccionados.

(Apunte los valores como el número de dientes y demás parámetros que requiere para realizar posteriormente los cálculos)

- d. Realice los cálculos analíticos de la relación de velocidad y el TV (ecuaciones).

- e. Realice el experimento de manera manual mediante el giro de la manivela varias veces durante un tiempo determinado (sugerencia: un (1) minuto). La velocidad la puede definir usted. Tenga en cuenta la cantidad de revoluciones que puede llevar en el engrane de salida por cada vuelta del piñon de entrada.

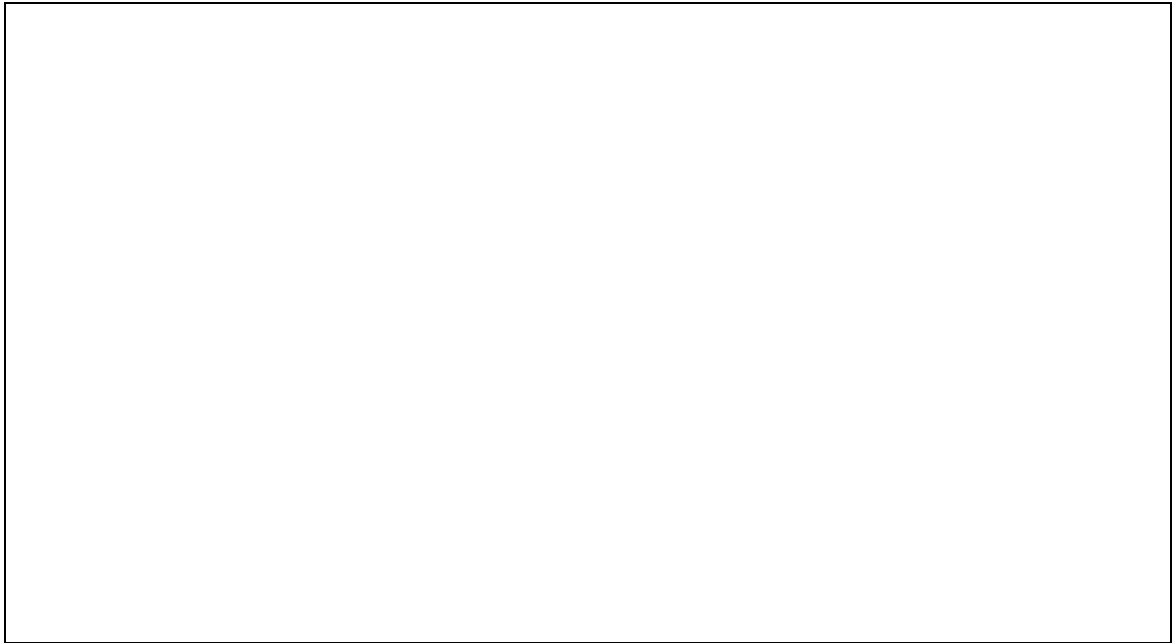
(Anote los valores obtenidos de manera visual)

- f. Compare los valores hallados de manera analítica con los encontrados de manera experimental. Escriba las conclusiones con respecto a la comparación de resultados. ¿Son similares o muy desviadas los resultados entre uno y otro experimento?. ¿Por qué se puede dar esta situación?.

- g. Repita los puntos anteriores con un TV de 4 y 5 engranajes.

Bibliografía

Mott, R. L. (2006). Cinemática de Engranajes. En *Diseño de elementos de máquinas* (pág. 944). México: Pearson.



Fuente: SLIDESHARE. Procedimiento de verificación de engranajes. Práctica de laboratorio. Teoría de máquinas:
<https://es.slideshare.net/alanbarboza10/procedimiento-de-verificacion-de-engranajes>

T. Anexo: Relación de velocidades-motor

PRÁCTICA N° 3: RELACIÓN DE VELOCIDADES - MOTOR

GUIA PRÁCTICA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO ENGRANAJES RECTOS	
PRÁCTICA N° 3	RELACIÓN DE VELOCIDADES MÓDULO - MOTOR

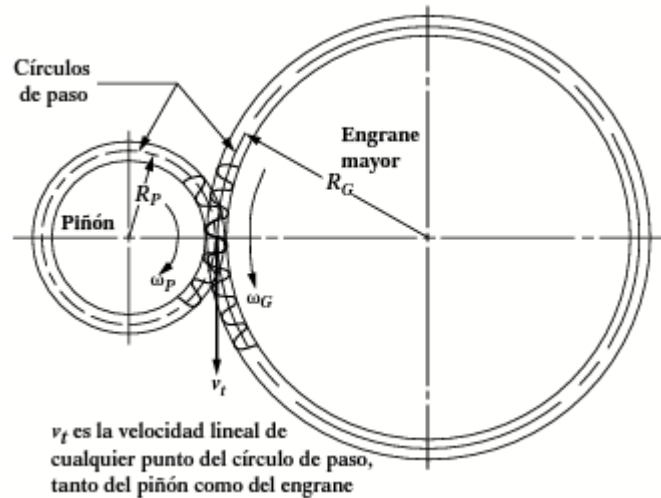
OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">Realizar un montaje de tren de engranajes rectos teniendo en cuenta los parámetros de estos y comparar los resultados analíticos con los experimentales en relación con las velocidades angulares de entrada vs las de salida.

MATERIALES Y EQUIPOS
EQUIPOS <ul style="list-style-type: none">Módulo didáctico de engranajes rectosMotor – 1625 rpmEncoder independienteReloj MATERIALES <ul style="list-style-type: none">Copia de la prácticaLápiz y/o LapiceroEtiqueta de papel

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE
<u>Fundamento teórico</u> <p>Según (Mott, 2006), un tren de engranajes es uno o más pares de engranajes que trabajan en conjunto para transmitir potencia. Una relación de velocidades (VR) es una relación entre la velocidad angular o rpm del piñón de entrada con respecto al engrane de salida, para UN SOLO PAR DE ENGRANES.</p> <p>Velocidad en la línea de paso de un engrane</p> $v_t = R\omega$

Según la cinemática, la velocidad lineal de un punto (V_t) se calcula teniendo en cuenta la distancia R que hay desde ese punto al centro de rotación, multiplicada con la velocidad angular (rpm) con la que se mueve.

La siguiente ecuación relaciona el piñón (conductor) y el engrane (conducido) del tren de engranajes. El subíndice P se refiere a piñón y G para el engrane.



Se puede apreciar que en cualquier punto del círculo de paso, la velocidad lineal tanto del piñón como del engrane son iguales. Esto conlleva a llevar a la definición de relación de velocidades:

$$VR = \omega_P / \omega_G = R_G / R_P$$

Es conveniente en múltiples ocasiones, expresar la relación de velocidades en función de los diámetros de paso, velocidades angulares o números de dientes del tren. A tener en cuenta:

$$R_G = D_G / 2$$

$$R_P = D_P / 2$$

$$D_G = N_G / P_d$$

$$D_P = N_P / P_d$$

$$n_P = \text{velocidad angular del piñón (en rpm)}$$

$$n_G = \text{velocidad angular del engrane (en rpm)}$$

Con base en esta información, la relación de velocidades se podrá definir en cualquiera de estas maneras:

$$VR = \frac{\omega_P}{\omega_G} = \frac{n_P}{n_G} = \frac{R_G}{R_P} = \frac{D_G}{D_P} = \frac{N_G}{N_P} = \frac{\text{velocidad}_P}{\text{velocidad}_G} = \frac{\text{tamaño}_G}{\text{tamaño}_P}$$

Cuando hay más de dos engranajes dentro de un sistema motriz, dicho conjunto es denominado *tren de engranajes (TV)* y no es más que la relación entre la velocidad de entrada del primer engranaje (piñon) y la velocidad de salida (último engrane del tren). El resultado será el producto de los valores de VR para cada par de engranes del tren. Entiéndase que un par de engranajes es cualquier conjunto que tenga uno motriz y uno conducido. Cuando el TV sea mayor de 1, este es conocido como un tren reductor mientras que si TV es menor a 1, se le conocerá como incrementador.

A continuación, la ecuación que establece el valor del TV :

$$TV = \frac{N_B N_D}{N_A N_C} = \frac{\text{producto del número de dientes en los engranes conducidos}}{\text{producto del número de dientes en los engranes conductores}}$$

La dirección de rotación es posible determinarla con simple observación. Por cada par de engranajes externos existe una inversión de direcciones.

En caso de que en un TV , los engranes de entrada y salida giren en la misma dirección estos se denominarán como valor positivo del tren. En caso contrario, el valor del tren será negativo.

Actividad a desarrollar

- h. Ensamble en el módulo didáctico, un tren de engranajes (TV) con tres (3) engranes. (Dibuje un croquis del ensamble realizado)

- i. Etiquete y pegue una etiqueta de papel en el engrane de salida. Marque por ejemplo, uno de los dientes. Esto le permitirá verificar con el *encoder*, la cantidad de vueltas en la que gira la salida. Recuerde que el motor tiene una velocidad angular de **1625 r.p.m.**
- j. Escriba los parámetros de los engranes seleccionados.

(Apunte los valores como el número de dientes y demás parámetros que requiere para realizar posteriormente los cálculos)

- k. Realice los cálculos analíticos de la relación de velocidad y el TV (ecuaciones).

1. Encienda el equipo y verifique con un reloj un tiempo de un minuto. Coloque el encoder en el engrane de salida y determine mediante este dispositivo la cantidad de rpm de dicho engrane

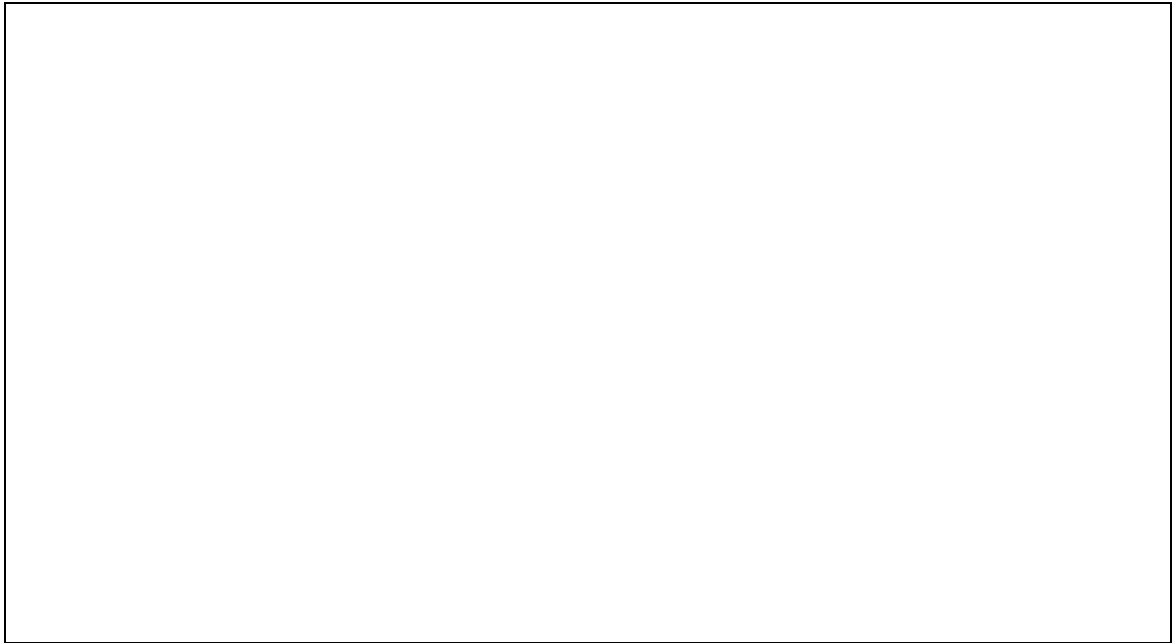
(Anote los valores obtenidos de manera visual)

- m. Compare los valores hallados de manera analítica con los encontrados de manera experimental. Escriba las conclusiones con respecto a la comparación de resultados. ¿Son similares o muy desviadas los resultados entre uno y otro experimento?. ¿Por qué se puede dar esta situación?.

- n. Repita los puntos anteriores con un (1) *TV* de diferente números de pares de engrane.

Bibliografía

Mott, R. L. (2006). Cinemática de Engranajes. En *Diseño de elementos de máquinas* (pág. 944). México: Pearson.



Fuente: SLIDESHARE. Procedimiento de verificación de engranajes. Práctica de laboratorio. Teoría de máquinas:
<https://es.slideshare.net/alanbarboza10/procedimiento-de-verificacion-de-engranajes>

4. Bibliografía

Andrade Lopéz, M., & Suarez Vintimilla, E. (2013). Diseño y construcción de un banco didactico. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana.

Blanco Romero, M. (2018). Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo. Cataluya, Barcelona. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/TMEBR1de1.pdf

Cabezas Castillo, V., & Lozano Portela, J. (2013). Montaje de un banco de prueba para arranque. Soacha: Corporación Universitaria Minuto de Dios "UNIMINUTO".

Coyte, E., & Heslop, B. (s.f.). Prácticas de laboratorio: objetivos, perspectivas y formas de añadir valor a los laboratorios de enseñanza en educación superior. Enseñanza universitaria en el mundo moderno, 1.

De la Rosa Campo, J. (2015). Diseño y construcción de una herramienta de aprendizaje en el área de transmisión de potencia por engranajes para el laboratorio de diseño gráfico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Elementos de máquinas. (s.f.). Obtenido de Transmisión por engranajes: <http://files.cesarruiz.webnode.com.co/200000096-aa626ac2cd/TransmisionPorEngranajes.pdf>

Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering). (s.f.). Aplicación al diseño de engranajes de ejes paralelos con Catia v5. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/fichero/6.+Engranajes.pdf>

- Galarza Villafuerte, L., & Pérez Basantes, B. (2014). Diseño y construcción de un banco didáctico de una caja de cambios manual de tres ejes, utilizada en vehículos pesados, para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Martinez Henao, P. (2012). Propuesta metodológica para el diseño de un banco de pruebas para engranajes cilíndricos rectos. Bogotá: Universidad San Buenaventura.
- Minotta Peñaloza, C. (2007). Diseño y construcción de un banco de prueba para motores DC de baja potencia. Bogotá: Universidad de San Buenaventura.
- Misas Arango, G. (2004). La educación superior en Colombia. Análisis y estrategias para su desarrollo. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Parra Durán, J., & Velasco Marín, L. (2014). Diseño para construcción de un banco de pruebas para determinar las pérdidas de carga en un sistema de tuberías. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Parra, C., & Puentes, C. (2019). Implementación de un sistema de fallas en un simulador didáctico para motor de un mazda allegro 1600 cc de combustión interna con ciclo otto para la UAN. Neiva: UAN.
- Roque Morales, M. (2009). Diseño de un banco didáctico de pruebas de mecanismos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Sánchez, J. A. (Enero de 2011). FEDERACION DE ENSELANZA DE ANDALUCIA. Obtenido de Temas para la educación: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docuipdf.aspx?d=7911&s=>
- Silva, E. (2013). Rediseño del banco de pruebas para transformadores de distribución en la empresa Corpoelec. 139. Maracay, Venezuela.

-
- SLIDESHARE. Procedimiento de verificación de engranajes. Práctica de laboratorio. Teoría de máquinas: <https://es.slideshare.net/alanbarboza10/procedimiento-de-verificacion-de-engranajes>
- Suarez Castro, J. (2015). Diseño, construcción y puesta en marcha de un banco didactico del sistema de frenos de estacionamiento automatico para la facultad de Ingeniería Mecánica de la UAN sede Neiva. Neiva: UAN.
- Universidad Antonio Nariño. (2001). Acuerdo 48. Por el cual se expide el reglamento de trabajo de grado. En Reglamento de Trabajos de Grado (pág. 11). Bogotá. Recuperado el 16 de noviembre de 2019, de http://www.uan.edu.co/images/Institucion/ItemsInstitucionales/documentos/Acuero48_ReglamentodeTrabajodeGrado.pdf