

**ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN RECURSO EDUCATIVO PARA LA
ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS RELACIONADOS CON
TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO**

RUTH YIBETH LIZCANO PRADA, LIDA MERCEDES OTÁLORA VIRGÜEZ

CARLOS ALFREDO BERMÚDEZ ARENAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN DISEÑO TECNOLÓGICO

TRABAJO DE GRADO

ASESOR

FABIO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

BOGOTÁ

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por permitirnos culminar exitosamente nuestra carrera, por ser nuestro guía y luz en las adversidades, fortaleciendo nuestros momentos de debilidad.

Gracias al profesor Fabio González por su apoyo y asumir la dirección de nuestro trabajo de grado, al profesor Andrés Eslava por su tiempo, orientación, dedicación y por los conocimientos transmitidos.

De igual manera, reconocemos el esfuerzo realizado por cada uno de nuestros familiares quienes apoyaron económica y moralmente nuestro proceso formativo.

Gracias a todos los profesores que contribuyeron a nuestra formación, dándonos su acompañamiento y demostrando sus esfuerzos y compromiso, al poner todo su corazón en la enseñanza.

Por último, pero no menos importante, agradecemos a nuestra alma máter Universidad Pedagógica Nacional por acogernos como parte de la comunidad universitaria y habernos dado la oportunidad de formarnos como maestros apasionados por su quehacer.

DEDICATORIA

Mi tesis está dedicada con todo mi corazón, a mi amado esposo Andrés Felipe Eslava, por darme su apoyo, confianza, profunda fe en mí y mis capacidades, además, por su incansable esfuerzo lucha, trabajo y sacrificio para darme la oportunidad de ser una profesional y cambiar mi vida en busca de un futuro mejor Gracias porque a pesar de las adversidades y de los momentos difíciles siempre has estado conmigo brindándome serenidad, entereza, seguridad y sobre todo mucho amor para superar cualquier obstáculo.

A mi hijo Jeisson Alejandro Otálora por ser una parte de mí, que me inspira y motiva a superarme para ser cada día mejor. Por llenarme de orgullo, ser la razón de mis luchas y sacrificios, sin ti, mi vida no tendría sentido.

A mis padres Carlos Otálora y Ursulina Virgüez por los principios que me infundieron, por su ejemplo de tenacidad, trabajo, honradez y constancia para alcanzar cada meta o sueño. Gracias por darme la vida y hacer de mí una persona de bien.

A mis amigos Ruth Lizcano y Carlos Bermúdez con quienes pude contar estos 5 años de carrera, por su ayuda recíproca y desinteresada, por su compañía, comprensión y palabras de aliento en momentos de tristeza, desesperación o adversidad. Gracias por sus sonrisas y por ser de los mejores amigos llevare siempre en mi corazón.

Para mi gran y querido amigo Raúl Armando Parra, quien partió de este mundo dejando una huella de lealtad y cariño incondicional. Tus recuerdos siempre vivirán en mi corazón.

Gracias a todos mis familiares y demás personas que creyeron en mi e hicieron posible cumplir este sueño.

Lida Mercedes Otálora Virgüez

Dedico este trabajo de grado primeramente a mi madre María Ruth Prada Díaz por quererme mucho, estando presente en cada una de mis dificultades, dándome fortaleza, esperanza y ánimo para continuar, creyendo en mis capacidades al estar presente en cada una de las etapas de mi vida, por esto, no hay un día de mi vida que no le agradezco a Dios por tenerte en mi vida a ti y a mi padre Wilson Lizcano, quienes me llenaron de valores, apoyo y sinceridad, contribuyendo al desarrollo de cada una de mis metas incondicionalmente, dejando de lado las adversidades para estar conmigo en cada paso que doy.

A mis hermanos Wilson Daniel Lizcano Prada y David Santiago Lizcano Prada, gracias por su apoyo, colaboración y acompañamiento en el transcurso de nuestras vidas.


Por último agradezco a mis amigos Carlos Alfredo Bermúdez Arenas y Lida Mercedes Otálora Virgüez por permitirme compartir buenos y malos momentos a su lado, apoyándonos en el transcurso de nuestra formación profesional, siendo compañeros incondicionales y personas valiosas, que le sacan el jugo a la vida.

Ruth Yibeth Lizcano Prada

A mi familia, debido a ellos soy quien soy, ya que sin ustedes no hubiera tenido la fuerza necesaria para alcanzar este logro. A mis padres por su comprensión, apoyo, consejos, ayuda y amor que me otorgaron en los momentos difíciles a lo largo de mi formación, gracias por darme todo lo que soy como persona, mis valores, principios, carácter, coraje para poder lograr mis objetivos.


Gracias a mis compañeras con las que he compartido grandes momentos, que fueron un apoyo y me permitieron entrar en su vida durante estos 5 años de carrera: Ruth Lizcano, Lida Otálora.

Carlos Alfredo Bermúdez Arenas

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realidad al servicio</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 223	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Elaboración e implementación de un recurso educativo para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos relacionados con transmisión de movimiento
Autor(es)	Bermúdez Arena, Carlos Alfredo; Lizcano Prada, Ruth Yibeth; Otálora Virgüez, Lida Mercedes
Director	González Rodríguez, Fabio.
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 135p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO; APRENDIZAJE; ENSEÑANZA; DIDÁCTICA; RECURSO EDUCATIVO.


2. Descripción
<p>Trabajo de Grado que expone la elaboración e implementación de un recurso educativo para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos relacionados con transmisión de movimiento, para estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional de la Licenciatura en Diseño Tecnológico.</p> <p>Para llevar a cabo este trabajo de grado se implementaron dos metodologías, una metodología de investigación cuasi-experimental y una metodología de diseño para la construcción del recurso educativo.</p> <p>El trabajo contribuye al fortalecimiento de conceptos como relación de transmisión, ley fundamental de los engranajes, flechas, engranajes, fuerzas, entre otros conceptos relacionados.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realizando el aprendizaje</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 223	

De acuerdo al perfil del egresado de la Licenciatura en Diseño Tecnológico es importante identificar, analizar y resolver problemas que se encuentran en el entorno y más aún en el ámbito educativo, generando nuevas propuestas que faciliten la relación enseñanza-aprendizaje.

3. Fuentes

- Torre S. y Violant V. ((s.f.)). ESTRATEGIAS CREATIVAS EN LA ENSEÑANZA. sentipensar, 1-10.
- Villamizar M. (1994). Ley 115 de Febrero 8 de 1994. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Ausubel D., Novak J. y Hanesian H. (1983). Psicología Educativa. México: TRILLAS.
- Boothroyd G. (1978). Fundamentos del corte de metales y de las máquinas-herramientas. U.S.A: McGRAW-HILL.
- Budynas R. y Nisbett J. (2008). Diseño en ingeniería mecánica. México: McGraw-Hill.
- Carretero M. (1997). Constructivismo y educación. México D.F.: Progreso, S.A.
- Casillas A. L. . (1966). Maquinas calculos de taller. Madrid (España): Maquinas.
- Comenius J. (1986). DIDACTICA MAGNA. México: Porrúa.
- García E., Guindeo C., Peraza O. y Palacios D. (2002). . La madera y su tecnología. Madrid: Mundi-Prensa Barcelona.
- Gaviria C. (1992). Ley 30 de Diciembre 28 de 1992. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Hernández S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. Universidad y sociedad del conocimiento, 26-35.
- Ministerio de educación. (2008). Guia 30. ser competente en tecnología. Bogotá: Revolución educativa .
- Mott R. (2006). Diseño de elementos máquinas. México: Pearson.
- Munari B. (1983). Cómo nacen los objetos. Barcelona: Gustavo Gili.
- Norton R. (2011). Diseño de maquinas. Mexico: Pearson.
- Rodríguez M. , Hinojosa M. y Ortíz U. (2002). Breve y parcial historia de los engranajes. Ingenierías, 16 - 23.
- Russell H. (2001). Mecánica de materiales. México: Pearson.
- Sampieri R. , Collado C. y Lucio M. (2014). Metodologia de la investigación. México: Mc Grall Hill.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realidad al servicio</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 7 de 223

Shigley J. y Mischeke C. (1990). Diseño en ingeniería mecánica. México: Mc Graw Hill.

Torres H. y Girón D. (2009). Didáctica General. Centroamérica: Editorama, S.A.

Universidad Pedagógica Nacional. (2014). Plan de desarrollo institucional 2014-2019. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Westbrook R. (1993). JOHN DEWEY. UNESCO: Oficina Internacional de Educación, 289-305.

Alves de Mattos L. (1963). Compendio de didáctica general. Buenos Aires: Kapelusz. Obtenido de Compendio de didáctica general:
<https://didacticapep.wikispaces.com/file/view/didactica+de+alves+de+matto.pdf>

Cristi I. (07 de 2003). Casanchi. Obtenido de Casanchi: casanchi.com/fis/05_palancas.pdf

Galindo A., Reyes D. y Terrazas C. (s.f.). lec_34 evolución de la tecnología en la educación. Recuperado el 05 de 07 de 2017, de lec_34 evolución de la tecnología en la educación:
http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Lic_virt/LITE/DITE006/Unidad_3/lec_34%20Evolucion%20de%20las%20tecnologias%20en%20educacion.pdf

Gaviria C. (1992). Ley 30 de Diciembre 28 de 1992. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

Gómez G. (2014). Brettis. Obtenido de Brettis:
<http://www.brettis.com/Tutorial/03Lubricantesparaengranajes.pdf>


Landín P. (4 de 11 de 2016). Pelandintecno. Recuperado el 22 de 09 de 2017, de Pelandintecno:
<https://drive.google.com/file/d/0BxOrdGiYZyv5SXI5NUZGak81bGc/view>

M., C. (14 de Agosto de 2017). fadp. Obtenido de fadp:
http://www.fadp.edu.co/uploads/ui/articulos/LA_DIDACTICA.pdf

Morales P. (México). Elaboración del material didáctico. 2012: TERCER MILENIO S.C. Obtenido de http://biblio3.url.edu.gt/Libros/didactica_general/11.pdf

Murillo J. (2013). postgradoune. Obtenido de postgradoune:
<http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimental.pdf>

Rojas J. (13 de 05 de 2013). SlideShare. Recuperado el 29 de 09 de 2017, de SlideShare:
<https://es.slideshare.net/josein1308/transmision-de-cadenas>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realizando el aprendizaje</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 8 de 223	

4. Contenidos

Para llevar a cabo el presente trabajo de grado, se inició seleccionando la población a intervenir, encontrando como situación problema que los maestros de la licenciatura en diseño tecnológico no cuentan con los suficientes recursos educativos para impartir conceptos sobre transmisión de movimiento.

A partir de la problemática encontrada se determinaron los siguientes objetivos:

Objetivo general, elaborar e implementar un recurso educativo para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos relacionados con transmisión de movimiento.

Para dar cumplimiento al objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Diseñar los elementos mecánicos que conforman el recurso educativo.
2. Construir y ensamblar el recurso educativo.
3. Evaluar el recurso educativo para identificar sus efectos.

Inicialmente se revisaron referentes teóricos que aportaron al desarrollo del trabajo, de igual manera se realizó una búsqueda de información abordando autores pedagógicos y técnicos que contribuyeron en la conceptualización general del trabajo de grado.


Las metodologías implementadas para el desarrollo de la pregunta de investigación consiste en una cuasi-experimental y una metodología proyectual de Bruno Munari, las cuales atendieron los requerimientos exigidos por el proyecto, arrojando como resultado el cumplimiento del objetivo planteado, como es evidenciado en los hallazgos descritos en las conclusiones.

Al finalizar el documento se encuentra el listado de referentes teóricos e instrumentos de recopilación de información, de diseño, implementación y verificación matemática.

5. Metodología

La metodología de investigación que se implementó para obtener la información requerida según los objetivos planteados en el trabajo de grado, es la metodología cuasi-experimental pre test–pos test con grupo control.


Las características que se tienen en cuenta para llevar a cabo el desarrollo de esta metodología de investigación son las siguientes:

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realizando la Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 9 de 223	

1. Selección de los participantes o población.
2. Se selecciona una muestra de los estudiantes
3. División de la muestra en el grupo experimental y el grupo control.
4. Aplicación de la encuesta inicial (pre test) a los dos grupos conformados.
5. Manipulación de variables independientes (grupo experimental), aplicación del recurso educativo.
6. Aplicación de la encuesta final (pos test) a los dos grupos conformados.
7. Medición, comparación y análisis de resultados obtenidos.

6. Conclusiones

- Las dificultades técnicas que se presentaron en mayor proporción tuvieron que ver principalmente con el ensamble del recurso educativo, puesto que no se manejaron adecuadamente algunas tolerancias, lo que generó sobrecostos y exceso en el tiempo de trabajo.
- Se comprobaron matemáticamente los esfuerzos a los cuales se encuentran sometidas las piezas del recurso educativo, evidenciando que los ejes son los elementos más críticos de la cortadora, debido al recalentamiento, torsión y demás esfuerzos que lo afectan al ser un sistema dinámico, por tal razón, la selección del material fue consecuente con los resultados obtenidos.
- La elaboración de recursos educativos favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje apoyando el desarrollo de los contenidos, además, al aplicarlos tienen efectos que pueden generar nuevos conocimientos y mejorar la aprehensión de los conceptos.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realizando el aprendizaje</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 10 de 223	

- La aplicación del recurso educativo en el grupo experimental, tuvo efectos positivos puesto que mejoraron la conceptualización de los temas sobre transmisión de movimiento en un 19.5% como se puede evidenciar en el análisis de datos obtenido, de los resultados de las pruebas pre test- pos test realizadas en el grupo de diseño III de la Universidad Pedagógica Nacional.
- En la prueba pre test se demostró que el grupo experimental mantuvo una nota en un rango de 2,0 a 3,7 mientras que el grupo control mantuvo un rango entre 2,0 y 3,0, evidenciando un cierto nivel de comprensión general sobre los temas relacionados con transmisión de movimiento, lo que facilitó comparar los resultados entre los dos grupos al momento de aplicar el recurso educativo. Posteriormente, en la prueba pos test se pudo observar que hubo una mejora significativa frente a la prueba pre test, puesto que el grupo experimental mejoró sus resultados en un 12% frente al grupo control.
- Gracias al desarrollo de este trabajo se pudo reafirmar la importancia de entender la transmisión de movimiento, puesto que, le permite al egresado de la licenciatura abordar diferentes proyectos de acuerdo al énfasis de la carrera enfocado a los sistemas mecánicos, fortaleciendo la enseñanza y aprendizaje de la tecnología desde la praxis.

Elaborado por:	Bermúdez Arena, Carlos Alfredo; Lizcano Prada, Ruth Yibeth; Otálora Virgüez, Lida Mercedes.
Revisado por:	González Rodríguez, Fabio.

Fecha de elaboración del Resumen:	23	02	2018
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Introducción	16
2. JUSTIFICACIÓN.....	18
2.1. Justificación	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
3.1. Planteamiento del problema	20
3.2. Pregunta de investigación	21
4. DELIMITACIÓN Y ALCANCE.....	22
4.1. Delimitación	22
4.2. Alcances	22
5. OBJETIVOS	23
5.1. Objetivo General	23
5.2. Objetivos específicos	23
6. ANTECEDENTES	24
6.1. Diseño y construcción de prototipo para el aprendizaje del proceso técnico de afilado de buril	24
6.2. Propuesta Metodológica Para La Conceptualización De Operadores Mecánicos Que Transfieren El Movimiento Mediante Bandas Mecánicas En La I.E.D. Usaqué n.....	25

6.3. Propuesta de actividades para fortalecer conceptos relacionados con la transmisión de movimiento.....	26
6.4. Diseño y construcción de un prototipo de máquina de ensayos para tracción y compresión.....	27
7. Marco Conceptual.....	29
7.1. Tecnología en la educación.....	29
7.2. Aprendizaje en el aula.....	31
7.3. Didáctica.....	33
7.3.1. Material didáctico.....	34
7.3.2. Recurso educativo.....	36
7.4. Constructivismo.....	36
7.4.1. Aprendizaje significativo.....	37
7.5. Fundamentación sobre transmisión de movimiento.....	40
7.5.1. Esfuerzos.....	41
7.5.2. Teorías de falla.....	45
7.5.3. Transmisión de movimiento.....	46
7.6. Fundamentos y evolución en el proceso de corte.....	89
7.6.1. Avance de corte.....	91
7.6.2. Velocidad de corte.....	91
8. METODOLOGÍA.....	92

8.1. Metodología De Investigación	92
8.1.1. Desarrollo de la metodología.....	94
8.2. Metodología De Diseño	104
8.2.1. Identificación de las necesidades del cliente.	106
8.2.2. Elementos del problema.	106
8.2.3. Recopilación y análisis de datos.....	107
8.2.4. Creatividad.....	108
8.2.5. Se desarrolla la solución más adecuada.....	110
8.2.6. Dibujo constructivo.	115
8.2.7. Materiales y tecnologías.	115
8.2.8. Experimentación.....	116
8.2.9. Ciclo de retroalimentación.....	117
8.2.10. Modelos.	118
8.2.11. Verificación.	118
9. CÁLCULOS DE ELEMENTOS MECÁNICOS	119
9.1. Cálculos de engranajes	119
9.2. Cálculos de ejes	124
10. CONCLUSIONES	130
11. RECOMENDACIONES	131

12. BIBLIOGRAFÍA	132
13. WEBGRAFÍA.....	134
13. ANEXOS	136
13.1. ANEXO 1 PLANEACIONES.....	136
13.1.1 ANEXO 1 PLANEACION GRUPO CONTROL.....	136
13.1.2 ANEXO 1 PLANEACION GRUPO EXPERIMENTAL.	138
13.2. ANEXO 2 ENCUESTA PRE TEST.	140
13.3. ANEXO 3 ENCUESTA POS TEST.....	143
.....	148
13.4. ANEXO 4 PLANOS.	148
13.5. ANEXO 5 HOJAS DE RUTA.	180
13.6 ANEXO 6 CALCULOS DE ENGRANAJES.	205
13.6.1. Primera etapa.	205
13.6.2. Segunda etapa.	207
13.6.3. Tercera etapa.....	209
13.6.3. Salida del motor.....	211
13.6.3. Engrane cónico.	213
13.7. ANEXO 7 CALCULOS DE LOS EJES.....	214
13.7.1. Esfuerzos del primer eje.	214

13.7.2. Esfuerzos del segundo eje.....	217
13.7.3. Esfuerzos del tercer eje.....	219
13.8. ANEXO 8 CALCULOS DE RODAMIENTOS.....	222

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El presente trabajo de grado tiene como finalidad diseñar y construir un recurso educativo que apoye, complemente y facilite el proceso de enseñanza – aprendizaje en el aula de clase, sabiendo que la didáctica es un mediador que contribuye a alcanzar de manera más eficaz la concepción e interiorización de conocimientos, es importante implementarla y darle protagonismo, sin dejarla rezagada exclusivamente en la retórica.

Por consiguiente, la preocupación por mejorar la enseñanza, es determinante y nos obliga a reflexionar constantemente en nuestro ámbito educativo, sobre las dinámicas desarrolladas en la actualidad para alcanzar un mayor acercamiento en la adquisición de saberes, lo cual, es determinante para cumplir con la misión que debe tener el egresado en Diseño Tecnológico al tener un óptimo desempeño en el área de la docencia, asumiendo retos que impliquen el uso de la tecnología para dar soluciones innovadoras a los problemas evidenciados en el entorno.

Por ello se pretende proponer un recurso educativo, donde el maestro y el estudiante interactúen con él, construyendo de manera significativa conceptos relacionados con transmisión de movimiento.

Las temáticas que se abordarán a través del recurso educativo permitirán hacer un acercamiento a las transmisiones que facilitan el movimiento y la transmisión de fuerza, logradas mediante mecanismos de transmisión rígida. Adicionalmente, y entre otros aspectos se podrá observar las variaciones que se generan en la velocidad y avance de corte dependiendo de la relación de transmisión que se aplique.

El presente trabajo de grado se encuentra dirigido a los estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional de la Licenciatura en Diseño Tecnológico, cuya finalidad es formar maestros capaces de producir conocimiento y pensamiento crítico partiendo de la innovación, la investigación y su ejercicio docente. Pese a ello, es importante seguir el horizonte institucional alcanzando los propósitos e ideales que contribuyen a la construcción de país, a través de la educación, respondiendo a la responsabilidad social, la igualdad y la equidad, incentivando la investigación, la interdisciplinariedad y bastimento de paz (Universidad Pedagógica Nacional, 2014).

De igual manera éste proyecto se rige bajo la Ley 115 de 1994, artículos 1 y 5, que consiste, en educar en función del bienestar social acorde con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad (Villamizar M., 1994), así mismo, se fundamenta en los artículos 1,4, 6, 7,9, 31 y 50 de la Ley 30 de 1992 cuyo marco debe promover la educación, el desarrollo y transmisión de conocimientos, invitando siempre a un espacio reflexivo todas las formas (Gaviria C., 1992).

2. JUSTIFICACIÓN

2.1. Justificación

La transmisión de movimiento es una de las temáticas importantes en los diferentes campos de estudio de la ciencia y la tecnología, las razones que conllevan a que todavía tenga una gran relevancia, es debido al impacto y desarrollo a través de los años, pues gracias a ello, se han logrado grandes avances que involucran la optimización de los procesos de transferir movimiento y energía de un elemento a otro, trayendo ventajas y reducción de espacio en las diferentes máquinas que nos rodean.

No obstante, la enseñanza y el aprendizaje de conceptos sobre relación de transmisión, análisis de fuerzas, mecanismos de transmisión de movimiento y demás, resultan un tanto complejos y desafiantes al momento de ser impartidos por parte del maestro, y a su vez, difícil de interiorizar para el estudiante, debido, a que en poco tiempo se debe adquirir conocimientos que se encuentran inmersos en esta temática, además, si no se tienen a la mano herramientas que permitan visualizar y analizar dichos conceptos, resulta aún más complicada la relación de enseñanza- aprendizaje.

Pese a ello, es importante que los estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional de la Licenciatura en Diseño Tecnológico, tengan claridad en los temas relacionados a dicha temática, pues en nuestra formación es importante desarrollar criterios y habilidades para construir, manejar y operar instrumentos equipos y herramientas, articulando las relaciones usuario-objeto-entorno-contexto.

En este sentido, es importante contar con recursos o materiales educativos que les facilite a los maestros enseñar y a los estudiantes abstraer los conceptos insertos en la transmisión de

movimiento, como lo son: tren de engranajes, caja de transmisión, relaciones de transmisión y sentido de giro entre otros, correspondientes a las temáticas planteadas para los maestros en formación de la licenciatura en Diseño Tecnológico.

Se espera que, a partir de la implementación del recurso educativo, se afiance considerablemente el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por tanto, se pretende que, a través de la implementación de un recurso educativo, los estudiantes, quienes ya cuentan con cierta formación y fundamentación académica, puedan integrar sus conocimientos previos con los nuevos, para lograr una mayor conceptualización a través de un proceso de análisis, experimentación y reflexión.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Planteamiento del problema

En la Universidad Pedagógica Nacional, en la Facultad de Ciencia y Tecnología, se plantea que el licenciado en Diseño Tecnológico debe tener apropiación de una variedad de temas que al integrarse, permitirán asumir retos que involucren el desarrollo del pensamiento tecnológico, fortaleciendo el aprendizaje y enseñanza de la tecnología y su producción.

A partir de estó, es importante contar con la fundamentación pertinente que facilite afianzar criterios de juicio en la toma de decisiones.

Sin embargo, existen dificultades en la visualización y comprensión al enseñar la teoría y los principios implícitos cuando se habla de transmisión de movimiento, dada la falta de recursos o materiales didácticos que podrían favorecer en el proceso de enseñanza – aprendizaje dentro del aula de clase, obstaculizando en cierta medida la apropiación de dichos conceptos, los que resultan complejos cuando se van a impartir de manera teórica, si no se incorpora el uso de herramientas que aterricen e integren estos principios de forma teórico-práctica, según (Westbrook R., 1993), no existirá una verdadera adopción del conocimiento a menos que se realicen acciones que lo comprueben.

A pesar de contar con un taller, donde se encuentra maquinaria en la que se encuentran inmersos los principios de transmisión de movimiento, resulta un tanto incómodo y aparatoso para el maestro, trasladar los estudiantes, desmontar las máquinas, mostrar su funcionamiento y volverlas a dejar ajustadas para su posterior uso. Esto sin duda alguna nos permite observar esta problemática como una oportunidad de mejora que contribuya al cumplimiento de los objetivos del perfil del egresado.

Partiendo de ese hecho, se tiene como excusa el diseño, construcción e implementación de un recurso educativo, que sirva para afianzar los conceptos de transmisión de movimiento, el cual adquiere una gran importancia, al responder los interrogantes ¿cómo?, ¿por qué? y ¿para qué los utilizamos? y a su vez, permite la interacción y participación del estudiante, siendo protagonista en la búsqueda de su propio aprendizaje.

3.2. Pregunta de investigación

¿Cuál es efecto de un recurso educativo en la enseñanza sobre conceptos de transmisión de movimiento?

4. DELIMITACIÓN Y ALCANCE

4.1. Delimitación

Este proyecto tiene como objetivo principal diseñar y construir un recurso educativo para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos relacionados con transmisión de movimiento, Por consiguiente, se pretende revisar los procesos de aprendizaje, aplicando la didáctica en el aula de clase de la Licenciatura de Diseño Tecnológico. Este recurso educativo se encontrará al alcance del maestro y de igual manera para los estudiantes que lo requieran.

El proyecto se delimita acorde al tiempo estipulado para la presentación de los trabajos de grado, determinado por la Universidad Pedagógica Nacional.

4.2. Alcances

Este proyecto trasciende al diseño, construcción y validación de un recurso educativo que pretende fortalecer los conceptos relacionados con transmisión de movimiento. Además, el recurso educativo tendrá su respectivo instructivo de ensamble que le permitirá a cualquier persona hacer el montaje y desmontaje.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Elaborar e implementar un recurso educativo para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos relacionados con transmisión de movimiento.

5.2. Objetivos específicos

- Diseñar los elementos mecánicos que conforman el recurso educativo.
- Construir y ensamblar el recurso educativo.
- Evaluar el recurso educativo para identificar sus efectos.

6. ANTECEDENTES

Para el presente trabajo de grado se han considerado múltiples dispositivos, herramientas y estrategias tanto didácticas y pedagógicas que se utilizan en la actualidad, donde se encuentran elementos tecnológicos que han permeado las aulas de clase, identificando y mostrando diversas soluciones a problemas educativos encontrados en su momento, a causa de esto, se generan nuevos materiales didácticos que permiten mejorar las condiciones de enseñanza. Por consiguiente, a continuación, se realizará una breve descripción de algunas de las soluciones halladas:

6.1. Diseño y construcción de prototipo para el aprendizaje del proceso técnico de afilado de buril

Autores: Jorge Díaz Gutiérrez - Edwin Daniel Demoya Correal – Oscar González Torres.

Año 2015

El objetivo del trabajo presentado por los estudiantes de diseño tecnológico fue el diseño y construcción de un prototipo técnico- didáctico. Con dicho recurso se pretende mejorar las habilidades técnicas y conceptuales específicamente en el área de Fundamentos de Tecnología II. Asignatura en la cual se abordan temas relacionados con el manejo de máquinas y herramientas para la adquisición de habilidades en el desarrollo de procesos de mecanizado. El trabajo de grado se centró específicamente en el mejoramiento técnico y conceptual de afilado de buriles a través de un recurso didáctico. Dicho prototipo consta de movimientos longitudinales y está constituida por una herramienta de corte llamada muela para buril, mecanismos, unidades de medida, piezas estructurales y motor eléctrico. Para lograr el objetivo principal, los estudiantes implementaron la metodología de diseño, que consiste en seguir una serie de 6 pasos que le permiten al sujeto acercarse al problema por medio de ésta estructura. En el proceso de diseño se

debe identificar el problema como primer paso, posteriormente se deben sacar ideas preliminares, como tercer paso perfeccionamiento de las ideas, análisis de las ideas seleccionadas, toma de decisiones para determinar el diseño, y materialización de la idea seleccionada. Como resultado de ésta metodología, se logró un aporte importante para los estudiantes de la licenciatura y para el taller de tecnología, sin embargo, una de las limitantes encontradas, es la falta de implementación del prototipo como recurso didáctico, para enseñar los conceptos que se relacionan con el afilado de buril.

Un aspecto importante para tener en cuenta este trabajo de grado, tiene que ver con la intencionalidad pedagógica que proporciona este prototipo, en donde se pueden afianzar conceptos teóricos y prácticos al mismo tiempo, cuando es implementada, lo que permite abrir el panorama frente a las posibilidades desarrolladas en los trabajos de grado, que involucran prototipos o máquinas para la enseñanza y el aprendizaje.

6.2. Propuesta Metodológica Para La Conceptualización De Operadores Mecánicos Que Transfieren El Movimiento Mediante Bandas Mecánicas En La I.E.D. Usaqué

Autores: Juliana Tovar Olmos, Johana Cañón Luengas. Año: 2012.

El objetivo principal del trabajo de grado consistió en diseñar y construir un material didáctico que permitiera a los estudiantes de IED Usaqué de séptimo grado, conceptualizar los temas relacionados con transferencia de movimiento a través de bandas mecánicas, enfatizando en el aprendizaje a través de la interacción del estudiante con el material, para poder dar diferentes soluciones a problemas del entorno. También se puede evidenciar la importancia del trabajo en el aula por parte del docente, para ello diseñaron una guía de trabajo con la cual el maestro se puede guiar observando las temáticas como transmisión de movimiento, fuerza,

potencia, movimiento, masa y peso entre otras, que pueden ser impartidas dándole uso al material didáctico, además puede realizar diferentes actividades involucrando la participación de los estudiantes y promoviendo el trabajo en equipo el cual fortalece la comunicación y al aprendizaje colaborativo. La metodología que se implementó en este trabajo de grado fue de carácter cualitativo, donde se explora la relaciones sociales en un ambiente natural para detallar la realidad tal y como la experimentan los estudiantes. A lo largo de la investigación se realizaron actividades que permitieron identificar la situación problema, posteriormente, se hizo una recolección de datos, a partir de encuestas, entrevistas, diarios de campo y pruebas piloto, que fueron interpretadas y valoradas para su posterior análisis y obtención de resultados.

Los resultados arrojados, demostraron que fue pertinente la incorporación del material didáctico en el aula de clase, ya que la mayoría de los estudiantes mejoraron la conceptualización y aumentaron su motivación en el espacio académico.

Este trabajo de grado, se tuvo en cuenta, puesto que se relaciona con nuestra investigación al implementar el uso de un material didáctico, para facilitar la conceptualización de las bandas como operador mecánico que trasfiere el movimiento.

6.3. Propuesta de actividades para fortalecer conceptos relacionados con la transmisión de movimiento

Autores: Nelson Cárdenas y Andrés Felipe Eslava. Año: 2005.

Trabajo de grado realizado por estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional, consiste en el diseño de un material didáctico (*lego*) que posibilita la comprensión de conceptos relacionados con transmisión de movimiento por medio de la interacción de actividades previamente diseñadas. La metodología implementada en este proyecto de tesis consiste, en un

modelo de estudio correlacional, el cual se refiere a la medición que existe entre la relación que hay entre dos o más conceptos (variables), donde, la variable independiente (conceptos previos) es manipulada permitiendo verificar posteriormente los efectos provocados por su modificación a través de la variable dependiente; para llevar a cabo el desarrollo de esta metodología se seleccionaron dos grupos para la experimentación, donde uno de ellos se denomina grupo experimental, en cual, se implementaron las actividades diseñadas por el grupo de trabajo y el grupo control, que es el que permite hacer una comparación y medición de los datos obtenidos. Para recolectar los datos necesarios se desarrollaron una serie de actividades didácticas, las cuales se llevaron a cabo, a través de la manipulación del material didáctico con el cual los estudiantes debían llegar a la construcción de diferentes montajes que involucraran diversos elementos del material disponible, los cuales debían satisfacer el objetivo propuesto en cada sesión. Posteriormente las actividades fueron verificadas mediante evaluaciones de acuerdo al tema, lo cual evidencio, la eficacia del material didáctico y la facilidad de aprehensión de las temáticas desarrolladas.

Finalmente, los resultados arrojados en este proyecto, demostraron que la implementación del material didáctico mejoró de manera parcial el aprendizaje de los conceptos impartidos.

Por consiguiente, este proyecto de investigación fue consultado porque se relaciona directamente con el objeto de estudio planteado en este trabajo de grado (Transmisión de movimiento).

6.4. Diseño y construcción de un prototipo de máquina de ensayos para tracción y compresión

Autores: Bautista, Méndez y Forero. Año: 2003

Este trabajo de grado presenta el diseño y construcción de un prototipo para analizar los ensayos de tensión y compresión en aceros. Trabajo que lleva como fin de verificar el comportamiento y las propiedades mecánicas de los diferentes tipos de acero según su composición. Metodología

Este tipo de análisis al realizarse de manera experimental, facilita la comprensión de las temáticas abarcadas en el área de materiales y proceso I, puesto que, a través de ella, se puede verificar una de las propiedades mecánicas que afecta el comportamiento de los materiales, cuando se encuentran sometidos a esfuerzos de tracción o tensión. No obstante, es de destacar que dicho recurso ha sido de gran utilidad para todos los estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional, puesto que todavía en la actualidad se da uso de él.

7. Marco Conceptual

7.1. Tecnología en la educación

Para hablar de educación en tecnología es necesario conocer su significado y su relevancia e impacto en la sociedad, en este sentido, ésta se define como el conjunto de conocimientos lógicos y ordenados que se aplican para resolver problemas y necesidades sociales e individuales humanas, mediante el uso racional, crítico y creativo que permite llevar a cabo procesos para operar, diseñar y reparar artefactos (Ministerio de educación, 2008).

Por consiguiente, el progreso tecnológico y científico ha permeado diferentes niveles de la educación, permitiendo que esta asuma nuevos desafíos para mejorar y potencializar el proceso del educando, según (Galindo A., Reyes D. y Terrazas C., s.f.) La incorporación de herramientas, materiales y recursos didácticos en el aula que propenden fortalecer, mejorar y desarrollar nuevas habilidades que modifican las clases tradicionales, contribuyendo a la innovación y al mejoramiento de la tecnología.

La incorporación de los recursos didácticos en el aula, se ha producido mediante el avance tecnológico, algunos de los materiales más utilizados en la actualidad son las calculadoras gráficas, traductores y simuladores entre otras, que se han convertido en una herramienta indispensable para optimizar el aprendizaje y la enseñanza en el aula.

De esta manera la tecnología debería ser un elemento que permita la experimentación y participación activa de los estudiantes con la guía y participación del maestro a su vez, considerándola no solo como una herramienta tecnológica sino como una manifestación del pensamiento que permite dar solución a necesidades, problemas y deseos en la sociedad.

En la educación superior se considera un reto la incorporación de la tecnología, como medio que facilite una educación de alta calidad, donde el docente debe utilizarla como apoyo constante en su ejercicio docente, generando cambios en la metodología que tradicionalmente ha sido impartida de la misma manera durante años. (Arreola et al., s.f.)

La implementación de softwares, simuladores, aplicaciones, prototipos, laboratorios virtuales y modelos, permiten llevar a cabo experimentos integrando la interdisciplinariedad en el aula de clase, las incorporaciones de estas herramientas en el proceso de enseñanza desarrollan el aprendizaje autónomo y colaborativo, permitiendo el mejoramiento del aprendizaje significativo en pro de incrementar las destrezas meta cognitivas.

Entendiendo que un material didáctico es el encargado de apoyar y aproximar de manera realista al estudiante y contextualizarlo con el entorno al cual se enfrentará y a su vez motiva la participación, el interés, la comprensión y la percepción, facilitando la enseñanza de hechos y conceptos, beneficiando el aprendizaje basado en la observación y experimentación, lo cual permite reducir el nivel de abstracción en la aprehensión de los temas. (González, 2008)

Según (Arreola et al., s.f.) los medios o materiales para la enseñanza se clasifican en:

Tabla 1:

Clasificación de los medios o materiales para la enseñanza

Medios o materiales de enseñanza	Definición	Ejemplos
----------------------------------	------------	----------

Material Impreso	Son todos aquellos elementos creados con el uso de la impresión.	<ul style="list-style-type: none"> • Material orientado al estudiante (cuestionarios, guías, evaluaciones, etc...) • Material orientado al maestro (guías, cartillas, etc...)
Material Audiovisual	Representación gráfica y auditiva	<ul style="list-style-type: none"> • Videos • Televisión • Diapositivas
Material Manipulativo	Recurso que se caracteriza por ofrecer una representación tangible y realista del entorno.	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos del entorno • Materiales para la psicomotricidad • Máquinas y dispositivos.
Material Auditivo	Permite el desarrollo de la decodificación de la información a través de los sonidos, los cuales son aptos en el uso de cualquier medio informático.	<ul style="list-style-type: none"> • CD, DVD, MP3, MP4 y Radio • Computador personal. • Sistemas de comunicación interactiva.

Nota. Cuadro representativo de los diferentes medios didácticos implementados en la enseñanza. Basado en (Galindo A., Reyes D. y Terrazas C., s.f.)

7.2. Aprendizaje en el aula

Desde hace muchos años el aprendizaje se ha visto afectado por las problemáticas en el aula, las cuales afectan el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación, algunas de las problemáticas más frecuentes son problemas conductuales, falta de hábitos de trabajo,

dificultades conceptuales y desinterés por el aprendizaje, estas problemáticas son fortalecidas por el docente a través de la estimulación y la didáctica, con el fin de incentivar el interés de los estudiantes en procura de fortalecer las falencias mencionadas para que no sean un obstáculo que perjudique el proceso de aprendizaje en la educación superior.

Sin embargo, la educación superior según (Torre S. y Violant V., (s.f.)), se ve afectada constantemente por los hábitos académicos que traen consigo los estudiantes desde que inician su proceso educativo, este es uno de los motivos por los cuales los docentes de la educación superior viven en una frecuente evolución que pretende darle nuevo sentido al conocimiento y transformar el modelo de la educación tradicional, elaborando estrategias innovadoras y creativas, que contribuyan a la implementación de la tecnología por medio de instrumentos contruidos físicamente, logrando una reflexión meta cognitivos.

Para alcanzar esto, se hace necesario reconocer aquellas herramientas didácticas en la cual el estudiante sea uno de los actores principales en su propia formación profesional, para impulsar y fortalecer el desarrollo tecnológico que le permita desenvolverse y aplicar los conocimientos adquiridos en su entorno. Es así como se pretende reflejar en el estudiante una actitud más participativa, activa, motivadora y dinámica, dejando de lado los problemas de desmotivación, con el fin de preparar personas y profesionales para la vida que respondan a las problemáticas presentes en la sociedad actual. (Torre S. y Violant V., (s.f.))

En procura de ello se han implementado diferentes modelos pedagógicos como los de los siguientes autores: Skinner, Georg Kerschensteiner, María Montessori, John Dewey, Decroly y Rudolf Steiner, sin embargo, para el presenta trabajo de grado se realizara un acercamiento al modelo pedagógico del aprendizaje significativo de (Ausubel D., Novak J. y Hanesian H., 1983), ya que permite relacionar de forma significativa los conocimientos previos que posee el

estudiante con aquellos que se le presentan, para generar un nuevo concepto a través de la información adquirida, se puede deducir que el aprendizaje es la construcción de un rompecabezas que debe encajar a la perfección, como un todo que edifica el conocimiento. Para que sea posible que el aprendizaje perdure a través del tiempo y no se olvide fácilmente, es pertinente que las estrategias utilizadas por el maestro se enlacen con los conocimientos previos del estudiante, buscando interconectar todos los conceptos.

7.3. Didáctica

Cuando hablamos de didáctica esta es concebida como **“el arte o la ciencia de enseñar o instruir”** (M., 2017). Desde el siglo XVI fue Juan Amós Comenius (1592-1670), quien le dio un gran protagonismo a este término a través de su libro **Didáctica Magna** en donde ubica al estudiante como foco principal en el cual deben converger todos los aspectos que potencializarán su aprendizaje como los textos, los maestros, las aulas y las metodologías. También es responsable de implementar el método de aprender haciendo, donde el estudiante a través de la práctica construye su conocimiento dejando de lado el aprendizaje memorístico. (Comenius J., 1986), define la didáctica como “La técnica de la enseñanza”, de esta manera, critica fuertemente la retención y el aprendizaje mecánico manifestando que es el docente un guía que debe garantizar que el estudiante asimile el conocimiento y a su vez, la organización en donde exista un método e instrumento para llevar a cabo el proceso de enseñar.

Por otra parte, existen autores que consideran la didáctica, como un arte que no todos pueden desarrollar, pues, depende de la habilidad e intuición del maestro aplicarla para la enseñanza. Uno de los propósitos que contempla la didáctica, es servir como mediadora en la relación enseñanza- aprendizaje en cualquier área del conocimiento, promoviendo la eficacia al momento de enseñar y de igual manera a la hora de aprender. Dado que la didáctica comprende

diferentes procedimientos, recursos y técnicas que procuran incentivar y orientar al estudiante llevando a cabo los propósitos de la educación, es importante hacer uso de ella, implementando actividades motivadoras que se adapten a la realidad, teniendo en cuenta el contexto, la edad, ambiente cultural, recursos, entre otros. (Torres H. y Girón D., 2009).

Para llegar a desarrollar la didáctica en el aula, es necesario que el maestro perfeccione sus facultades para enseñar, lo cual requiere esfuerzo, dedicación y una constante práctica, para lograr altos niveles de comprensión y motivación por parte de sus estudiantes (Torres H. y Girón D., 2009), por consiguiente, los maestros recurren constantemente a diferentes herramientas, que facilitan el proceso para lograr el objetivo primordial de la enseñanza, que consiste, en hacer ver fácil lo complejo, por medio de materiales, recursos didácticos y educativos, que intervienen casi siempre positivamente en el aula, demostrando la versatilidad e ingenio que se puede tener para explicar un concepto o un tema a través de ellos.

7.3.1. Material didáctico. Se entiende como la representación de la realidad, donde, converge la teoría con lo real que se encuentra en el entorno, está construida con fines netamente educativos. A través de los materiales didácticos, se deben concretar todos los conceptos expresados por medio de la palabra, es importante recordar, que el maestro es quien da sentido a los materiales didácticos, es decir, le da trascendencia explícitamente formativa y educativa a los materiales que con frecuencia encontramos en el aula como lo son: mapas, diapositivas, videos, imágenes y demás. A través de ellos, se puede facilitar la aprensión de conceptos, ayudar a adquirir el aprendizaje de manera realista, evitar el desgaste del maestro, favorecer el aprendizaje por medio de la experimentación y observación, abstraer los contenidos de manera concreta, permitir que el proceso enseñanza- aprendizaje se produzca de manera activa, retener la información y relacionarla con el entorno (Morales P., México).

Sin embargo, las consideraciones que se deben tener al momento de darle uso, consisten, en la planificación juiciosa, estructurada y exhaustiva, encaminada a la intencionalidad que persigue el maestro al implementarla. Otro aspecto relevante, tiene que ver con el diseño y elaboración de los materiales didácticos, puesto que, al comprarlos no tendrán el mismo significado para los estudiantes, lo que reducirá las oportunidades de interacción, descubrimiento y confección de recursos para sus propias prácticas en la escuela (Torres H. y Girón D., 2009). Existe una clasificación para la diversidad de materiales didácticos los cuales nombraremos a continuación:

- Material permanente de trabajo. Dispositivo que se encuentra en el aula constantemente como lo son, tablero, marcador, borrador, cuaderno, regla, proyector y demás.
- Material informativo. Elementos que permiten el esclarecimiento de alguna temática como lo son, mapas, libros, diccionarios, enciclopedias, modelos, revistas, folletos, periódicos, entre otros.
- Material ilustrativo, visual o audiovisual. Medio representativo que tiene el propósito de facilitar la enseñanza, algunos de ellos son, esquemas, dibujos, mapas mentales, cuadros sinópticos, películas, cuadros y demás.
- Material experimental. Instrumento de interacción que permite a los individuos realizar experimentos.

Finalmente, para diseñar los materiales didácticos, es importante tener en cuenta las capacidades, estilos cognitivos, intereses, conocimientos previos, experiencia y habilidades de los estudiantes, con el fin, de ser asertivo y cumplir con el propósito planteado a la hora de enseñar, implementando estos elementos (Torres H. y Girón D., 2009).

7.3.2. Recurso educativo. Según (Alves de Mattos L., 1963) los recursos educativos son toda clase de máquinas, artefactos o elementos, que se encuentran a la mano del docente, pero el objetivo de diseño de estos elementos no fue de ámbito pedagógico sino fue para solucionar un problema, necesidad o deseo. Pero una vez que el docente le da un enfoque pedagógico a éste, se puede denominar como un recurso educativo. En este sentido, el recurso tiene como propósito facilitar la relación enseñanza-aprendizaje que se da en el aula de clase.

Una de las implicaciones del uso de recursos educativos, tiene que ver con la capacidad del docente, quien debe ser dinámico y capaz de potencializar los elementos que se encuentran en su entorno, desplegando al máximo las capacidades de los estudiantes, de manera que exista una conexión entre los saberes previos y la nueva información, lo que facilitaría el aprendizaje, reduciendo el esfuerzo y aumentando la eficacia (Alves de Mattos L., 1963).

7.4. Constructivismo. El constructivismo se basa en enriquecer los conocimientos de los estudiantes bajo el contexto social y el entorno a través de la experiencia. Cuando hay una interacción con el ambiente constantemente, se adquiere una construcción propia del conocimiento, partiendo de los esquemas o representaciones que se construyen de acuerdo a las experiencias o nociones de mundo que posea el individuo, es decir, se generan modelos mentales que se modifican y evolucionan, por medio de la asimilación y el alojamiento. Una de las características principales del constructivismo, consiste en aprovechar los conocimientos previos y adquiridos que posee el estudiante, sin importar si estos son correctos, puesto que pueden ser modificados mediante la experiencia y la práctica, logrando que aprender sea sinónimo de comprender, permitiendo que los saberes formen parte de la estructura cognitiva. Otro aspecto importante de este modelo plantea que la interacción social es fundamental al momento de aprender, puesto que las diferentes posturas referentes a una nueva información permiten un

consenso entre su percepción y la de los demás, es decir, se necesita de la sociedad para construir un verdadero aprendizaje (Carretero M., 1997).

De igual manera, según (Hernández S., 2008) el estudiante debe ser el protagonista de su propio aprendizaje participando activamente sin esperar pasivamente que todo le sea explicado. El ambiente para lograr un aprendizaje constructivista se basa en algunos aspectos que lo hacen eficaz, como lo son:

- Contacto directo con modelos que representen de la realidad.
- La realidad debe estar representada con la complejidad que la compone.
- Enfatizar en la construcción del conocimiento, partiendo de los saberes previos.
- Generar actividades dentro del contexto.
- Propiciar aprendizaje basándose en la vida diaria, dejando de lado las instrucciones que se encuentran aisladas de la realidad.
- Reflexionar a través de la experiencia.
- Contribución social evitando la competencia entre los estudiantes.

En resumen, la premisa que encierra el constructivismo, consiste en el desarrollo cultural que se genera inicialmente a través de la interacción con la sociedad y posteriormente, de manera intrapersonal, es decir, dentro de sí mismo facilitando la aprehensión de conceptos.

7.4.1. Aprendizaje significativo. La enseñanza es una de las condiciones que afectan directamente el aprendizaje, puesto que, puede facilitar y manipular algunas variables en busca de mejorar la comprensión, interpretación y aprehensión de los conceptos. Es evidente, que el aprendizaje se encuentra perjudicado por lo interpersonal, situacional, intrapersonal, cognoscitivo y afectivo-social, a partir de esto, surgen métodos que buscan mejorar su proceso,

ya sea de manera repetitiva, significativa, por recepción, descubrimiento, entre otros (Ausubel D., Novak J. y Hanesian H., 1983).

En consecuencia, el aprendizaje significativo ha permitido la adquisición de nuevos significados de manera impactante o relévate al volverse el término más familiar que subjetivo en comparación a otro, produciendo el surgimiento de nuevos símbolos o significados, para posteriormente interiorizarlos y relacionarlos de modo no arbitrario y sustancial, posibilitando implementar métodos para solucionar problemas que dependan de los procesos mentales superiores del individuo, aunque para lograr esto, es indispensable que se tenga una actitud de aprendizaje, es decir, tener motivación e intención de aprender; también es necesario la presentación e implementación de un material potencialmente representativo, en el cual, se encuentren inmersos los nuevos conceptos que generen un afianzamiento de estos, donde, se debe tener en cuenta la práctica como medio de aprendizaje y retención significativa de un tema o nuevo significado. Por otro lado, es indispensable pensar en la naturaleza del ser humano que adquirirá el nuevo significado, puesto que, se encuentra determinado por unos antecedentes educativos, ocupación, edad, cultura y pertenece a una clase social determinada (Ausubel D., Novak J. y Hanesian H., 1983).

A partir de esto, según (Ausubel D., Novak J. y Hanesian H., 1983) el aprendizaje significativo es importante en la educación, dado que permite la recepción, adquisición y almacenamiento de gran cantidad de ideas e información representativa, pertinente en cualquier campo del conocimiento, debido a que, para el ser humano es fundamental la acción de adquirir y retener varios conocimientos. Por consiguiente, este tipo de aprendizaje se encuentra dividido en:

- El aprendizaje de representaciones. Ocurre en el momento en el que un símbolo puede ser equivalente a un referente, en otras palabras, consiste en formar un significado a partir de los símbolos o palabras unitarias, puesto que, las palabras son consideradas símbolos que representan un objeto, situación, conceptos, entre otros, que pertenecen a una cultura determinada, aunque puede estar compartida entre varias. En el proceso de aprendizaje de nuevas palabras o símbolos, ocurre el aprendizaje de representaciones el cual puede relacionar las palabras de manera no arbitraria (Ausubel D., Novak J. y Hanesian H., 1983).
- El aprendizaje de conceptos. Entendiendo el término concepto como la referencia de un objeto, evento, situación o propiedades que se encuentran definidos por algún símbolo. El aprendizaje de conceptos, hace uso de una serie de símbolos que logran relacionarse en busca de definir un término, realizando una combinación de palabras en una sola oración en la que cada una de estas palabras estén conformadas por conceptos independientes que generan uno nuevo. Para el desarrollo de este aprendizaje, se pueden utilizar dos métodos, el primero, consiste en la creación de conceptos desde cero, y generalmente se aplica en los niños y el segundo, hace referencia a la asimilación de varios conceptos adquiridos, el cual es más utilizado por estudiantes y adultos (Ausubel D., Novak J. y Hanesian H., 1983).
- El aprendizaje de proposiciones. Se encuentra relacionado a las representaciones mentales de nuevos significados, que surgen al relacionar e interactuar con los conocimientos previos que posee la persona. Este tipo de aprendizaje, está dado por la combinación de los métodos anteriormente mencionados, es decir, el aprendizaje representacional y el aprendizaje de conceptos. Pese a ello, el aprendizaje es generado,

cuando el individuo es capaz de expresar proposiciones verbales de una idea en forma de oración, que no carezca de sentido, relacionando una o varias palabras, que representan un término unitario y concepto único, que posteriormente se organizará, en busca de generar una idea que sea la resultante de ellas.

Por consiguiente, es importante, implementar la metodología del aprendizaje significativo, llegando hasta las últimas instancias, puesto que este modelo pedagógico, permite que el proceso de aprendizaje sobre los objetos, situaciones, conceptos, entre otros, sea producido de manera relevante al realizarse una unión con la simbología, sin hacer una exclusión de la práctica.

7.5. Fundamentación sobre transmisión de movimiento

Cuando hablamos de transmisión de movimiento hacemos referencia al intercambio de energía mecánica entre dos o más elementos dentro de una máquina, la mayoría de las veces este tipo de transmisión se realiza a través de elementos rotantes sólidos como engranajes, conos de transmisión y poleas. Básicamente la transmisión se encarga de cambiar la rotación de un eje de entrada para variar la velocidad de salida, algunas aplicaciones que podemos encontrar acerca de las transmisiones son el molino de viento o agua y las máquinas de vapor, cuyo funcionamiento de los elementos de transmisión que lo conforman, permiten transformar la velocidad y par torsor de entrada, variando estas características según la necesidad para realizar el trabajo.

Como complemento al conocimiento técnico, es importante conocer desde cuando se dio origen a esta tecnología maravillosa que ha servido y evolucionado a través de los siglos hasta nuestra era. Según los autores (Rodríguez M. , Hinojosa M. y Ortíz U., 2002), el hallazgo más antiguo encontrado hasta el momento data del año 80 A.C, el cual pone en evidencia la

existencia de estos elementos que desde entonces se han destacado en el desarrollo industrial. Los primeros engranajes fueron hechos de madera tallada lo cual ha dificultado encontrar evidencia de su existencia debido a la degradación que se genera por el paso del tiempo. A su vez, existen registros bíblicos en donde está consignada información que evidencia la posibilidad de que los engranajes en el año 4000 A.C pudieron ser elaborados en bronce o hierro. Sin embargo, en la época que se encuentra evidencia clara y concisa sobre la existencia y comprensión del uso de los engranajes, data del año 300 A.C, la muestra más significativa que revela este hallazgo se halla en el reloj de agua hecho por Ctesbios de Alejandría en la época de Arquímedes, donde se incluían engranajes y cremalleras en su maquinaria. Esto nos demuestra la relevancia que estos elementos han tenido a través de la historia y del tiempo, sin presentar mayores variaciones desde su existencia, además, revolucionaron el mundo y siguen siendo indispensables en el presente, facilitando las operaciones humanas, que requieren de un esfuerzo físico o transferir la energía de un elemento a otro. Una de las principales características que afectan el funcionamiento de las piezas que transmiten movimiento, son las fuerzas a las cuales se encuentran sometidas para lograr un óptimo funcionamiento, motivo por el cual, es necesario determinar y calcular los esfuerzos que afectan su vida útil.

7.5.1. Esfuerzos. Se define como la fuerza que actúa por unidad de área, es decir, es el cociente resultante entre la fuerza y la superficie donde se aplica. Cuando un material es sometido a una carga, se debe tener en cuenta que los esfuerzos que se generan no son iguales puesto que varía la superficie. (Russell C. Hibbeler, 2001).

Existen diferentes tipos de esfuerzos, esto depende de la dirección y sentido de la carga o fuerza a la cual está sometido un cuerpo y la manera en que actúan sobre él, ellos se pueden clasificar de la siguiente forma:

7.5.1.1. Esfuerzo a compresión. Este tipo de esfuerzo puede notarse cuando un cuerpo se encuentra sometido a dos tensiones con la misma magnitud, pero dirección contraria sobre una superficie determinada, ocasionando una reducción en su longitud debido al aplastamiento que generan las fuerzas, las cuales son perpendiculares al área donde se aplican. (Budynas R. y Nisbett J., 2008).



Figura 1. Esfuerzo a compresión. Representación gráfica del comportamiento de las fuerzas que actúan a compresión sobre un elemento. Elaboración propia.

Para calcular el esfuerzo a compresión, basta conocer la sección transversal, o área de la sección y la fuerza normal aplicada a la sección.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

7.5.1.2. Esfuerzo a tracción. Contrario a la compresión, este esfuerzo se ve reflejado en el momento que se aplican fuerzas que intentan estirar o elongar un cuerpo en su línea de acción, es decir, si sometemos un cuerpo sólido al esfuerzo de tracción éste tiende a deformarse plásticamente debido a que la estructura interna intenta separarse, esto depende de las propiedades mecánicas de los materiales.

En este caso las fuerzas que actúan deben ser perpendiculares al área al igual que en el esfuerzo por compresión, lo único que cambia, es la dirección de las tensiones. (Budynas R. y Nisbett J., 2008)



Figura 2. Esfuerzo a tracción. Representación gráfica del comportamiento de las fuerzas que actúan a tensión sobre un elemento. Elaboración propia.

Para calcular el esfuerzo a compresión, basta conocer la sección transversal, o área de la sección y la fuerza normal aplicada a la sección.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

7.5.1.3. Esfuerzo Cortante. Este esfuerzo es también llamado esfuerzo de cizallamiento, y consiste en la aplicación de dos fuerzas paralelas al área transversal de la pieza, de igual magnitud y sentido contrario, que provocan una fractura en un cuerpo rígido, permitiendo que se deslice una sección sobre la otra, dando como resultado la división permanente de la estructura. (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

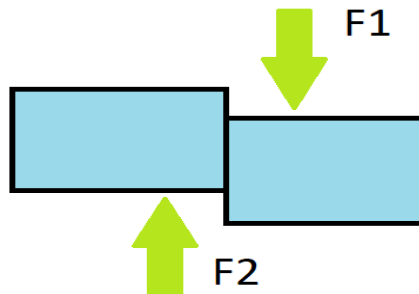


Figura 3. Esfuerzo cortante. Representación gráfica del cizallamiento que se genera por de las fuerzas que actúan sobre un elemento. Elaboración propia.

El esfuerzo cortante se puede calcular utilizando el área de la sección que está en cortante y la fuerza aplicada, estableciendo: (3)

$$\mathcal{T} = \frac{F}{A}$$

7.5.1.4. Esfuerzo a Flexión. La flexión hace referencia a las fuerzas que se aplican sobre un elemento las cuales tienden a curvarlo, en este tipo de esfuerzos se encuentran inmersos y combinados los esfuerzos de tracción y compresión a la vez, todo esto se ve evidenciado en las fibras internas del material, donde, la fibra neutra es la encargada dividir el cuerpo en dos.

(Norton R., 2011)

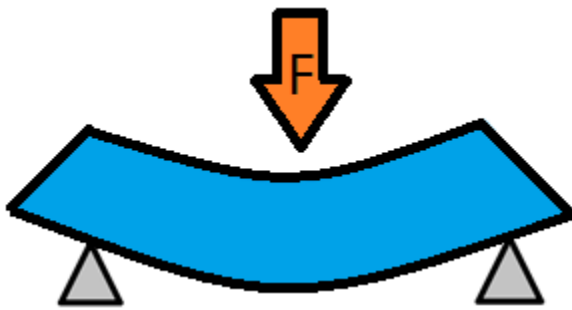


Figura 4. Esfuerzo a flexión. Representación gráfica del comportamiento de las fuerzas que hacen flectar o curvar un elemento. Elaboración propia.

El esfuerzo a flexión se halla a través de la siguiente ecuación.

$$\sigma_{max} = \frac{MC}{I} \quad (4)$$

Donde M= momento de inercia, C= distancia a la fibra analizada e I=momento de área alrededor del eje z.

7.5.1.5. Esfuerzo de Torsión. El esfuerzo a torsión es la resistencia que opone el material hacer girado o retorcido sobre su mismo eje, el cual es provocado en el instante en el que se aplican dos momentos de igual magnitud y dirección contraria en los extremos del cuerpo, que provocan como resultante par de torsión. (Norton R., 2011)

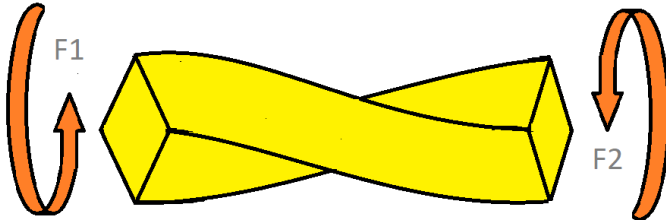


Figura 5. Esfuerzo a tracción. Representación gráfica del comportamiento de los momentos que actúan sobre un elemento y tienden hacerlo torcer de manera helicoidal. Elaboración propia.

Para hallar el esfuerzo de torsión se hace necesario despejarlo de la fórmula de un ángulo de giro de una barra sólida.

$$\theta = \frac{T * l}{G * J} \quad (1)$$

Donde T= par torsor, L= longitud, G=módulo de rigidez, y J= momento polar del área

7.5.2. Teorías de falla. La teoría establece la falla por la deformación plástica o ruptura de una pieza, cuando está sometida a diferentes esfuerzos, esto implica que las cargas que actúan sobre un material sobrepasan el esfuerzo último a la tensión (S_{ut}), ocasionando la falla del elemento. (Norton R., 2011)

La teoría de falla es utilizada para establecer un factor de seguridad en el diseño y construcción de mecanismos, estructuras, piezas y demás elementos en los que se generan algún tipo de esfuerzo, esto depende del criterio y propósito que persiga el diseñador.

No existe una teoría de falla en particular para cada material, en cambio, a través del tiempo y de los avances adelantados en torno a los materiales, se han generado diferentes hipótesis que hasta la actualidad son las más utilizadas por los diseñadores e ingenieros, las teorías más conocidas son, teoría de Morh modificado, ED- Goodman, ED-Gerber, ED-ASME elíptica, ED-Soderberg, entre otras. (Budynas R. y Nisbett J., 2008).

Observando las anteriores teorías, se realizara en el diseño del recurso educativo, la valoración obtenida de la teoría de falla conservadora ED- Goodman modificado para el cálculo del factor de seguridad de los elementos, dado que la falla conservadora, proporciona mayor confiabilidad y reduce riesgos de posibles fracturas.

7.5.3. Transmisión de movimiento. Una transmisión mecánica hace referencia a un mecanismo encargado de transmitir potencia casi siempre a través de elementos rotantes. Para lograr un intercambio de energía, se utilizan cuerpos sólidos como poleas y otros elementos. Gracias a ello, se cuenta con una gran diversidad de dichos sistemas, atendiendo los requerimientos, características o trabajos que se deseen realizar. A partir de esto, se determina el tipo de sistema de transmisión que mejor se acomode a aquellos requerimientos. Entre los diferentes sistemas de transmisión de movimiento, existen tres grandes grupos que son, mecanismos de transmisión circular, mecanismos de transmisión lineal y mecanismos de transmisión de transformación de movimiento.

7.5.3.1. Los mecanismos de transmisión lineal. Sirven para realizar modificaciones en cuanto a la fuerza o la velocidad dependiendo de la necesidad, sin cambiar el tipo de movimiento. Los más conocidos son:

6.5.3.1.1. Palanca. Es una máquina simple que está conformada por una barra rígida que descansa sobre un punto de apoyo, en la cual se aplica una fuerza la cual debe sobrepasar una carga o resistencia. Se pueden clasificar en palanca de primer grado, palanca de segundo grado y palanca de tercer grado. (Cristi I., 2003)

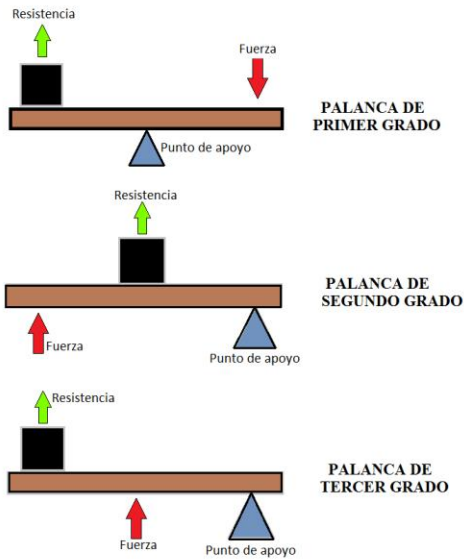


Figura 6. Palancas. Representación gráfica de la manera cómo actúan las fuerzas en las palancas de primer, segundo y tercer grado. Elaboración propia.

7.5.3.1.2. *Polea.* Es un mecanismo que permite levantar peso o transmitir una fuerza de manera fácil, su geometría es circular y gira alrededor de un eje, esta se encuentra suspendida y cuenta con un canal que permite el paso de una cuerda o cable. (Cristi I., 2003)

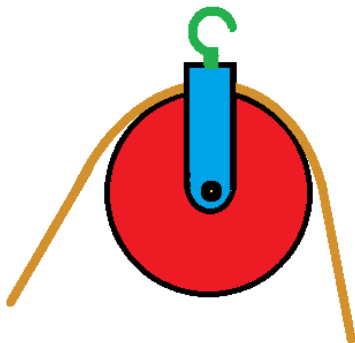


Figura 7. Polea. Representación gráfica de una polea. Elaboración propia.

7.5.3.1.3. *Polea simple fija.* Este tipo de polea no tiene ninguna ventaja mecánica, puesto que al utilizarla se requiere la misma fuerza que se aplicaría sin ella, sin embargo, permite dar una mejor dirección a la fuerza que se emplea. (Cristi I., 2003)

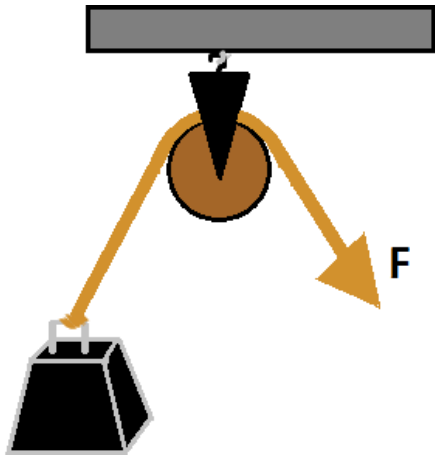


Figura 8. Polea fija. Representación gráfica de una polea simple fija. Elaboración propia.

7.5.3.1.4. *Polea móvil.* En este tipo de polea, si encontramos ventajas mecánicas, para ello se debe hacer uso de dos poleas en donde una se encuentra sujeta a la viga y la otra debe sujetar el objeto y como resultado de ello la fuerza que se requiere para levantar la carga se reduce a la mitad, para lograr esta reducción es necesario tener en cuenta que la longitud de la cuerda debe ser el doble de la altura a la que se desea elevar la carga. (Cristi I., 2003)

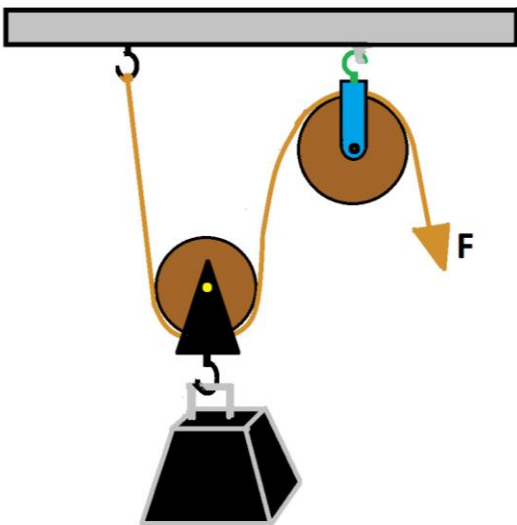


Figura 9. Polea móvil. Representación gráfica de la distribución de las poleas para formar una polea móvil. Elaboración propia.

7.5.3.1.5. *Polipastos.* Es un conjunto de poleas fijas y móviles que permiten levantar grandes cargas, con una mínima cantidad de fuerza, este conjunto se encuentra conformado por

dos o más poleas, dentro de este grupo encontramos el aparejo factorial y el aparejo potencial.

(Cristi I., 2003)

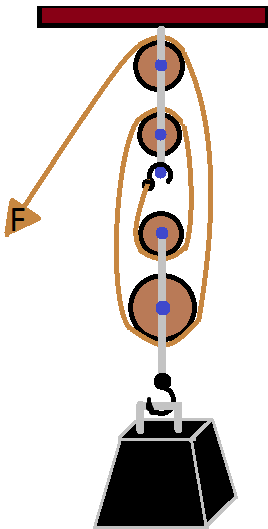


Figura 10. Polipastos. Representación gráfica de una de las opciones de cómo puede ir instaladas las poleas fijas y móviles en un polipasto o aparejo. Elaboración propia.

7.5.3.2. Mecanismos de transmisión circular. Generalmente es el más utilizado en las máquinas, estos mecanismos reciben el movimiento circular a través del eje de un motor o de forma manual, transmitiéndolo a un eje receptor y se utiliza principalmente para aumentar o disminuir la velocidad o el torque de entrada al sistema. Encontramos una gran variedad de estos elementos que se describirán a continuación.

7.5.3.2.1. Ruedas de fricción. Este sistema consiste en el contacto directo de los perímetros de dos ruedas, para transmitir movimiento entre ellas mediante la fricción y se encuentran acopladas a un árbol o flecha que permite modificar las particularidades del sentido de giro, velocidad y torque. Estos sistemas se usan normalmente para transmitir bajas potencias debido a que no soportan grandes esfuerzos. Existen diferentes tipos de ruedas de fricción y se utilizan de acuerdo a las necesidades del diseñador, estas son, ruedas de fricción exterior, ruedas de fricción interior y ruedas de fricción troncocónicas. (Landín P., 2016)

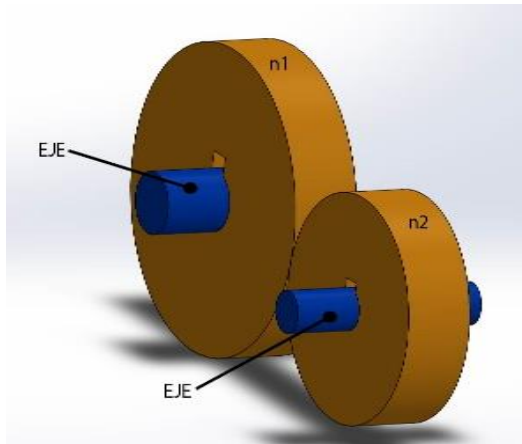


Figura 11. Ruedas de fricción. Elaboración propia.

7.5.3.2.2. *Tornillo sinfín.* Este sistema sirve para transmitir movimiento en ejes perpendiculares, está formado por un solo diente tallado con forma de hélice, se caracteriza por tener un alto rozamiento lo que genera problemas de calentamiento, funciona de manera silenciosa y con pocas cargas de impacto. Generalmente se fabrican en aceros AISI1020, 1117, 8620 o 4320 endurecidos por el proceso de cementado, templado y rectificado, la rueda dentada debe fabricarse en un material blando y de alto deslizamiento normalmente bronce. En el caso de necesitar una carga ligera se puede utilizar hierro fundido, acero dúctil y plástico, se requiere de una lubricación permanente para que haya un efectivo deslizamiento. (Norton R., 2011)

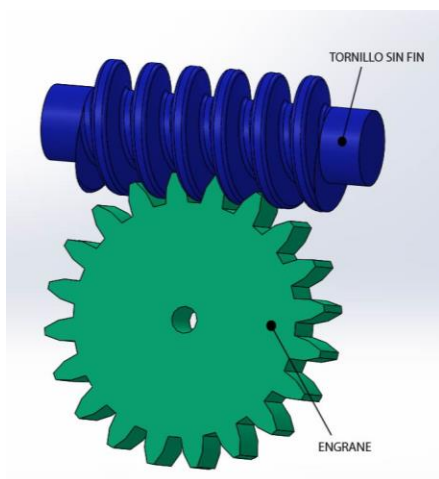


Figura 12. Tornillo sinfín. Elaboración propia.

7.5.3.2.3. *Poleas -correas*. Este sistema es implementado para transmitir potencia mecánica a distancias grandes entre los ejes, transmitiendo velocidad y torque, a través del uso de dos poleas que se encuentran en contacto con una misma correa o banda, la cual, absorbe cargas de choque y amortigua las vibraciones, por su elasticidad y gran longitud, algunas de estas están fabricadas en nylon, alambres de acero, algodón, rayón y están recubiertas de caucho o hule, permitiendo una alta resistencia al esfuerzo a tracción o tensión, estas se encuentran clasificadas por su geometría, permitiendo determinar su eficiencia de acuerdo al trabajo a realizar, las cuales son, correa plana, redonda, trapecial o en V, V con ángulo doble y Síncrona o reguladora. (Shigley J. y Mischeke C., 1990)

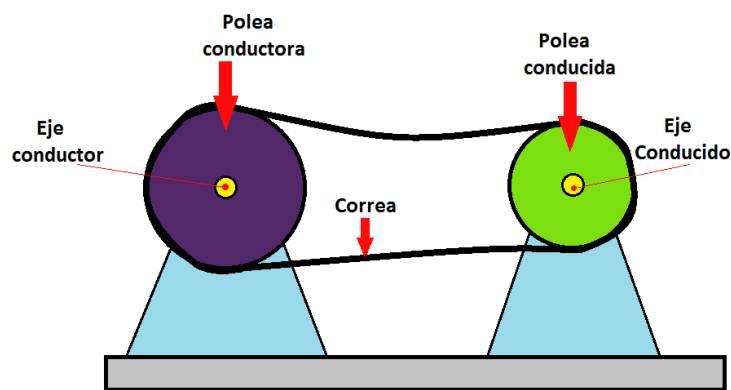


Figura 13. Polea-correa. Representación gráfica del funcionamiento de un sistema de transmisión por polea – correa. Elaboración propia.

7.5.3.2.4. *Cadenas*. Las cadenas se caracterizan por ser elementos de transmisión flexibles que trabajan transfiriendo fuerzas a tensión y se encuentran formadas por eslabones que se unen con pernos. Cuando éste elemento va transmitir debe ir acoplado a una rueda dentada llamada Catarina o sprocket, este sistema se puede aplicar cuando hay distancias cortas o demasiado largas entre los centros de las flechas, como para utilizar poleas y engranajes (Mott R., 2006).

Según (Shigley J. y Mischeke C., 1990) las ventajas que se presentan al implementar las cadenas en un mecanismo de transmisión de movimiento son las siguientes:

- No hay deslizamiento entre las piezas (Catarina-cadena).
- Larga vida útil.
- Permite el movimiento de las flechas utilizando la misma fuente de potencia.
- Fácil mantenimiento en caso de daño en los eslabones.

A pesar de tener ventajas importantes, también se puede detectar algunos inconvenientes que limitan su uso:

- Su costo es más elevado que las poleas o engranajes.
- Necesita lubricación constante.
- Solo puede utilizarse este sistema cuando los ejes son paralelos y las catarinas deben encontrarse en el mismo plano.
- Los ejes deben estar ubicados horizontalmente para evitar el uso de soportes para la cadena.

Existen diversos tipos de cadenas en el mercado, sin embargo, la más manejada es la de rodillos y las podemos encontrar en diferentes ámbitos de la industria como la aviación, equipos de perforación de petróleo, equipos de perforación para plataformas marinas, transporte y demás. Para elegir una cadena adecuada se debe tener en cuenta una serie de variables como la potencia que se debe transmitir, distancia entre ejes, velocidad, factor de servicio, temperatura, suciedad etc. (Rojas J., 2013)

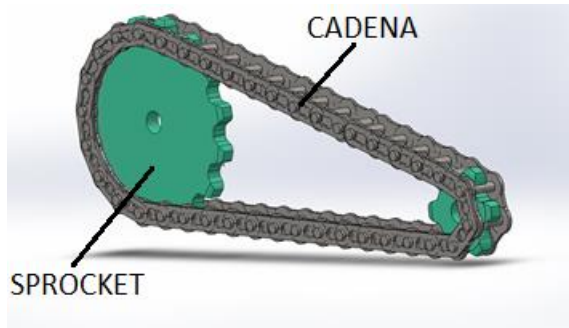


Figura 14. Cadenas. Representación gráfica del funcionamiento de un sistema de transmisión por cadena. Elaboración propia.

7.5.3.2.5. *Árboles y ejes.* Los árboles y ejes son diseñados para soportar la carga de piezas o ruedas que se encuentran girando alrededor de él, sin transmitir una potencia o par torsor. De igual manera, cuando un mecanismo está compuesto por un árbol o flecha se analiza teniendo en cuenta la carga por fatiga cíclica, torsión y flexión, puesto que son elementos rotatorios que giran solidariamente con los operadores mecánicos que lo conforman, transmitiendo potencia, velocidad y torque. Las cargas se pueden presentar de dos maneras como lo son: constantes (uniformes) y fluctuantes (Varían con el tiempo), transformando sus esfuerzos que pueden encontrarse a tensión o a compresión. (Budynas R. y Nisbett J., 2008).

7.5.3.2.5.1. *Análisis de esfuerzos en las flechas o árboles.* En primera instancia para calcular y diseñar un árbol se deben conocer las fuerzas aplicadas en las piezas mecánicas que se encuentran apoyadas sobre él, puesto que, estas fuerzas generan esfuerzos que son transmitidos al árbol o eje. (Norton R., 2011).

Para iniciar con este proceso, es necesario combinar los esfuerzos alternantes (fluctuantes) de torsión y flexión como se muestra en la tabla 2, posteriormente, también los esfuerzos medios (constantes) de torsión y flexión se integran como se muestra en la tabla 2, facilitando el hallazgo de los momentos flexionantes y pares de torsión (Budynas R. y Nisbett J., 2008).

Tabla 2:

Combinación tanto de de los esfuerzos por flexión alternantes y constantes como los cortantes en la sección.

Alternantes

Constante

$$\sigma_a = K_f \frac{M_a c}{I}$$

$$\sigma_m = K_f \frac{M_m c}{I} \quad (6)$$

$$\tau_a = K_{fs} \frac{T_a c}{J}$$

$$\tau_m = K_{fs} \frac{T_m c}{J} \quad (7)$$

Nota. Cuadro de ecuaciones de las combinaciones de los esfuerzos alternantes y constantes de flexión y torsión. Tomado de (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

Donde se utiliza las ecuaciones de los alternantes cuando hay oscilaciones e interrupciones en el giro del eje siendo:

K_f y K_{fs} = factor de concentración del esfuerzo de flexión

M_a = momentos alternantes

I = momento de inercia

C = Distancia del centroide a la fibra más externa

T_a = Pares de torsión o torque alternante

J = Momento polar de inercia

Ahora, si no existen oscilaciones o fluctuaciones en el giro del eje se utilizan las ecuaciones de esfuerzos medios, donde:

M_m = Momento flexionante medio

T_m = Torque medio

Al obtener el resultado de estas ecuaciones se puede proceder a utilizar la teoría de falla por distorsión, en la que se unen los esfuerzos alternantes (σ'_a) de torsión y flexión, de igual manera ocurre con los esfuerzos medios (σ'_m) de flexión y torsión (Budynas R. y Nisbett J., 2008).

$$\sigma'_a = (\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)^{1/2} \quad (8)$$

$$\sigma'_m = (\sigma_m^2 + 3\tau_m^2)^{1/2} \quad (9)$$

Posteriormente de hallar los esfuerzos medios y alternantes, se procede a calcular el factor de seguridad haciendo uso de la teoría de falla por fatiga Goodman modificado, con la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}} \quad (10)$$

Dónde:

n =Factor de seguridad

S_e =Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica

S_{ut} =Esfuerzo ultimo a la tensión

Para resolver la teoría de falla de Goodman modificado hace falta determinar el límite de resistencia a la fatiga S_e el cual se encuentra compuesto por una serie de factores como los son: factor de modificación de la condición superficial (K_a), factor de modificación de tamaño (K_b), factor de modificación de la carga (K_c), factor de modificación de la temperatura (K_d), factor de confiabilidad (K_e), factor de modificación de efectos varios (K_f) y límite de resistencia a la fatiga en vigas rotatorias (S'_e), los cuales permiten evaluar la rugosidad de la pieza, las dimensiones de la sección transversal, esfuerzo al que se encuentre sometido, la resistencia a la

variación de temperatura, el límite de resistencia fatiga y mejoramiento de estos. Todos estos parámetros nos permiten calcular la siguiente ecuación:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_f * S'_e \quad (11)$$

Usando las ecuaciones 3 y 4 de los esfuerzos ya mencionados se sustituyen en la ecuación 5, dando como resultado la siguiente:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \quad (12)$$

Para llegar a dicha ecuación fue necesario realizar el siguiente procedimiento

$$\frac{1}{n} = \frac{(\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)^{1/2}}{S_e} + \frac{(\sigma_m^2 + 3\tau_m^2)^{1/2}}{S_{ut}}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{\left(\left(K_f \frac{M_a c}{I} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{T_a c}{J} \right)^2 \right)^{1/2}}{S_e} + \frac{\left(\left(K_f \frac{M_m c}{I} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{T_m c}{J} \right)^2 \right)^{1/2}}{S_{ut}}$$

Si se asume que el eje a calcular tiene una sección circular los términos c, I y J pueden ser sustituidas de la siguiente manera:

$$\frac{1}{n} = \frac{\left(\left(K_f \frac{32M_a}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{16T_a}{\pi d^3} \right)^2 \right)^{1/2}}{S_e} + \frac{\left(\left(K_f \frac{32M_m}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{16T_m}{\pi d^3} \right)^2 \right)^{1/2}}{S_{ut}}$$

Si se requiere hacer despeje del diámetro de la ecuación 7 se tendría:

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3} \quad (13)$$

Gracias a esto, se puede proceder a verificar si el diámetro del eje se encuentra estandarizado, de lo contrario se realiza una aproximación a un valor por encima a este y se procederá a realizar un recalcu del factor de seguridad.

7.5.3.2.6. *Engranajes*. Conjunto de dos o más ruedas que encajan entre sí y permiten transmitir movimiento rotacional y potencia entre árboles o flechas, mediante un par torsor y una velocidad angular.

El sistema de transmisión de engranajes se compone de una rueda dentada que se encuentra acoplada a una fuente de energía y recibe el nombre de engrane motor, motriz o conductor; a su vez, la rueda que obtiene el movimiento se conoce como engrane conducido. Generalmente, cuando se habla de piñón, se hace referencia a la rueda dentada más pequeña del sistema y como engrane a la rueda dentada de mayor diámetro, cuando se encuentran acoplados más de dos engranes esto se denomina tren de engranajes. Un aspecto fundamental a tener en cuenta en el funcionamiento de un sistema de engranajes, es el punto de contacto que hay entre el piñón y el engrane, el cual ocurre en el diámetro de paso o diámetro primitivo como se muestra en la figura 15 (Norton R., 2011).

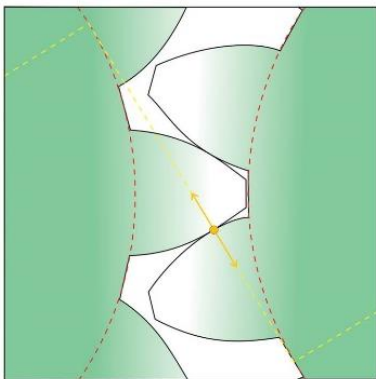


Figura 15. Punto de contacto. Representación gráfica del punto de contacto entre un piñón y un engrane. Elaboración propia.

Para que un tren de engranajes funcione correctamente, debe existir lo que se conoce como una relación de velocidades o relación de transmisión, que se refiere básicamente a la velocidad de entrada y velocidad de salida que hay en un sistema, teniendo en cuenta que la cantidad de giros que realiza el piñón y el engrane debe ser proporcional al número de dientes que posee cada uno de ellos, como se muestra en la figura 15; de acuerdo a dicha relación, las potencias de entrada y de salida son inversas a las velocidades de entrada y de salida, es decir, existe un intercambio donde se puede reducir la velocidad y aumentar el torque (par torsor) o viceversa (Gómez G., 2014).

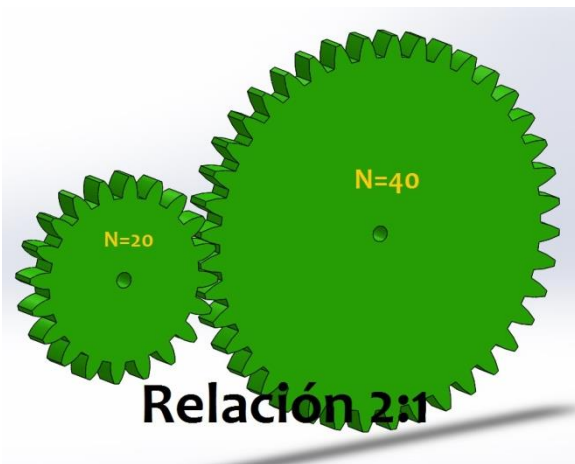


Figura 16. Relación de transmisión. Representación gráfica de la relación de velocidades. Elaboración propia.

La AGMA (American Gear Manufacturers Association) ha elaborado normas para la manufactura de engranajes, las cuales rigen la estandarización de la forma y tamaño de los dientes cumpliendo con la ley fundamental de los engranajes, que consiste en evitar el deslizamiento extraordinario entre la evolvente de los dientes, asegurando que el punto de contacto siempre sea el mismo, es decir, donde los dientes son tangentes entre sí para evitar algún tipo de interferencia (Shigley J. y Mischeke C., 1990).

Los materiales más utilizados en los piñones o ruedas dentadas más pequeñas, generalmente son aceros endurecidos, mientras que para el engrane o rueda dentada de mayor diámetro, existe en la actualidad diversos materiales que se pueden emplear para su fabricación, dependiendo la necesidad del diseñador (Gómez G., 2014).

Los procesos de fabricación convencionales para el maquinado de los dientes de los engranajes son; fresados, cepillado o formado con sinfín. Otros procesos no convencionales podrían ser; colado en arena, molde en casco o cascarón, fundición de revestimiento, colado en molde permanente, colados en matriz, fundición centrifugada, metalurgia y extrusión (Shigley J. y Mischeke C., 1990).

Como lo explica (Gómez G., 2014), para que un engranaje opere de manera eficaz no depende únicamente del trabajo que esté desempeñando, sino también de su lubricación, la cual tiene las siguientes funciones:

- **Lubricación;** Los esfuerzos que se generan en los dientes de los engranajes cuando transmiten potencia, se concentran en un área muy pequeña y las fuerzas que actúan allí son muy grandes, si hay un contacto directo entre los dientes de los engranajes la fricción ocasionará un desgaste que producirá una falla entre estos. Para evitar tales consecuencias, es necesario el uso de un lubricante, para que reduzca la fricción evitando el contacto directo entre los dientes, al formar una película muy delgada que los mantiene separados.
- **Refrigeración;** el lubricante funciona como refrigerante ya que disminuye el calor que se genera a medida que el sistema se encuentra en funcionamiento.
- **Protección;** para evitar la corrosión del material.

- Limpieza; Los deshechos formados por el contacto entre los dientes debe ser eliminado y el lubricante realiza esta función de limpieza.

7.5.3.2.6.1. *Nomenclatura.* Hace referencia a la terminología empleada para el análisis y diseño de los engranajes, en la figura 17 se muestra la nomenclatura estandarizada utilizada para estos sistemas de transmisión. Se realizará una descripción de las partes fundamentales que componen un engranaje.

- **Círculo de paso o diámetro primitivo.** Hace referencia a una circunferencia de construcción que sirve como guía para elaborar los parámetros principales que componen un engranaje. En este círculo se da el contacto entre los dientes del engrane y del piñón, es decir, el punto de contacto en el cual se aplica una fuerza tangencial (Norton R., 2011).

$$Dp = M * N \quad (14)$$

- **Paso circular.** Es la distancia que existe entre el punto de un diente, hasta el mismo punto del diente adyacente, es decir, la suma del espesor del diente más el ancho de espacio que hay entre dientes, estas distancias se toman únicamente sobre el círculo de paso (Mott R., 2006).

$$P = M * \pi \quad (15)$$

- **Módulo.** Es primordial para el diseño de un engranaje, puesto que determina el tamaño de los dientes y representa la reciprocidad entre el círculo de paso o diámetro primitivo y el número de dientes (Budynas R. y Nisbett J., 2008).

Las ecuaciones frecuentes para hallar el módulo son:

$$M = \frac{De}{N+2} \quad \text{o} \quad M = \frac{P}{3.1416} \quad \text{o} \quad M = \frac{Dp}{N} \quad (16)$$

- Cabeza del diente o adéndum. Es la distancia que existe entre el diámetro primitivo y la cresta o diámetro exterior del diente (Casillas A. L. , 1966).

$$L = M \quad (17)$$

- Raíz o dedéndum. Es la distancia que existe entre el diámetro primitivo hasta el diámetro interior (Norton R., 2011).

$$l = 1.167 * M \quad (2)$$

- Altura del diente. Es la suma entre el adéndum y dedéndum.

$$h = 2.167 * M \quad (3)$$

- Holgura o juego. Es el espacio que queda libre cuando engranan un par de dientes, este juego es necesario para que el sistema pueda ser lubricado, tenga libertad de expandirse al incrementar la temperatura y para permitir una cierta deformación que se genera en los dientes (Norton R., 2011).

$$J = 0.166 * M \quad (20)$$

- Espesor del diente. Es la distancia del ancho del diente, tomada desde el diámetro primitivo o circulo de paso (Budynas R. y Nisbett J., 2008).

$$e = \frac{P}{2} = M * 1.5708 \quad (21)$$

- Angulo de presión. Es el ángulo que se forma en el punto de contacto al aplicar una fuerza tangencial, este se encuentra estandarizado de acuerdo al número de dientes que posee el engrane (Norton R., 2011).
- Diámetro exterior. Es la circunferencia más externa que tiene el engranaje (Casillas A. L. , 1966).

$$De = Dp + 2M \text{ o } De = M * (N + 2) \quad (22)$$

- Diámetro interior o Diámetro de raíz. Es una circunferencia que limita con la raíz del diente (Casillas A. L. , 1966).

$$Di = Dp - (2 * 1) \quad (23)$$

- Flanco. Es la distancia que hay en la cara lateral del diente a lo largo del diámetro primitivo, donde se da el rozamiento entre dientes (Norton R., 2011).

$$F = \frac{Dp}{(8 \text{ a } 16)} \quad (24)$$

- Distancia entre centros. Es la suma de los radios primitivo de los engranajes, esta distancia está dada desde el centro de cada engrane o piñón (Casillas A. L. , 1966).

$$A = \frac{Dp + dp}{2} = \frac{N + n}{2} \quad (4)$$

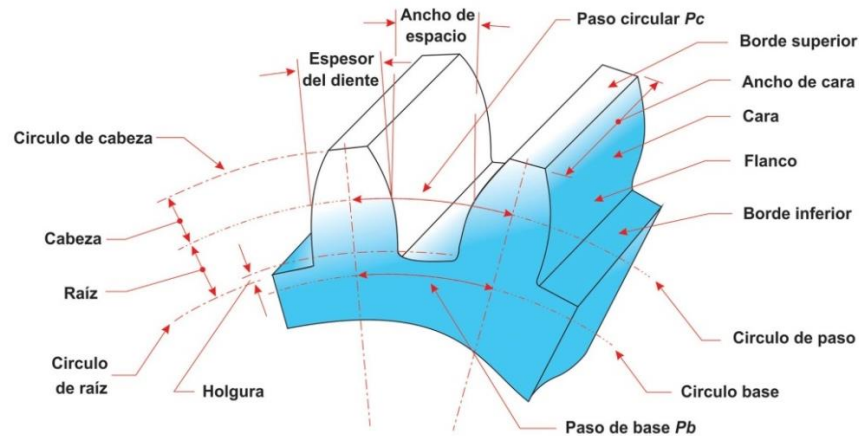


Figura 17. Nomenclatura. Representación gráfica de dos dientes de un engrane recto. Elaboración propia.

7.5.3.2.6.2. *Tipos de engranajes.* De acuerdo a la disposición y rotación que exista en los ejes, se generan criterios para clasificar y seleccionar los engranajes, los que podemos encontrar son los siguientes.

7.5.3.2.6.3.1. *Engranajes rectos.* Son los más sencillos de conseguir en la industria, si tenemos un mecanismo con árboles paralelos, los dientes deben

(5)

estar dispuestos de la misma forma, es decir, deben girar en el mismo sentido del eje. Como ley fundamental de los engranajes, se debe tener en cuenta que no se puede superar la fricción máxima entre los dientes, debido a que esto provocaría un deslizamiento que ocasionaría una ruptura. Otro aspecto que afecta el funcionamiento de un sistema de engranajes tiene que ver con las relaciones de transmisión que existe entre ellos, puesto que siempre deben ser constantes las velocidades de rotación, en donde uno ejerce la fuerza sobre el otro, está razón de contacto debe ser siempre positiva, donde el valor mínimo requerido para que no haya vibraciones ni oscilaciones es de 1,2 (Norton R., 2011). La ecuación que representa las relaciones de velocidades (i) es la siguiente:

$$i = \frac{\omega_{salida}}{\omega_{entrada}} = \frac{r_{entrada}}{r_{salida}}$$

Dónde: ω = velocidad angular r = radio de paso.

En algunas ocasiones para lograr una relación de transmisión deseada, se requiere, no solamente el uso de dos engranajes. En su lugar, se debe recurrir al uso de un tren de engranajes, el cual consiste básicamente, en el conjunto de más dos engranajes debidamente acoplados (Shigley J. y Mischeke C., 1990). Existen distintos tipos de trenes de engranajes los cuales son:

- Tren de engranaje simple. Hace referencia al sistema en el cual cada flecha o árbol sostiene máximo un engranaje (Mott R., 2006). La razón de velocidad se halla en la ecuación 22 y figura 18.

$$mv = \left(-\frac{N_2}{N_3}\right) \left(-\frac{N_3}{N_4}\right) \left(-\frac{N_4}{N_5}\right) = \frac{N_2}{N_5} \quad (6)$$

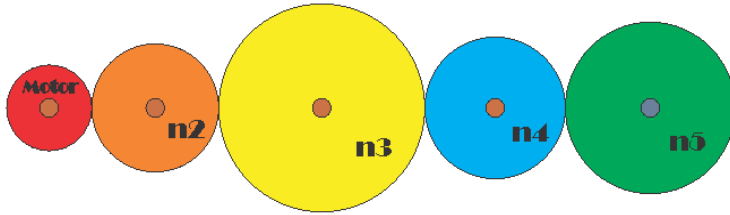


Figura 18. Tren de engranajes simple. Representación gráfica de un tren de engranajes simple. Elaboración propia.

- Tren de engranaje compuesto. En este grupo existen dos tipos, los cuales son compuestos y compuestos revertidos. Estos son utilizados cuando al menos una de las flechas o árboles tiene más de un engranaje recto, en el caso de los revertidos ocurre un cambio de giro donde el engranaje de salida tiene un sentido diferente al de entrada (Norton R., 2011). Como se muestra en la figura 19, se puede observar gráficamente la composición de un tren de engranaje compuesto de tres flechas. La ecuación que se requiere para hallar la razón de velocidad angular la siguiente.

$$mv = \left(-\frac{N_2}{N_3}\right)\left(-\frac{N_4}{N_5}\right) \quad (7)$$

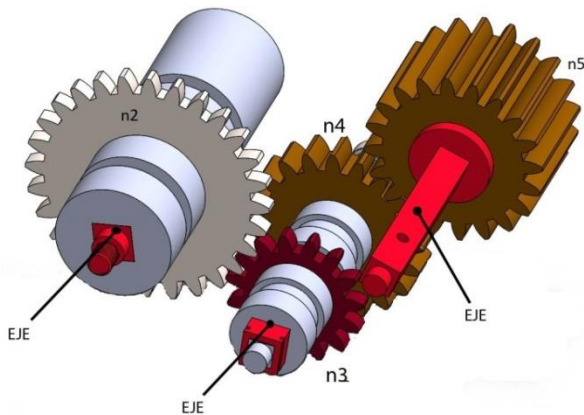


Figura 19. Tren de engranajes compuesto. Representación gráfica de un tren de engranajes compuesto. Elaboración propia.

- Tren de engranajes epicíclicos o planetarios. Este tipo de tren de engranaje permite que haya dos tipos de giro, como lo son, girar en su propio eje y girar con respecto al engranaje planetario (Mott R., 2006), en la figura 20 podrá observar la composición de un tren de engranaje epicíclico.

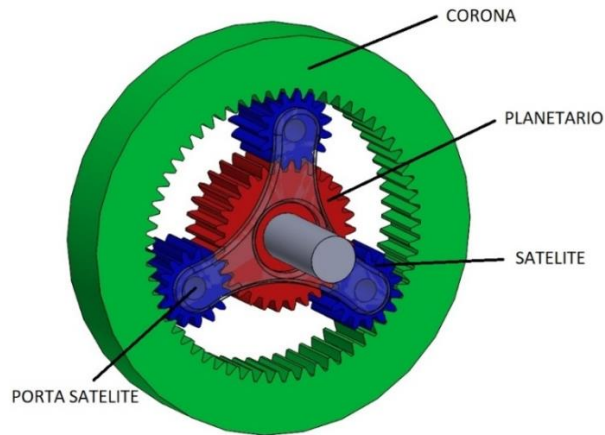


Figura 20. Tren de engranajes epicíclicos. Representación gráfica de un tren de engranajes epicíclico o planetario. Elaboración propia.

Para poder llevar a cabo el diseño y fabricación de estos elementos de transmisión, en el mercado encontramos diversos métodos, sin embargo, es posible dividirlos en dos grandes grupos, como son maquinado y conformación.

Maquinado: Este proceso se encarga de hacer el desbaste y acabado de piezas metálicas generalmente, el proceso de desbaste se realiza a través de un fresado en donde la herramienta de corte contiene el espacio entre los dientes y los acabados se realizan mediante procesos de cepillado, rectificado, bruñido, pulido y rectificado.

Conformación: este método hace referencia a las fundiciones o pulvimetalurgia, donde, se forman todos los dientes de los engranajes al mismo tiempo usando un molde, el cual es construido mediante maquinado.

Para fabricar un engranaje recto, existen ciertos parámetros que no pueden dejarse de lado y con el fin de facilitar este proceso se ha estandarizado el ángulo de presión y el módulo. El ángulo de presión y módulo de dos engranajes que están en contacto siempre deben ser los mismos, por esta razón, en la actualidad los fabricantes de engranajes normalizaron estos ángulos variando de $14,5^\circ$, 20° y 25° . A partir de estas variaciones, se aumenta o disminuye la resistencia de los dientes, la interferencia y las fuerzas ejercidas sobre el árbol.

7.5.3.2.6.4. Análisis de fuerzas. No obstante, antes de fabricar una pieza mecánica se deben realizar los respectivos cálculos que permitan evidenciar las fuerzas a las cuales está sometido el elemento, en el caso de los engranajes rectos, se deben analizar las cargas que actúan sobre los dientes de los engranes. Para llevar a cabo este proceso, se debe descartar la fricción que hay entre los dientes de los engranajes. En el punto de contacto entre los engranajes, también encontramos el ángulo de presión y la aplicación de la fuerza W , la cual es transmitida por los dientes de los engranajes, esta fuerza se puede descomponer en una fuerza radial (W_r) y en una fuerza tangencial (W_t), siendo la tangencial la más importante, ya que permite la transferencia del torque de un engrane a otro. Entonces tenemos:

$$T = F * d \quad (8)$$

Dónde: T = torque,

F = fuerza tangencial

d = radio primitivo

$$W_t = F = \frac{T}{d} \quad (30)$$

De igual manera si se desea hallar la W_r , es necesario encontrar la fuerza resultante (W) de la siguiente forma y a su vez para determinar el valor de W_r se debe resolver la ecuación 27.

$$W = \frac{W_t}{\sin \theta} \quad (31)$$

Dónde: W =fuerza total o resultante

W_t = Fuerza tangencial

θ = Ángulo de presión.

$$W_r = W * \cos \theta \quad (32)$$

Al obtener los resultados de las fuerzas, posteriormente se podrá dar paso al cálculo de los esfuerzos, que servirán para especificar el material, las dimensiones del engranaje y el factor de diseño.

Ahora, para calcular los esfuerzos a los que se encuentra sujeto el engranaje, se debe tener en cuenta que los dientes del engrane están sometidos a dos tipos de esfuerzos, como lo son: fractura por fatiga (esfuerzo a flexión) y fatiga superficial, sin embargo, generalmente se halla el esfuerzo de flexión, debido a que este permite determinar en qué punto ocurre la deformación en el engranaje, facilitando sus posibles modificaciones para evitar una falla por fatiga. En cambio, la fatiga superficial no se puede calcular debido a que es un desgaste natural e inevitable que se produce cada vez que hay contacto o choque entre los dientes del engranaje (Norton R., 2011).

Para realizar el cálculo de esfuerzo a flexión se utilizara la ecuación dada por AGMA, tomando en cuenta los factores adicionales de diseño que en la ecuación inicial de Lewis no se consideraron, a continuación se mostrara la ecuación de acuerdo al sistema inglés e internacional:

$$\sigma_b = \frac{W_t P_d}{F * J} * \frac{K_a K_m}{K_v} * K_s K_B K_I \quad (33)$$

$$\sigma_b = \frac{W_t}{F_m * J} * \frac{K_a K_m}{K_v} * K_s K_B K_I \quad (34)$$

Existe una ligera variación en la ecuación de un sistema a otro, debido a la relación recíproca que existe entre el modulo y el paso diametral. Los elementos agregados a la ecuación de AGMA son, el factor geométrico J, y los diferentes factores de K. estos se modifican de acuerdo a las condiciones de diseño y el ambiente al cual se someterá el engrane (Budynas R. y Nisbett J., 2008). La manera como se hallan estos factores según (Norton R., 2011), es:

- Factor del ancho de la cara (F). El modo práctico sugerido por AGMA, es calcular el ancho de la cara entre el rango de la siguiente ecuación:

$$\frac{8}{P_d} < F < \frac{16}{P_d}, \text{ aconsejando de mono general que se utilizó un factor de: } 12/P_d.$$

- factor geométrico (J). Es un factor que determina la resistencia a la flexión que ocurre en los engranajes y se calcula en base a los algoritmos complejos dados por AGMA 908-B89 como se puede observar en las tablas de la 8-8 a la 8-15 del libro (Norton R., 2011). Este estándar, proporciona valores del factor de J, para diferentes tipos de dientes y diferentes profundidad, los cuales varían de acuerdo al número de dientes que posee el piñón (P) y el engrane (Q).
- Factor dinámico Kv. Es el encargado de las vibraciones que ocurren internamente entre el choque de los dientes entre engranajes, éste, también es conocida como error de transmisión, puesto que, hay ausencia de datos que permitan definir la cantidad del error de transmisión. Para esto se utiliza la figura 8-22 del libro de (Norton R., 2011), la cual contiene curvas empíricas Kv en base a la velocidad en línea de paso Vt. Estas curvas varían en base al índice de calidad de fabricación Qv del engranaje.

Las ecuaciones 30 y 31, están diseñadas para encontrar el factor dinámico Kv en el sistema inglés e internacional respectivamente, donde Vt es la velocidad en la línea de paso de los engranajes.

$$K_v = \left(\frac{A}{A + \sqrt{V_t}} \right) \quad (35)$$

$$K_v = \left(\frac{A}{A + \sqrt{200V_t}} \right) \quad (9)$$

Los factores A y B son definidos como:

$$A = 50 + 56(1 - B) \quad (37)$$

$$B = \frac{(12 - Q_v)^{2/3}}{4} \text{ para } 6 \leq Q_v \leq 11$$

- Factor de distribución de carga (K_m). Este factor de distribución se tiene en cuenta debido a las desalineaciones o desviaciones axiales que actúan frente al ancho de contacto en los dientes de los engranajes, es por esto que se aplica el factor K_m de una forma conservadora y aproximada para tomar en cuenta esta desalineación teniendo en cuenta la tabla 3 se muestran algunos valores para K_m dependiendo del ancho de cara.

Tabla 3:*Factor de distribución de carga*

Ancho de cara		K_m
in	mm	
<2	(50)	1.6
6	(150)	1.7
9	(250)	1.8
≥20	(500)	2.0

Nota. Cuadro de características que permiten determinar el factor de distribución de carga. Tomado de (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

- Factor de aplicación (K_a). Este factor de aplicación se tiene en cuenta debido a las fuerzas y torques a las que pondrá trabajar el mecanismo, debido a que hay trabajos en los que las fuerzas y torque se encontraran en constante cambio durante su operación, generando aumentos de las cargas que soportaran los dientes de los engranajes. Es por esto, que se aplica el factor K_a , para aumentar las cargas en los dientes de los engranajes, basándose en el “grado de choque” en el que se encontrara trabajando la máquina. En la tabla 4 se encuentran valores dados por AGMA para este factor.

Tabla 4:

Factor de aplicación

Maquina impulsora	Maquina impulsada		
	Uniforme	Impacto moderado	Impacto fuerte
Uniforme (motor eléctrico, turbina)	1.00	1.25	1.75 o mayor
Impacto suave (motor de varios de cilindros)	1.25	1.50	2.00 o mayor
Impacto medio (motor de un solo cilindro)	1.50	1.75	2.25 o mayor

Nota. Cuadro de características que permiten determinar el factor de aplicación. Tomado de (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

- Factor de tamaño (K_s) Este factor permite modificar los esfuerzos sufridos por los dientes de los engranes al momento de trabajar, AGMA no ha establecido una serie de datos estándar para tener en cuenta sobre los factores de tamaño en los engranajes. Pero hace una recomendación de factor de hacer K_s igual a 1; a menos, que el diseñador desee tomar situaciones adicionales como el mecanizado de engranes, tamaño de dientes, entre otras. Para casos como los anteriores AGMA recomienda que el factor de tamaño K_s este entre los valores de 1.2 y 1.5.
- Factor de espesor del aro (K_B). Este factor se introdujo para prevenir fallas en los diseños de engranajes de diámetros grandes, donde, es necesario el uso de aros o brazos radiales, estos diseño tienen más probabilidades de producir una falla en el espesor del aro en vez de fallar en la profundidad del diente. AGMA define un m_B como razón de respaldo:

$$m_B = \frac{t_R}{h_t} \quad (39)$$

Donde h_t es la altura total del diente y t_R , es el espesor del aro desde la raíz del diente hasta el diámetro interno del aro. Esta razón de respaldo es utilizada en la ecuación 35,

para determinar a K_B , pero no se recomiendan razones de respaldo que sean menores a 0.5, en cuanto a los engranajes de disco solido siempre se tendrá que $K_B= 1$.

$$K_B = -2m_B + 3.4 \quad 0.5 \leq m_B \leq 1.2 \quad (40)$$

$$K_B = 1.0 \quad m_B > 1.2 \quad (41)$$

- Factor de un engrane loco (K_i). Debido a que el engrane loco en los sistemas de transmisión se encuentran sometidos a un mayor esfuerzo por unidad de tiempo con altas cargas, en comparación de los engranajes normales, es por esto el factor de engrane loco K_i en engranajes locos es considerado como 1.42, mientras, que para los engranajes normales será de 1.

Luego del cálculo de esfuerzo a flexión de la ecuación 37, se procede a calcular el factor de seguridad que tendrán los engranajes, para ello, es necesario saber cuál es el esfuerzo último a la flexión (S_{ut}) del material a fabricar los engranajes. Por este motivo, utilizamos la ecuación 37.

$$n = \frac{S_{ut}}{\sigma_b} \quad (42)$$

7.5.3.2.6.3.2. *Engranajes Cónicos*. Este tipo de engranajes tienen forma cónica y se utilizan para transmitir movimiento entre flechas o ejes rotativos pero los cuales generan una intersección entre estos. Una de las ventajas que se tiene de este tipo de engranajes es que se puede realizar transmisiones a diferentes ángulos entre ejes, pero lo más común es encontrarlos en ángulos de 90 grados (Shigley J. y Mischeke C., 1990).

Una de las formas de realizar un engranaje cónico puede ser por mecanizado, por fundición o en su defecto por generación. En algunos documentos se suele referenciar a la generación de engranajes como el método más exacto de fabricación de engranes (Mott R., 2006).

En la terminología de engranajes cónicos se conoce el paso de engrane como la distancia que se mide entre los dientes respecto al extremo más externo como se muestra en la figura 22. El diámetro de paso y el paso circular se calculan exactamente igual que en los engranajes rectos.

Los ángulos de paso se relacionan con los conos que se forman de la construcción del engranaje y el número de dientes de cada uno, haciendo referencia a los sub índices P de piñón y G de la corona (Norton R., 2011).

$$\tan\gamma = \frac{N_P}{N_G} \quad \text{Angulo de paso del piñón} \quad (43)$$

$$\tan\Gamma = \frac{N_G}{N_P} \quad \text{Angulo de paso de la corona} \quad (44)$$

Para el cálculo del número virtual de dientes se tiene N' y p como el paso circular medido desde el extremo mayor de los dientes.

$$N' = \frac{2\pi r_b}{p} \quad \text{Numero de dientes virtual} \quad (45)$$

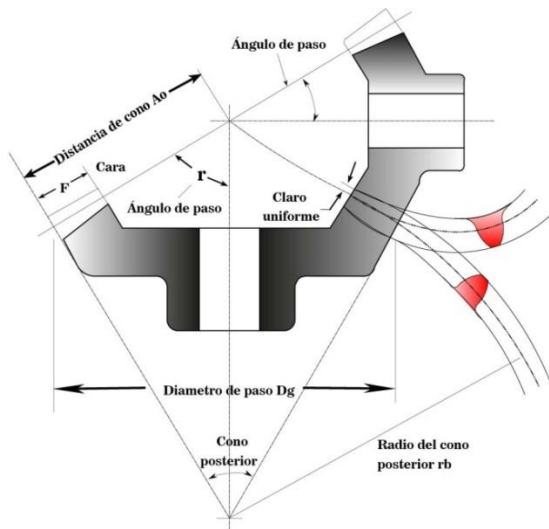


Figura 21. Dientes de un engrane cónico. Representación gráfica de la disposición de los dientes de un engrane cónico. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

Los engranajes cónicos se pueden clasificar en cónicos rectos, cónicos Zerol, cónicos espirales, hipoidales y espiroidales. Estos engranajes se emplean para velocidades de 5 m/s, siempre y cuando el ruido en el mecanismo no sea una consideración importante (Shigley J. y Mischeke C., 1990).

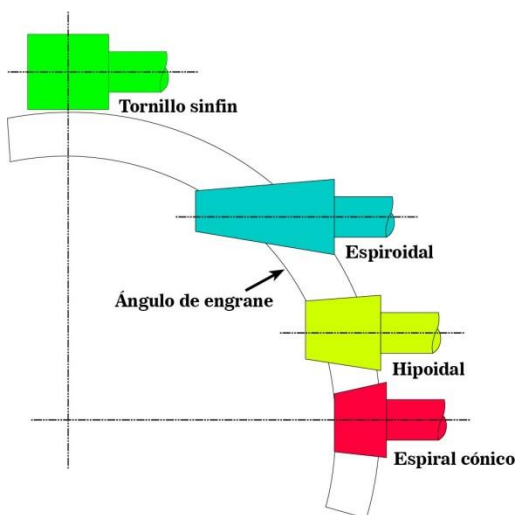


Figura 22. Tipos de engranajes cónicos. Representación gráfica de los tipos de engranajes cónicos. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

La gran mayoría de veces, los engranes cónicos se montan en la parte exterior de los cojinetes de contacto rodante, lo cual implica que las deflexiones que se generan en las flechas

son representativas, debido al contacto que se genera entre los dientes de los engranajes. La forma de los dientes en este tipo de engranajes es mayor por la parte posterior del engrane que por la parte frontal, esto es debido a que la mayor carga que se genera en el eje, hace que el diente soporte mayor carga en su zona posterior y por esto el cambio en la dimensión de los dientes es notable (Norton R., 2011). A continuación se mostrará la ecuación fundamental que permite hallar los esfuerzos de contacto de acuerdo al sistema inglés e internacional.

$$S_C = \sigma_C = C_P \left(\frac{W^T}{F d_p Z_l} K_O K_V K_m C_S C_{XC} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ Unidades en sistema ingles} \quad (46)$$

$$\sigma_H = Z_E \left(\frac{1000 W^T}{b d_p Z_l} K_A K_V K_{H\beta} Z_X Z_{XC} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ Unidades en sistema Internacional} \quad (47)$$

Los términos σ_H, σ_c son los esfuerzos de contacto citados en las fórmulas de esfuerzo, el coeficiente C_P, Z_E hacen referencia a coeficientes elásticos del material. W^T Se toma como la carga transmitida para los piñones y las demás constantes son factores geométricos de carga los cuales fueron descritos en la unidad de engranajes rectos. Posteriormente se hace uso de la ecuación del número del esfuerzo de contacto.

$$S_{wC} = (\sigma_C)_{perm} = \frac{S_{ac} C_L C_H}{S_H K_T C_R} \text{ Unidades del sistema ingles} \quad (48)$$

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_H \lim Z_{NT} Z_W}{S_H K_\theta Z_Z} \text{ Unidades del sistema Internacional} \quad (49)$$

Por último, se determina el esfuerzo por flexión que consiste en:

$$\sigma_F = \frac{1000 W^T K_A K'_V Y_X K_{HB}}{b m_{met} Y_\beta Y_J} \text{ Unidades del sistema internacional} \quad (50)$$

Según (Budynas R. y Nisbett J., 2008), para todas las ecuaciones de esfuerzo, es necesario generar los cálculos de los factores AGMA para engranajes cónicos, los cuales se mencionan a continuación.

- **Factores de sobrecarga K_o (K_A).** Se considera en este factor una sobre carga externa, debido a algún exceso transmitido. Para lograr determinar los valores de este factor se hace uso de la tabla 5.

Tabla 5:

Factor de sobre carga

Carácter de la carga sobre la máquina impulsada

Carácter del movimiento principal	Uniforme	Impacto ligero	Impacto medio	Impacto pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75 o mayor
Impacto ligero	1.10	1.35	1.60	1.85 o mayor
Impacto medio	1.25	1.50	1.75	2.00 o mayor
Impacto Pesado	1.50	1.75	2.00	2.25 o mayor

Nota. Cuadro de características que permiten determinar el factor de carga de un engrane cónico. Tomado de (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

- **Factores de seguridad SH y SF.** Los factores de seguridad son ajustes que se realizan a la resistencia, no a la carga, lo cual se utilizan generalmente para evaluar fatiga por desgaste o fatiga por flexión.
- **Factores dinámicos K'_v .** Este factor hace referencia a la tolerancia por efecto a la calidad del diente, dependiendo directamente a la velocidad y la carga, buscando un aumento en el esfuerzo resultante. La exactitud de la transmisión, se describe por Q_v donde nos muestra el espaciado de los dientes a lo largo del círculo de paso. Los ajustes para utilizar la constante son:

$$K'_v = \left(\frac{A}{A + \sqrt{200v_{et}}} \right)^{-B} \text{ Unidades del sistema internacional} \quad (51)$$

Donde

$$A = 50 + 56(1 - B) \quad (52)$$

$$B = 0.25(12 - Q_v)^{\frac{2}{3}} \quad (53)$$

Donde v_{et} es la velocidad en la línea de paso del diámetro de paso exterior, leída en $\left(\frac{m}{s}\right)$.

$$v_t = 5.236 \left(10^{-5}\right) d_l n_l \quad (54)$$

$$v_{te\ max} = \frac{[A+(Q_v-3)]^2}{200} \text{ Unidades del sistema internacional} \quad (55)$$

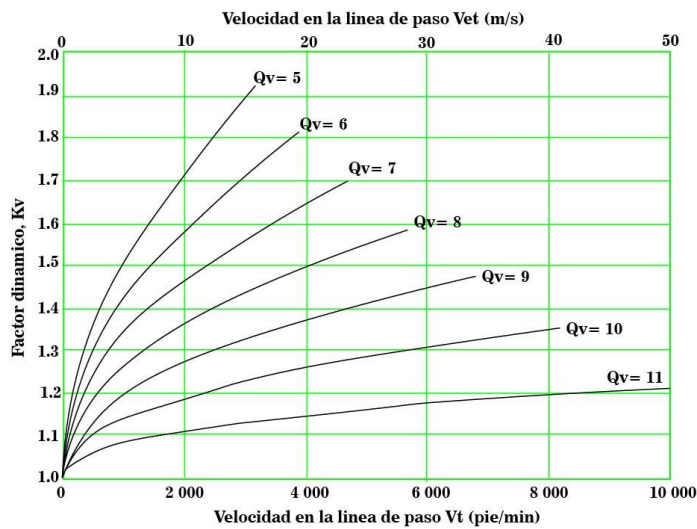


Figura 23. Factor dinámico. Representación gráfica del factor dinámico. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

- **Factor de tamaño por Resistencia a picadura Z_X .**

$$Z_X = \begin{cases} 0.5 & F < 12.7 \text{ mm} \\ 0.00492b + 0.4375 & 12.7 \leq b \leq 114.3 \text{ mm} \\ 1 & b > 114.3 \text{ mm} \end{cases} \text{ Unidades del sistema} \quad (56)$$

ernacional

- **Factor de tamaño por Flexión Y_X .**

$$Y_X = \begin{cases} 0.5 & m_{et} < 1.6 \text{ mm} \\ 0.4867 + 0.008339m_{et} & 1.6 \leq m_{et} \leq 50 \text{ mm} \end{cases} \text{Unidades en sistema internacional} \quad (57)$$

- **Factor de distribución de carga $K_{H\beta}$.**

$$K_{H\beta} = K_{mb} + 5.6(10^{-6})b^2 \text{ Unidades del sistema Internacional} \quad (58)$$

Donde se puede seleccionar

$$K_{mb} = \begin{cases} 1.00 & \text{Ambos miembros montados separados} \\ 1.10 & \text{Un miembro montado separado} \\ 1.25 & \text{Ningun miembro montado separado} \end{cases} \quad (59)$$

- **Factor de coronamiento por picadura C_{xc}, Z_{XC} .**

Los dientes de la mayoría de engranajes se realiza un mecanizado llamado socavamiento, el cual ayuda a disminuir el contacto intermitente entre los dientes y ayudando a disminuir la deflexión en los dientes.

$$Z_{XC} = \begin{cases} 1.5 & \text{Dientes Coronados en forma adecuada} \\ 2.0 & \text{Dientes de mayor tamaño sin coronar} \end{cases} \quad (60)$$

- **Factor de geometría por resistencia a la picadura Z_I .**

Factor de corrección para engranajes con ángulo de presión de 20 grados y ángulo de 90 grados entre ejes.

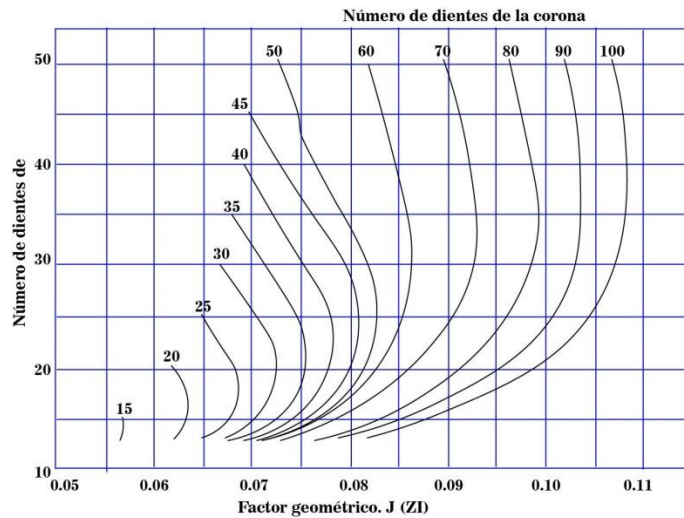


Figura 24. Factor de geometría por resistencia a la picadura. Representación gráfica del factor de geometría por resistencia a la picadura. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

- **Factor de geometría por resistencia a la flexión Y_f .** Se utiliza la figura 26 para un factor de geometría con ángulo de presión de 20 grados y ángulo de 90 grados entre ejes.

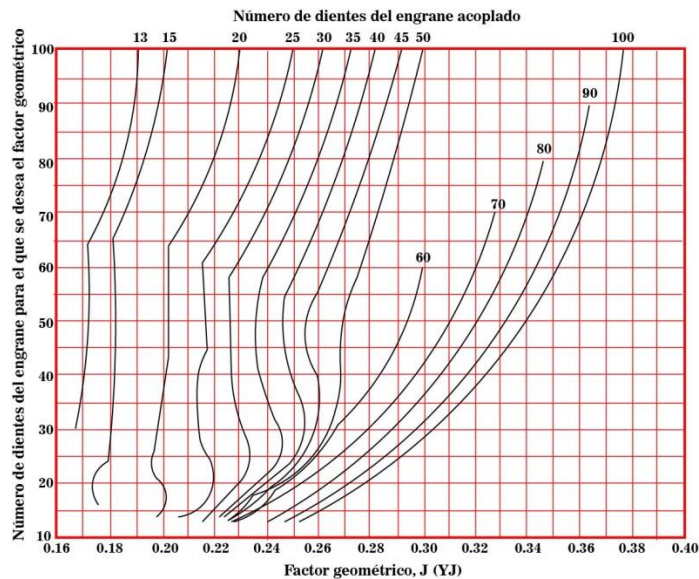


Figura 25. Factor de geometría por resistencia a la flexión. Representación gráfica del factor de geometría por resistencia a la flexión. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

- **Factor de relación de dureza Z_W .**

$$Z_W = 1 + B_1 \left(\frac{Z_1}{Z_2} - 1 \right) \quad B_1 = 0.00898 \left(\frac{H_{B1}}{H_{B2}} \right) - 0.00829 \quad (61)$$

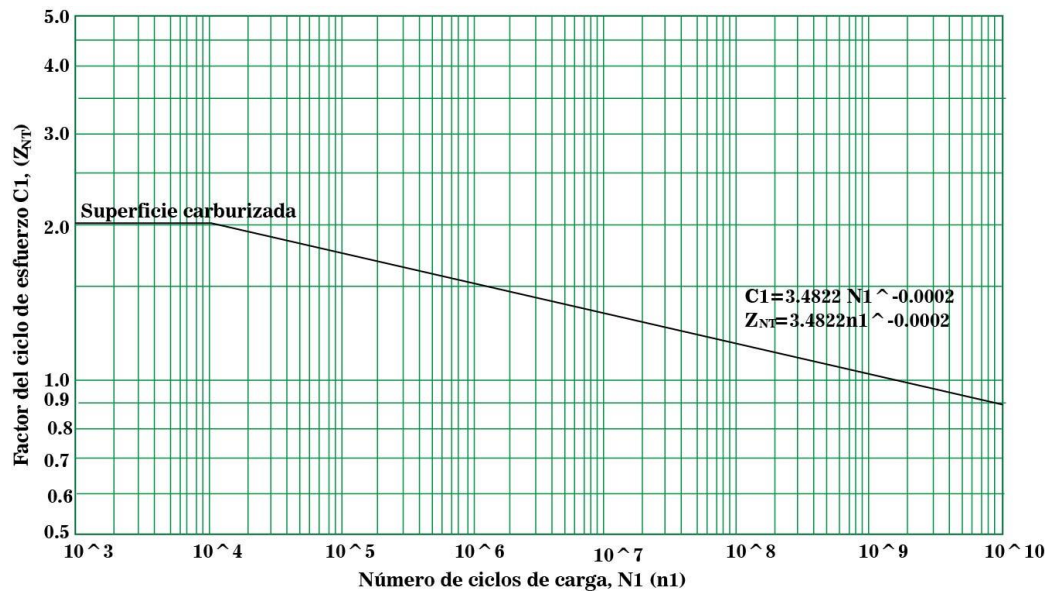


Figura 26. Factor de relación de dureza. Representación gráfica del factor de relación de dureza. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

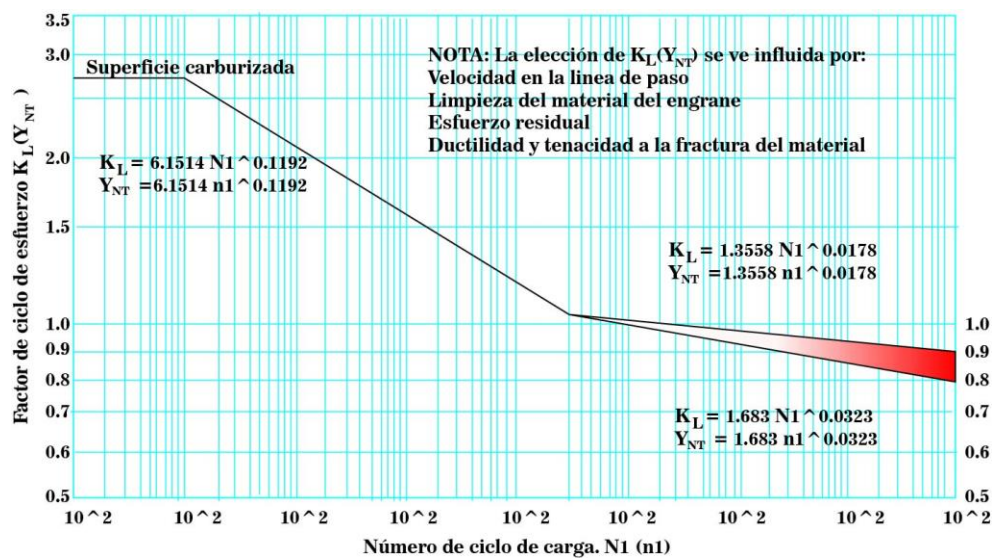


Figura 27. Factor de relación de dureza. Representación gráfica del factor de relación de dureza. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

El valor de Z_W varia con la rugosidad superficial del piñón y del engrane acoplado

$$Z_W = 1 + B_2(450 - H_{B2}) \quad B_2 = 0.00075e^{-0.52f_p} \quad (62)$$

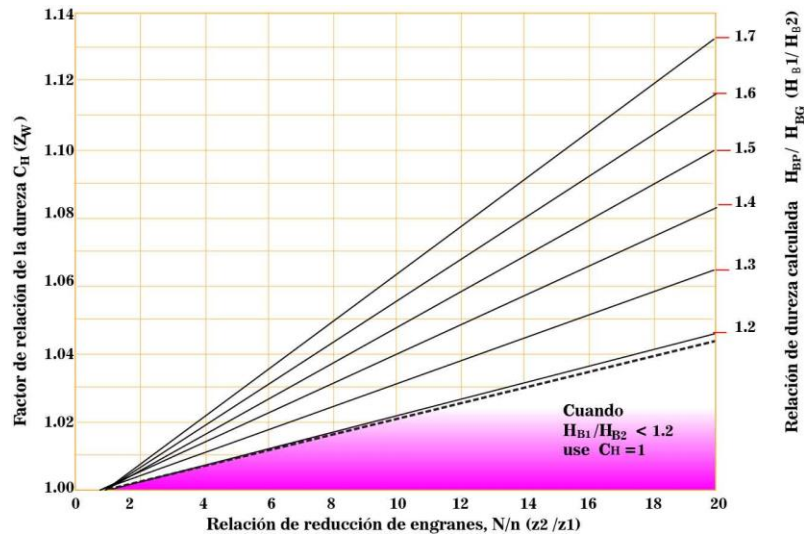


Figura 28. Factor de relación de dureza. Representación gráfica del factor de relación de dureza. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

Donde la razón superficial del piñón es $f_{P(Ra1)}$ y la dureza Brinell mínima es H_{B2}

Cuando se tienen engranes en aceros carburizados, con rugosidad aproximada de $C_H = Z_w = 1$. Como se presenta en la figura 29.

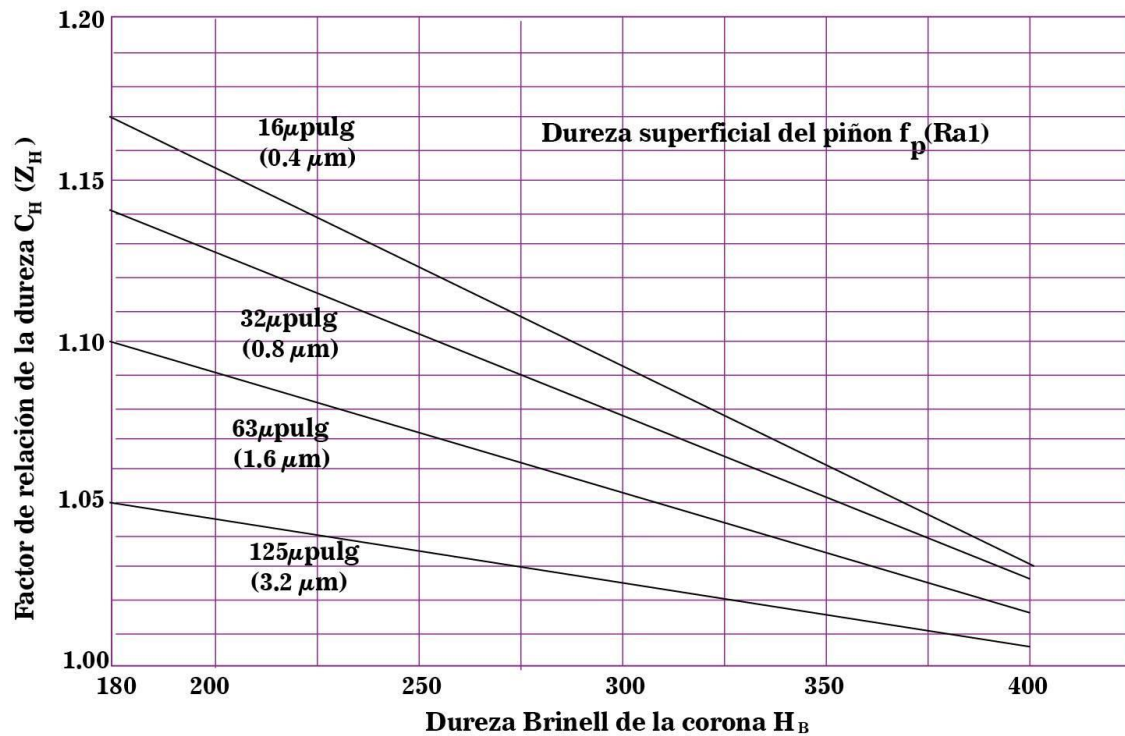


Figura 29. Factor de relación de dureza. Representación gráfica del factor de relación de dureza. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

- **Factor de temperatura K_T (K_θ).**

$$K_T = \begin{cases} 1, & 32^\circ F \leq t \leq 250^\circ F \\ \frac{(460 + t)}{710}, & t \geq 250^\circ F \end{cases} \quad (63)$$

$$K_\theta = \begin{cases} 1, & 0^\circ C \leq \theta \leq 120^\circ C \\ \frac{(273 + \theta)}{393}, & \theta \geq 120^\circ C \end{cases} \quad (64)$$

- **Factores de confiabilidad Z_Z y Y_Z .** Para la tabla 4 se tiene que $Z_Z = \sqrt{Y_Z}$, donde las ecuaciones para la interpolación de la tabla se rigen por:

$$Y_Z = K_R = \begin{cases} 0.50 - 0.25 \log(1 - R), & 0.99 \leq R \leq 0.999 \\ 0.70 - 0.15 \log(1 - R), & 0.90 \leq R \leq 0.999 \end{cases} \quad (65)$$

Tabla 6:

Factor de confiabilidad

Requerimientos de aplicación	Factor de confiabilidad del acero	
	C_R (Z_Z)	K_R (Y_Z)
Menos de una falla en 10.000	1.22	1.50
Menos de una falla en 1000	1.12	1.25
Menos de una falla en 100	1.00	1.00
Menos de una falla en 10	0.92	0.85 [†]
Menos de una falla en 2	0.84	0.70 [‡]

Nota. Cuadro con características que permiten determinar el factor de confiabilidad. Tomado de (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

- **Esfuerzo por contacto permisible.** En las tablas 5 y 6 se muestran valores de σ_H para engranes de hierro y acero. Para materiales con esfuerzo permisible de grado 1 y 2 se tienen las siguientes ecuaciones.

$$\sigma_{H \text{ lim}} = 2.35H_B + 162.89 \text{ Mpa Grado 1}$$

(66)

$$\sigma_{H \text{ lim}} = 2.51H_B + 230.86 \text{ Mpa Grado 2}$$

Tabla 7:

Número del esfuerzo de contacto permisible de los engranes de acero

Designación del material	Tratamiento térmico	Dureza superficial mínima	Número de esfuerzo por contacto permisible, $S_{ac}(\sigma_{H \text{ Lim}})$ lbf/pulg ² (N/mm ²)		
			Grado 1	Grado 2	Grado 3
	Endurecido completamente	Figura 15-12	Figura 15-12	Figura 15-12	
Acero	Endurecido por flama o inducción	50 HRC	175.000 (1.210)	190.000 (1.310)	
	Carburizado y endurecido superficial	Tabla8 2003-B97	200.000 (1.380)	225.000 (1.550)	250.000 (1.720)
AISI 4140	Nitrurado	84.5 HR 15N		145.000 (1.000)	
Nitrallay 135M	Nitrurado	90.0 HR 15N		160.000 (1.100)	

Nota. Cuadro con características que permiten determinar el esfuerzo de contacto en engranajes de acero. Tomado de (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

Tabla 8:

Número del esfuerzo de contacto permisible de los engranes de hierro

Material	Designación del material		Tratamiento térmico	Dureza superficial común mínima	Número de esfuerzo por contacto permisible, $S_{ac}(\sigma_{H \text{ Lim}})$ lbf/pulg ² (N/mm ²)
	ASTM	ISO			
Hierro fundido	ASTM A48 Clase 30	ISO/DR 185	Como sale de fundición.	175HB	50.000 (345)

Grado 200					
Hierro ductil	Clase 40	Grado 300	Como sale de fundición.	200HB	65.000 (450)
	ASTM A536	ISO/DIS 1083			
	Grado 805506	Grado 60037003	Templado y revenido	180HB	94.000 (650)
	Grado 120-90-02	Rado 800480-02		300HB	135.000 (930)

Nota. Cuadro con características que permiten determinar el esfuerzo de contacto en engranajes de hierro. Tomado de (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

- **Números de esfuerzos por flexión permisible.** En las tablas 7 y 8 se encuentran valores de esfuerzos por flexión $\sigma_{F \text{ lim}}$ para engranajes de hierro y acero, donde se muestra de manera grafica los esfuerzos por flexión para aceros endurecidos bajo el grado de cada material. Las ecuaciones de selección del grado de material seria:

$$\sigma_{F \text{ lim}} = 0.30H_B + 14.48 \text{ Mpa} \quad \text{Grado 1} \quad (67)$$

$$\sigma_{F \text{ lim}} = 0.33H_B + 41.24 \text{ Mpa} \quad \text{Grado 2}$$

Tabla 9:

Esfuerzo por flexión permisible para engranajes de hierro

Material	Designación del material		Tratamiento térmico	Dureza superficial común mínima	Número de esfuerzo por contacto permisible, $S_{ac}(\sigma_{H \text{ Lim}})$ $lbf/pulg^2 (N/mm^2)$
	ASTM	ISO			
Hierro fundido	ASTM A48 Clase 30	ISO/DR 185 Grado 200	Como sale de fundición.	175HB	4.500 (30)
	Clase 40	Grado 300	Como sale de fundición.	200HB	6.500 (45)

Hierro ductil	ASTM A536 Grado 805506	ISO/DIS 1083 Grado 60037003	Templado y revenido	180HB	10.000 (70)
	Grado 120-90-02	Rado 800480-02		300HB	13.500 (95)

Nota. Tabla con características que permiten determinar el esfuerzo *por flexión permisible para engranajes de hierro*. Tomado de (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

Tabla 10:

Esfuerzo por flexión permisible para engranajes de acero

Designación del material	Tratamiento térmico	Dureza superficial mínima	Número de esfuerzo por contacto permisible, $S_{ac}(\sigma_{H Lim})$ lbf/pulg ² (N/mm ²)		
			Grado 1	Grado 2	Grado 3
	Endurecido completamente	Figura 15-12	Figura 15-12	Figura 15-12	
Acero	Endurecido por flama o inducción	50 HRC	175.000 (1.210)	190.000 (1.310)	
	Carburizado y endurecido superficial	Tabla 8 2003-B97	200.000 (1.380)	225.000 (1.550)	40.000 (275)
AISI 4140	Nitrurado	84.5 HR 15N		145.000 (1.000)	
Nitrallay 135M	Nitrurado	90.0 HR 15N		160.000 (1.100)	

Nota. Tabla con características que permiten determinar el esfuerzo *por flexión permisible para engranajes de acero*. Tomado de (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

7.5.3.2.6.3.3. *Engranajes helicoidales*. Una de las grandes aplicaciones del de los engranajes helicoidales, es que no solo transmiten movimiento rotacional entre ejes paralelos si no que pueden transmitir en ejes a diferentes ángulos. El ángulo de la hélice de engranajes con ejes paralelos, tienen que tener el mismo ángulo de hélice, pero con la apreciación que, si el piñón tiene el ángulo a derechas, el engrane debe tenerlo a izquierdas (Budynas R. y Nisbett J., 2008).



Figura 30. Engrane helicoidal. Representación gráfica de un engrane helicoidal. Basado en (Budynas R. y Nisbett J., 2008)

Una de las partes críticas de la transmisión de fuerzas y por ende los esfuerzos generados en los engranajes, es el espesor del piñón que hace que sea significativa la transmisión (Mott R., 2006).

Los engranajes helicoidales suelen generar cargas tanto radiales como axiales en los ejes de transmisión, mejor conocidas como cargas de empuje. Cuando se acopla más de un engranaje en un eje, lo que se busca es que los engranes se monten eliminando las cargas axiales, contrarrestando la fuerza dejando piñones a derechas y a izquierdas sobre el mismo eje (Shigley J. y Mischeke C., 1990).

En algunos diseños se eliminan las cargas axiales montando dos piñones enfrentados a derechas y a izquierdas del mismo número de dientes y por ende del mismo ángulo para el montaje de un solo engrane en el eje (Mott R., 2006).

En caso de tener más de dos engranes sobre el mismo eje toca seleccionar muy bien la posición de los piñones en el eje, buscando la menor carga de empuje en eje. Para generar un acople de engranajes helicoidales toca tener en cuenta parámetros como: potencias altas, altas velocidades, altos valores de sobrecarga tanto axial como radial y tangencial, alta flexión en los ejes, alto desgaste entre piñones, altas calidades de materiales para engranajes que se dejen tratar térmicamente para aumentar durezas superficiales (Budynas R. y Nisbett J., 2008).

Una de las ventajas de utilizar engranajes helicoidales es la disminución de ruido en las transmisiones debido al contacto continuo entre dientes de los piñones de la transmisión. Una de las aplicaciones de estos engranes es en las cajas de transmisión de los automóviles, los cuales generan bajo nivel de ruido en la transmisión (Norton R., 2011).

Este tipo de piñones también se transmiten movimiento rotacional en ejes que no son paralelos. El ángulo de transmisión de movimiento, depende específicamente del ángulo de hélice entre los engranajes. En transmisiones de ejes no paralelas, las condiciones de carga y de velocidad suelen ser menores a las de ejes paralelos, debido a los sobre esfuerzos que se generan en los dientes de los engranes y al mayor contacto que se tienen entre estos, por esta razón las transmisiones de ejes no paralelos son más propensos a fallar cuando se encuentran sometidas a una gran carga (Shigley J. y Mischeke C., 1990).

7.5.3.3. Mecanismos de transformación. Son los encargados de modificar o transformar el movimiento circular en lineal o de manera reversible, aunque este proceso no se puede

emplear en todos los casos. Una característica importante de este mecanismo es que el movimiento de salida es diferente al movimiento de entrada, es decir, se transforma el movimiento y por ello recibe este nombre (Landín P., 2016).

7.5.3.3.1. *Biela-manivela*. Este tipo de mecanismos permite transformar el movimiento rotatorio de un eje, en un movimiento lineal y este proceso puede ocurrir de manera reversible, aunque se hace necesario realizar pequeñas modificaciones del sistema, para aumentar la inercia en cada giro; este mecanismo es el pionero para transformar el movimiento giratorio de un árbol o flecha y obtener movimientos lineales, para lograr tener una mayor utilidad, se le debe añadir algún tipo de operador mecánico como la palanca o el émbolo, lo cual permite el correcto funcionamiento de máquinas como: máquinas de coser, motores de carros, caladoras, sierras automáticas y demás; para lograr que funcione un sistema de biela-manivela se deben emplear básicamente tres elementos como lo son: manivela, soporte y biela. Cuando la manivela se encuentra girando alrededor de una flecha, provoca que la biela se mueva y a su vez el émbolo realice un desplazamiento lineal como se muestra en la figura 31; en el diseño de estos mecanismos, es indispensable tener en cuenta que la distancia del brazo de la manivela debe ser mucho más corta que la de la biela, además, es importante que la biela tenga una distancia que por lo menos sea cuatro veces mayor que el radio de giro de la manivela (Landín P., 2016).

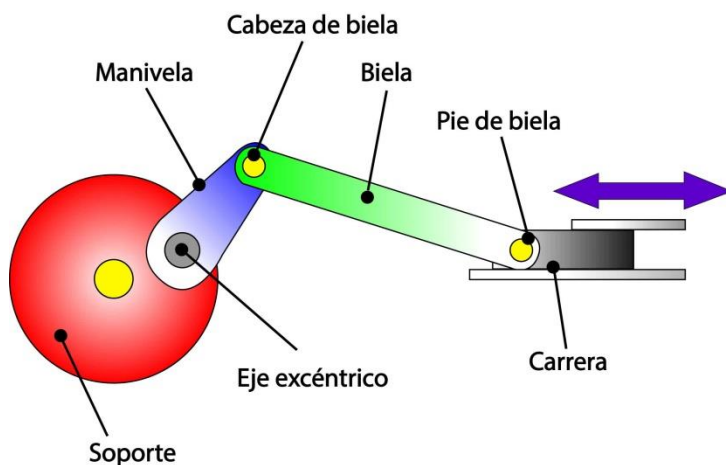


Figura 31. Biela-manivela. Representación gráfica de las partes que componen una biela-manivela. Elaboración propia.

7.5.3.3.2. *Cremallera dentada.* Este mecanismo se encuentra conformado por una rueda dentada que engrana con una vara que de igual manera se encuentra dentada. Este mecanismo también permite transformar el movimiento circular del piñón en movimiento lineal y viceversa, es decir, si la cremallera es el elemento motriz provocará que el piñón gire sobre su propio eje y si el elemento motriz es el piñón permitirá el desplazamiento de manera lineal de la cremallera. Por otro lado, este mecanismo genera movimientos lineales de precisión, ya que minimiza las pérdidas de energía (Norton R., 2011).

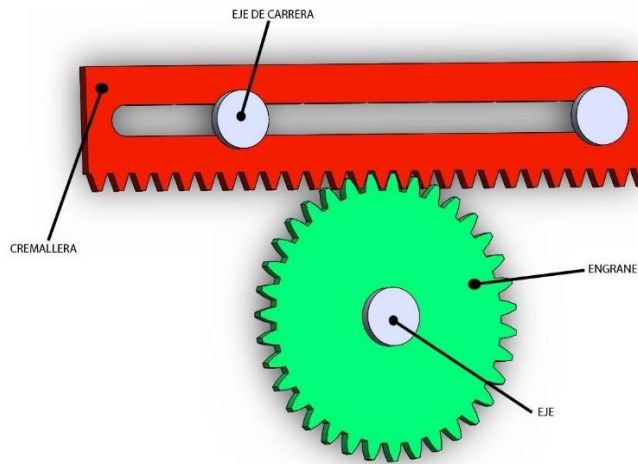


Figura 32. Cremallera dentada. Representación gráfica de una Cremallera dentada. Elaboración propia.

7.5.3.3.2. *Leva.* Según (Landín P., 2016), es un mecanismo que consta de una rueda excéntrica cuyo eje no pasa por el centro de la ella misma, permitiendo la transformación de un movimiento circular a uno lineal, pero no genera un movimiento reversible, para lograr un buen funcionamiento de este mecanismo se requiere los siguientes elementos:

- Árbol. Es el encargado de transmitir el movimiento rotacional a la leva
- Soporte. Es el encargado de juntar todo el mecanismo y dirigir el desplazamiento del seguidor

- Leva. Recibe el movimiento rotacional del árbol o flecha al que se encuentra unido y permite que el seguidor ejecute correctamente el movimiento.
- Seguidor de leva. Este elemento se apoya sobre el perfil de la leva, moviéndose al mismo tiempo con esta. Para evitar que el seguidor se separe de la leva se requiere la implementación de un sistema de recuperación, es decir un muelle o un resorte.

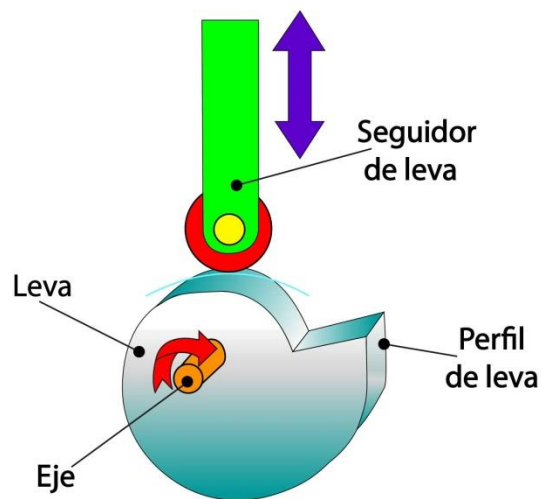


Figura 33. Leva. Representación gráfica de las partes de una leva. Elaboración propia.

7.6. Fundamentos y evolución en el proceso de corte

A través del tiempo el hombre siempre ha estado en constante desarrollo, pretendiendo transformar la materia prima que la naturaleza le ha ofrecido, diseñando máquinas que liberasen el arduo trabajo humano que este conlleva, en primera instancia, haciendo uso de la energía hidráulica desde el (siglo IV d.C), el hombre se dio paso para avanzar y encontrar alternativas para el proceso de corte por aserrado para madera. Sin embargo, no es hasta el (siglo XIII) que se documenta la acreditación de su uso.

El aserrado se extendió por Europa y el descubrimiento de américa llevo a la necesidad de transformar grandes cantidades de madera para construcción naval, lo cual genero la

instalación de aserraderos potentes para tales cantidades, Francisco Calderín en 1757 firma los planos del aserradero que sería el más importante de la España colonial. (García E., Guindeo C., Peraza O. y Palacios D., 2002).

Por otra parte, la aparición de nuevos materiales como los metales, fueron de gran importancia en el desarrollo de nuevas tecnologías para transformar la madera, pues estos se utilizaron para producir hojas de aserrado que fuesen más eficientes y redujeran la pérdida de material.

Posteriormente, en el siglo XIX el ingeniero de Montes Eugenio Plá y Ravé escribe un libro en el cual se le da una gran importancia a la madera para la construcción de edificaciones y barcos.

Toda la evolución inmersa en este proceso generó un avance tecnológico que trajo consigo como resultado la creación de máquinas manuales, hidráulicas, de vapor y eléctricas, donde las manuales y eléctricas son las más usadas en la actualidad, no solo en el corte de madera sino de diversos materiales como polímeros, vidrio, metales, cerámicas y demás. De allí surge la importancia del proceso de corte por aserrado.

A continuación, se realizará una argumentación teórica que permitirá un acercamiento a la contextualización referente al proceso de corte.

Algunos autores han realizado investigaciones referentes a este proceso que han servido para explicar el mecanizado por arranque de viruta, después de sus investigaciones pudieron concluir que el proceso de corte no es más que el cizallamiento de un material el cual es afectado a causa de la fricción, la vibración y el recalentamiento al igual que la herramienta. (Boothroyd G., 1978)

Conociendo la importancia de este proceso, a través de los años se han innovado y mejorado las máquinas herramientas las cuales han perfeccionado los acabados y facilitado el manejo e interacción entre el usuario y la herramienta.

Si pensamos en el funcionamiento de las máquinas de corte se puede observar que los mecanismos internos son los que permiten que la actividad sea ejecutada de manera precisa, en donde la transmisión de movimiento juega un papel fundamental, pues, dependiendo de las relaciones de transmisión que se utilicen, variarán la velocidad de corte y el avance de corte.

7.6.1. Avance de corte. Como señala (Boothroyd G., 1978). El avance de corte se encuentra afectado por la velocidad de la herramienta de corte y así mismo, el movimiento de la pieza, algunas de sus características son:

- Un excesivo avance de corte, puede producir un recalentamiento en la herramienta de corte y reducción de la vida útil de la misma.
- Al haber una variación de avance, se puede aumentar o disminuir la fuerza producida por la herramienta.
- Determina la producción de la viruta, es decir, la viruta es larga cuando hay un avance lento o la viruta es más pequeña si el avance es rápido.
- Al realizarse una modificación al avance de corte, se puede generar mayores costos de mecanizado y un mayor tiempo para realizarse.
- Si hay un elevado avance de corte se consume una mayor potencia.

7.6.2. Velocidad de corte. Según (Boothroyd G., 1978). La velocidad y avance de corte afecta de manera contundente el tiempo de mecanizado y arranque de viruta, a su vez, la producción por unidad de tiempo y la calidad de acabado superficial. También se debe tener en cuenta que el desgaste de la herramienta tiene que ver con la velocidad de corte, puesto que, al

aumentarla aumenta la temperatura lo que ocasiona un desgaste en la herramienta reduciendo de esta manera su vida útil. Generalmente, la distancia que debe existir entre los dientes de la hoja de sierra debe ser mayor, puesto que, se encontrarán sometidos a grandes esfuerzos debido al aumento de la velocidad y avance de corte, al aserrar maderas blandas (Boothroyd G., 1978).

8. METODOLOGÍA

Para poder dar solución a nuestra pregunta de investigación planteada, se dará a conocer los métodos empleados que permitirán alcanzar los objetivos sugeridos. En nuestro proyecto de tesis se trabajarán dos métodos que guiarán el proceso de elaboración y validación del recurso educativo. A continuación, veremos la descripción de las metodologías empleadas.

8.1. Metodología De Investigación

La metodología de investigación que se implementará para obtener la información que se requiere según los objetivos planteados en el trabajo de grado, será la metodología cuasi-experimental pre test–pos test con grupo control, la cual, nos permitirá analizar el impacto que tendrá el recurso educativo al ser implementado en el grupo control que en este caso hace referencia a los estudiantes de diseño III de la Universidad Pedagógica Nacional.

Como lo plantea (Sampieri R. , Collado C. y Lucio M., 2014) esta metodología consiste en la alteración de las variables, donde, la variable dependiente es la consecuencia, que en

nuestro caso hace referencia al proceso de implementa del recurso educativo y la variable independiente es la causa, la cual se refleja en la aprehensión de conceptos relacionados a transmisión de movimiento. Por esta razón se aplicará el experimento a un grupo de 13 participantes, posteriormente se tomará un grupo muestral aleatoriamente de 6 personas denominado grupo experimental, que será intervenido usando un recurso educativo, implementando una planeación que tendrá un desarrollo similar en los dos grupos como se muestra en el Anexo 1. En el grupo experimental se explicarán los conceptos de manera práctica haciendo uso del recurso educativo, en cambio, en el grupo control se impartirá la clase de manera tradicional (Teórica).

Para evaluar los resultados del cuasi-experimento se realizará una encuesta inicial y final, comparando los resultados y el efecto del grupo control y grupo experimental.

Según (Murillo J., 2013), las características que se tienen en cuenta para llevar a cabo el desarrollo de esta metodología de investigación son las siguientes:

1. Selección de los participantes o población.
2. Se selecciona una muestra de los estudiantes
3. División de la muestra en el grupo experimental y el grupo control.
4. Aplicación de la encuesta inicial (pre test) a los dos grupos conformados.
5. Manipulación de variables independientes (grupo experimental), aplicación del recurso educativo.
6. Aplicación de la encuesta final (pos test) a los dos grupos conformados.
7. Medición, comparación y análisis de resultados obtenidos.

Al realizar este tipo de metodología se puede tener un mayor control en el proceso de recaudación de datos y a su vez determinar la variación de los resultados de cada grupo (encuestas pre test y pos test). También es posible reducir el nivel de invalidez del experimento a través de esta metodología, pues al trabajar con un grupo pequeño se facilita la manipulación de las variables, donde, la prueba inicial y final deben tener pequeñas variaciones, para evitar que las preguntas y respuestas se han memorizadas, por otro lado, en algunos casos los grupos pueden verse afectados por el entorno, las clases posteriores, entre otros, lo que afectaría el cumplimiento del objetivo del experimento (Sampieri R. , Collado C. y Lucio M., 2014).

8.1.1. Desarrollo de la metodología. Para llevar a cabo la metodología de investigación, se inició con un grupo de 13 estudiantes de diseño tecnológico III, posteriormente se dividieron en dos grupos de manera aleatoria, el primer grupo denominado grupo control quedo conformado por 7 estudiantes y el segundo grupo llamado grupo experimental, compuesto por 6 estudiantes.

8.1.1.2. Encuesta pre test. Después de tener seleccionados los grupos, se dio paso a la aplicación de la encuesta inicial, dicha prueba está conformada por 12 preguntas (Véase anexo 2), en las cuales se tocaron temas relacionados con, engranajes rectos, sentido de giro, transmisión de movimiento, engranaje loco, relación de transmisión, entre otros.

8.1.1.3. Implementación del recurso educativo. Se intervino el grupo experimental y se aplicó el recurso educativo de manera práctica, los estudiantes manipularon e interactuaron con el recurso, observando y evidenciando la aplicación de los conceptos vistos en el transcurso de la carrera, el desarrollo de las actividades realizadas en el aula de clase pueden reflejarse en la planeación elaborada (Véase anexo 1). A continuación, se podrán observar la evidencia de la aplicación:



Figura 34. Implementación del material. Registro fotográfico. Elaboración propia.

8.1.1.4. Aplicación de la encuesta final al grupo experimental y grupo control. Después de aplicar el recurso educativo en el grupo experimental se dio paso a la aplicación de la prueba postes la cual contaba con 9 preguntas similares a la prueba inicial. (Véase anexo 3).

8.1.1.5. Análisis de resultados. En este paso se realizó la recolección de los datos, cuales fueron analizados de manera individual y grupal, con el fin de observar los efectos provocados de acuerdo a la manipulación de las variables; concepto de transmisión de movimiento, ley fundamental de los engranajes, sentido de giro, relación de transmisión, fuerzas que actúan sobre los engranajes y función del diámetro primitivo.

Para realizar el análisis de los datos, se evaluaron los resultados obtenidos por el grupo control en la encuesta pre test y pos test como se muestra en la figura 35, de la cual se puede decir que en la encuesta inicial el total de los estudiantes obtuvieron notas menores a 2,9 y en la encuesta final tuvieron un 7% de mejora, puesto que la nota mayor fue 3,3. Se puede atribuir este

resultado a variables externas como búsquedas de información con respecto al tema, explicación de un docente, entre otros.

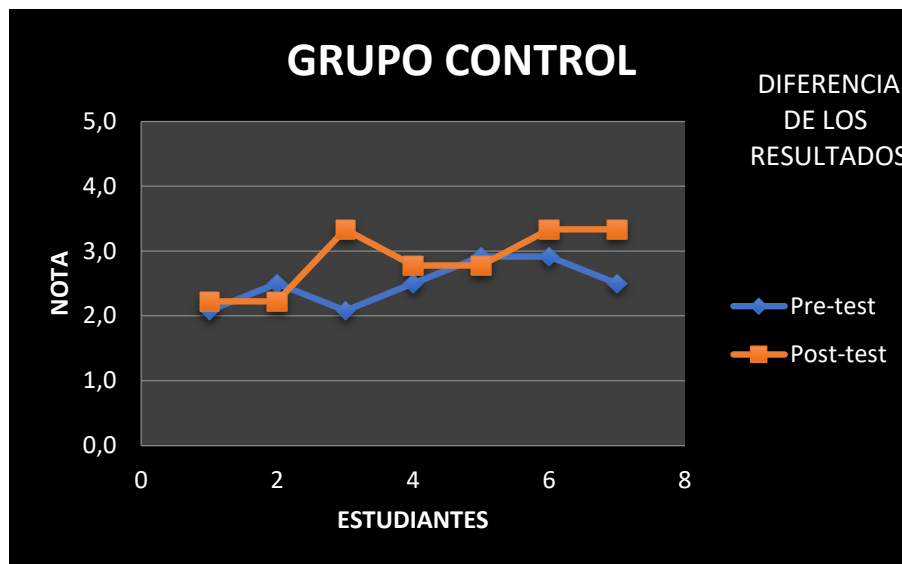


Figura 35. Grafica grupo control. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el grupo control en el pre test y pos test. Elaboración propia.

De igual manera los resultados alcanzados por el grupo experimental en la encuesta pre test se encuentran en un intervalo de notas de 3.3 a 2.1, por otro lado, en la encuesta pos test las notas variaron de 4.4 a 2.8 lo que muestra que hubo un aumento significativo del 19.5% al intervenir el grupo experimental con el recurso educativo como se ve en la figura 36.

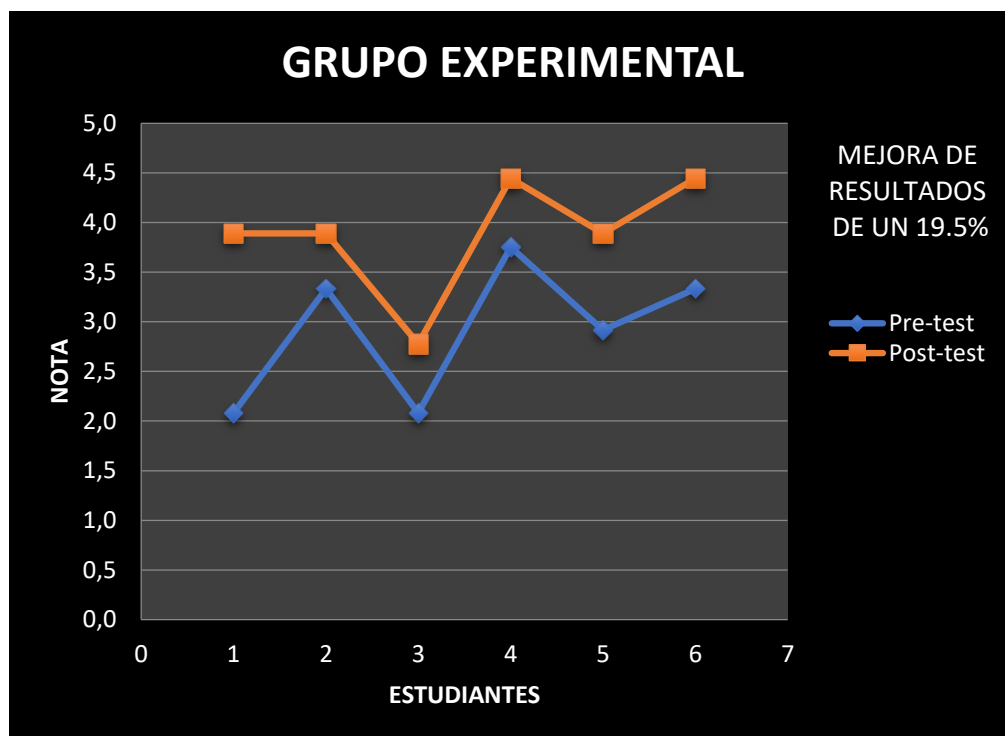


Figura 36. Grafica grupo experimental. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el grupo experimental en el pre test y pos test. Elaboración propia.

Posteriormente para conocer el porcentaje de mejora que obtuvo el grupo experimental con respecto al grupo control, se realizó el promedio de la encuesta final de los dos grupos donde el primero alcanzó una nota promedio de 3.9 equivalente a 77.7% y el segundo alcanzó una nota promedio de 2.9 equivalente a 57.1%, lo que señala una diferencia del 20.6%, revelando un progreso en los estudiantes que se les aplicó el recurso educativo.

8.1.1.5.1. Grupo experimental. Para poder conocer los resultados específicos de cada individuo se realizó un análisis individual que refleja el avance o retroceso de los mismos. A continuación, se encuentra el estudio de cada estudiante.

El estudiante número uno refleja un aumento significativo en los resultados de las pruebas como se puede apreciar en la figura 37, mejorando un 36% en sus respuestas.

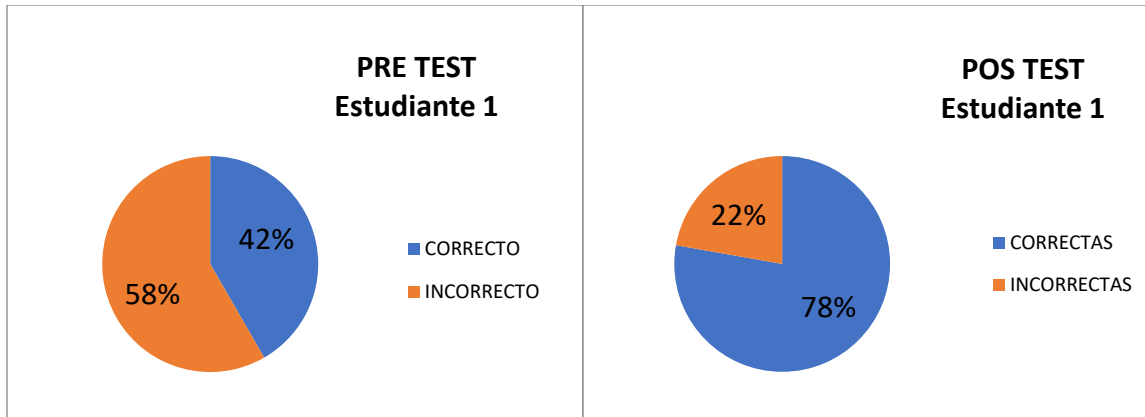


Figura 37. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 1 grupo experimental en el pre test y pos test. Elaboración propia.

El estudiante número dos refleja un leve aumento en los resultados de las pruebas como se puede apreciar en la figura 38, mejorando un 11% en sus respuestas.

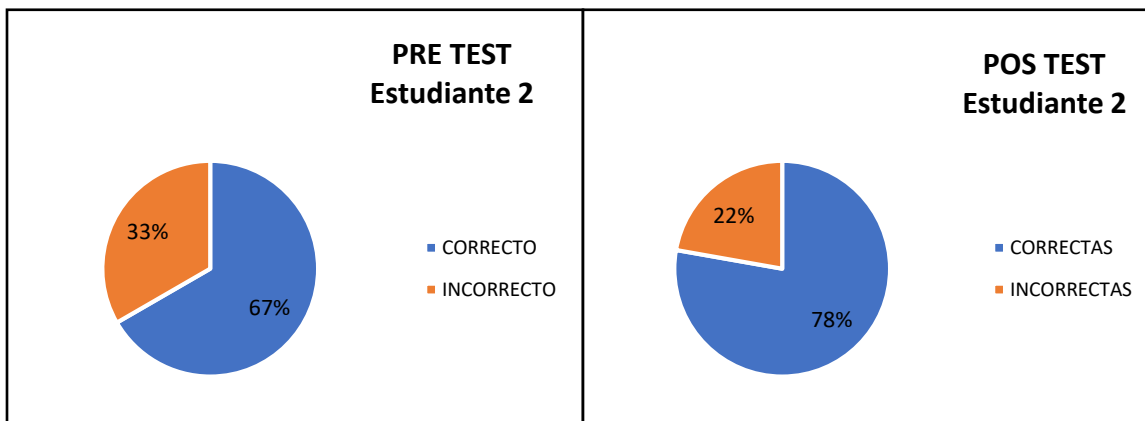


Figura 38. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 2 grupo experimental en el pre test y pos test. Elaboración propia.

El estudiante número tres refleja un aumento en los resultados de las pruebas como se puede apreciar en la figura 39, mejorando un 14% en sus respuestas.

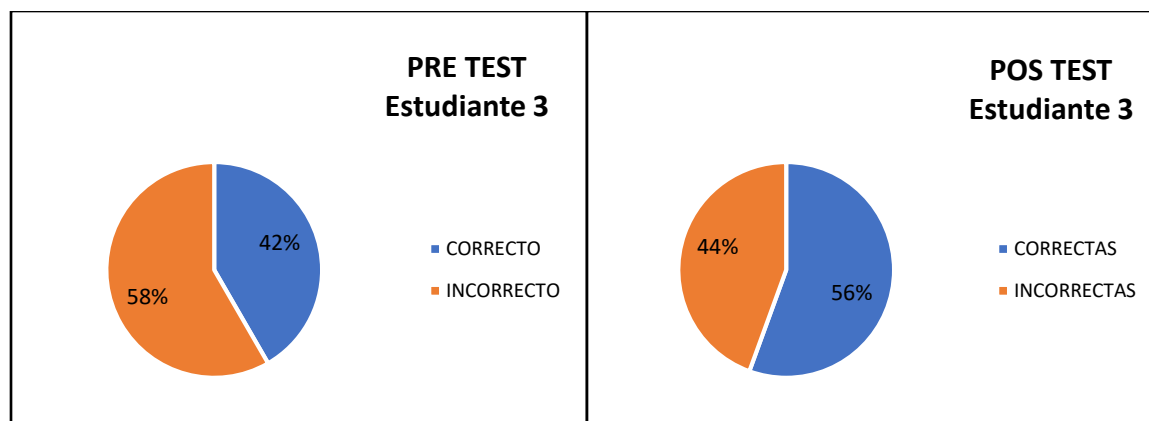


Figura 39. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 3 grupo experimental en el pre test y pos test. Elaboración propia.

El estudiante número cuatro refleja un aumento significativo en los resultados de las pruebas como se puede apreciar en la figura 40, mejorando un 14% en sus respuestas.

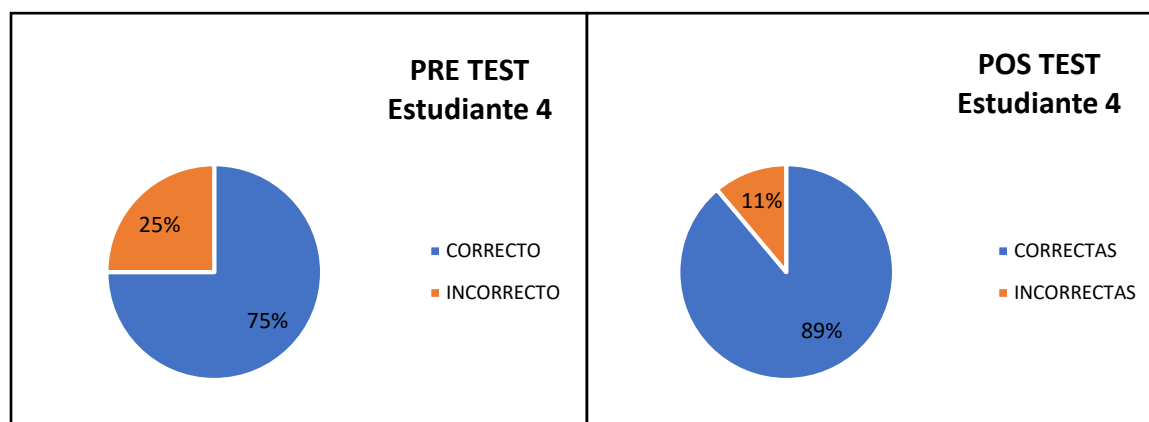


Figura 40. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 4 grupo experimental en el pre test y pos test. Elaboración propia.

El estudiante número cinco refleja un aumento significativo en los resultados de las pruebas como se puede apreciar en la figura 41, mejorando un 20% en sus respuestas.

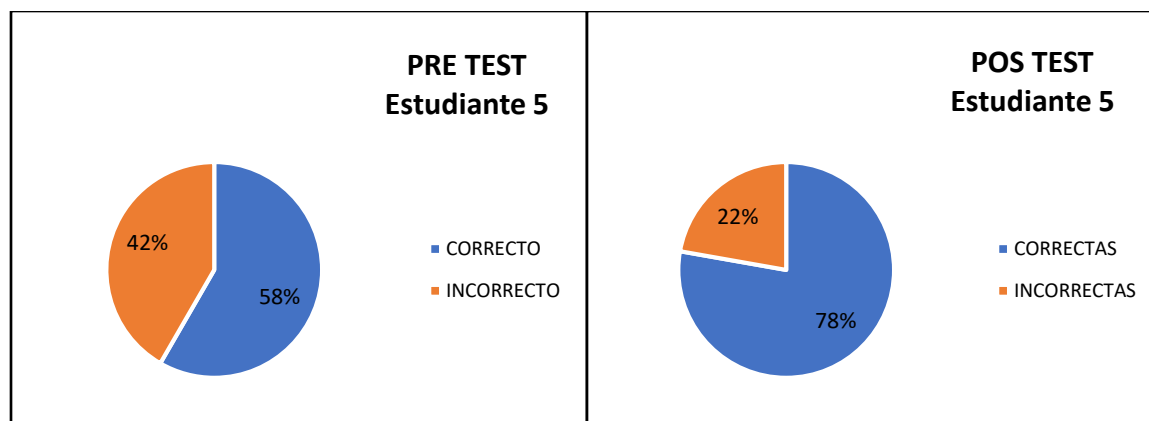


Figura 41. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 5 grupo experimental en el pre test y pos test. Elaboración propia.

El estudiante número seis refleja un aumento significativo en los resultados de las pruebas como se puede apreciar en la figura 42, mejorando un 22% en sus respuestas.

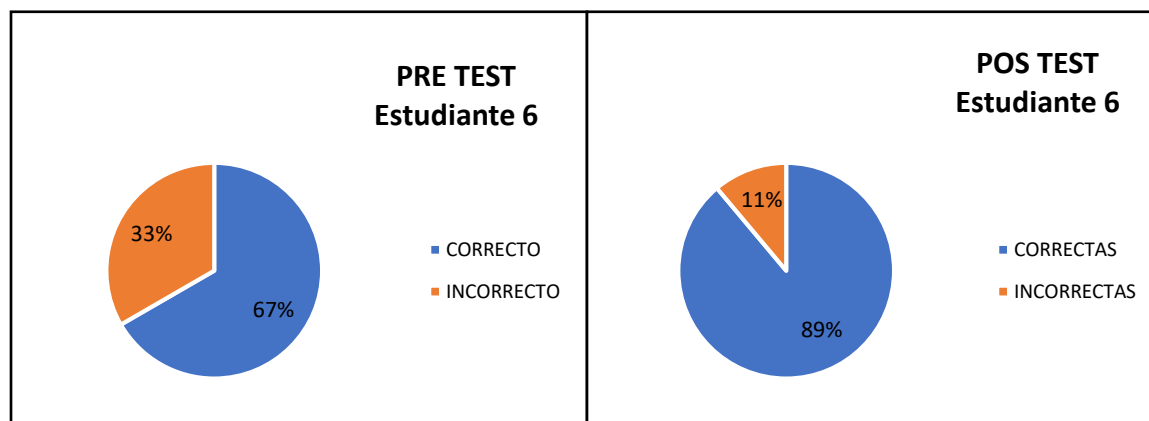


Figura 42. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 6 grupo experimental en el pre test y pos test. Elaboración propia.

8.1.1.5.2. *Grupo control.* De igual manera para analizar los resultados del grupo control se realizó un análisis individual para mostrar las variaciones teniendo en cuenta que no se aplicó el recurso educativo.

En la Figura número 43, se puede apreciar la variación de los resultados, puesto que, no hubo intervención con el estudiante 1, por esta razón su mejora es de 2%.

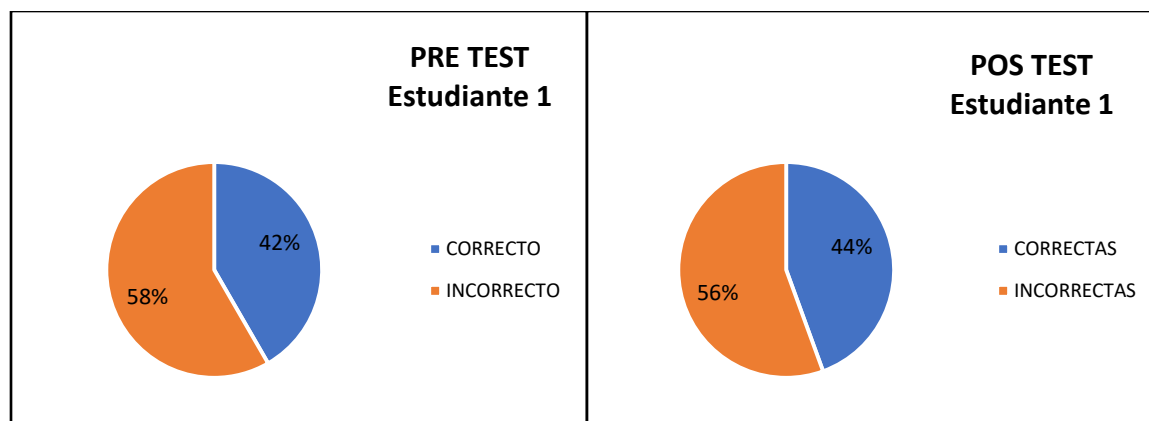


Figura 43. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 1, grupo control en el pre test y pos test. Elaboración propia.

En la Figura número 44, se puede apreciar la variación de los resultados, puesto que, no hubo intervención con el estudiante 2, por esta razón disminuyo un 6%.

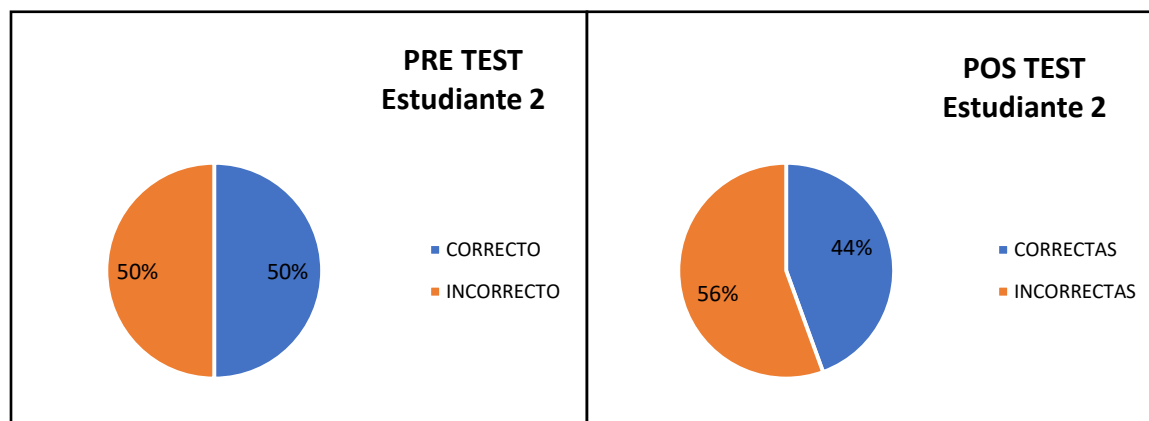


Figura 44. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 2, grupo control en el pre test y pos test. Elaboración propia.

En la Figura número 45, se puede apreciar la variación de los resultados, puesto que, no hubo intervención con el estudiante 3, por esta razón su mejora es de 25%.

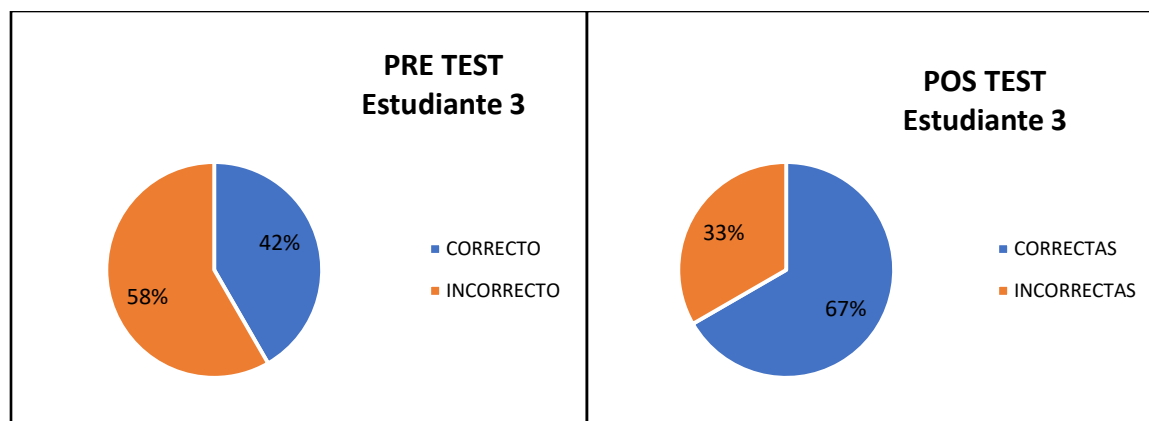


Figura 45. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 3, grupo control en el pre test y pos test. Elaboración propia.

En la Figura número 46, se puede apreciar la variación de los resultados, puesto que, no hubo intervención con el estudiante 4, por esta razón su mejora es del 6% .

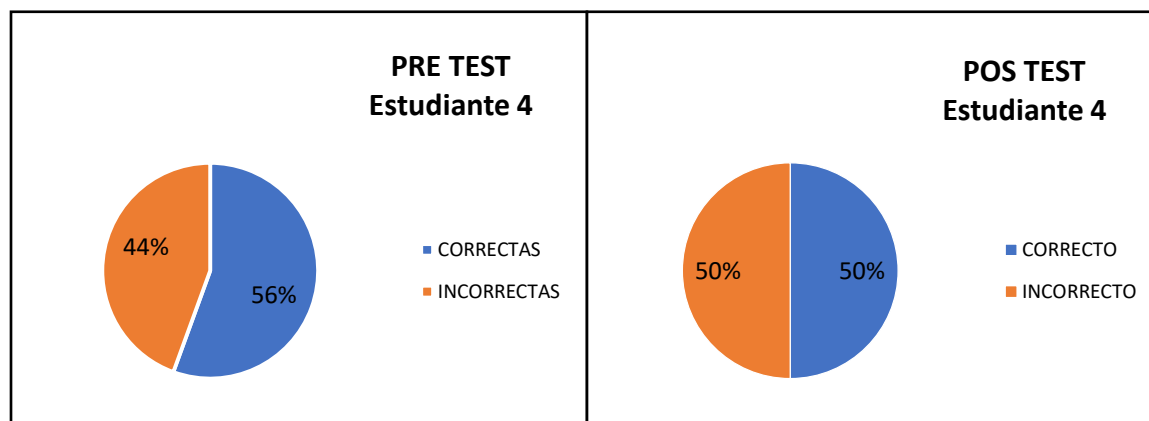


Figura 46. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 4, grupo control en el pre test y pos test. Elaboración propia.

En la Figura número 47, se puede apreciar la variación de los resultados, puesto que, no hubo intervención con el estudiante 5, por esta razón disminuyo un 2%.

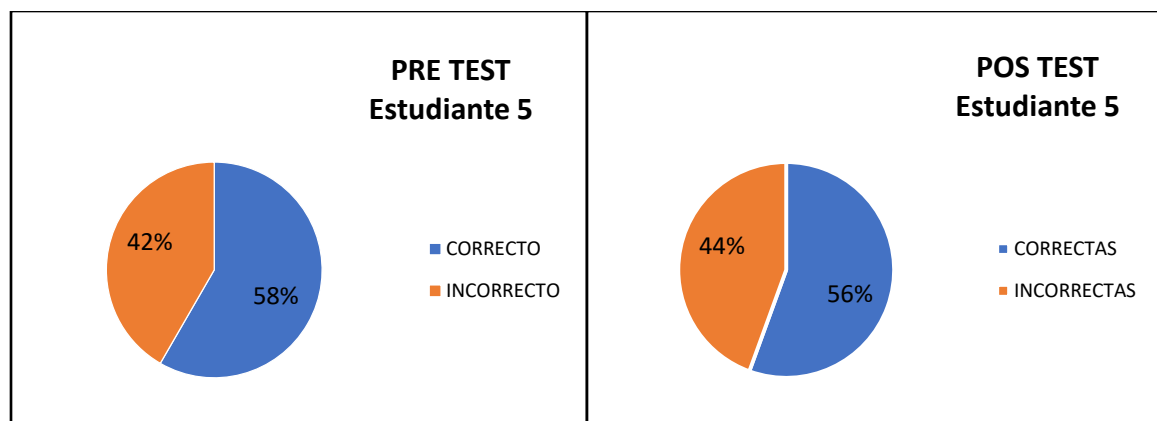


Figura 47. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 5, grupo control en el pre test y pos test. Elaboración propia.

En la Figura número 48, se puede apreciar la variación de los resultados, puesto que, no hubo intervención con el estudiante 6, por esta razón su mejora es de 9%.

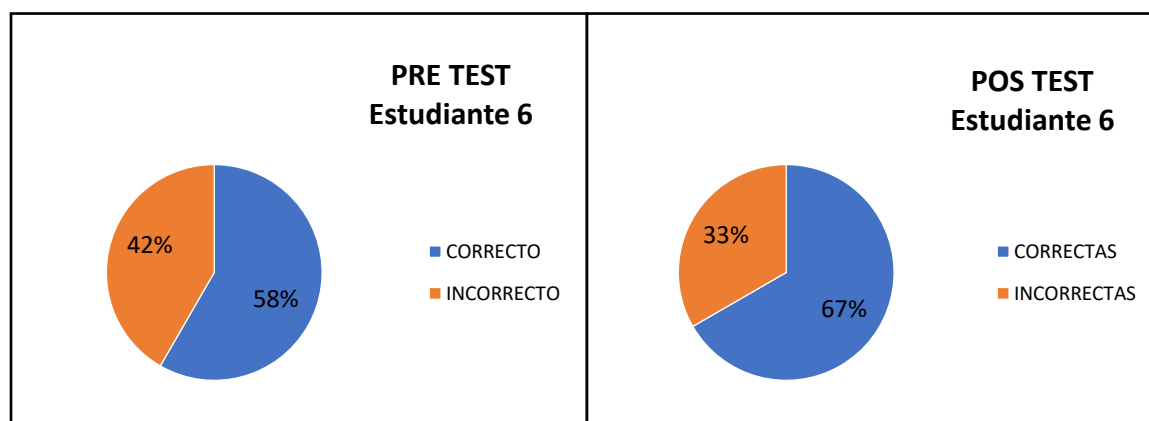


Figura 48. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 5, grupo control en el pre test y pos test. Elaboración propia.

En la Figura número 49, se puede apreciar la variación de los resultados, puesto que, no hubo intervención con el estudiante 7, por esta razón su mejora es de 17%.

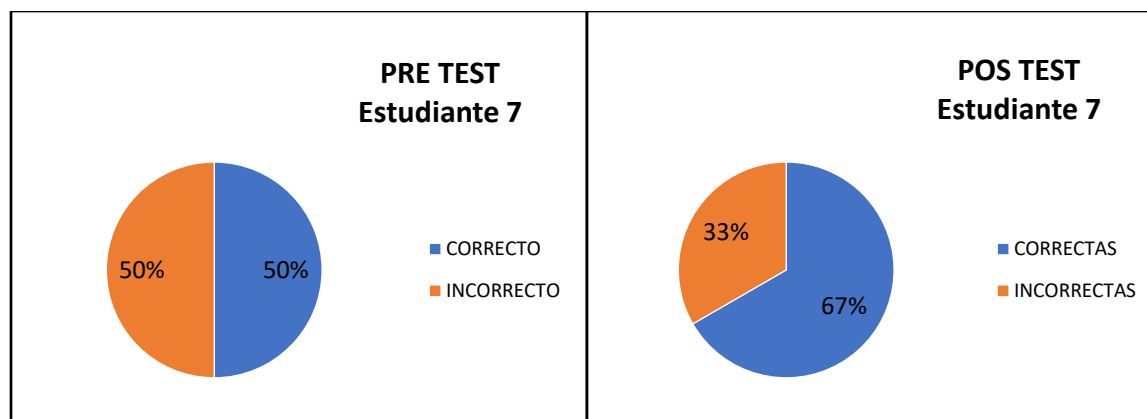


Figura 49. Gráfica. Representación gráfica de los resultados obtenidos por el estudiante 5, grupo control en el pre test y pos test. Elaboración propia.

8.2. Metodología De Diseño

La metodología de diseño que se implementará para la elaboración y construcción del recurso educativo se ajustó de acuerdo a las necesidades del proyecto. La metodología principal tomada en cuenta es la Metodología proyectual de (Munari B., 1983) la cual consiste en una serie de operaciones que tienen un orden lógico con el propósito de cumplir una finalidad y generar un mayor resultado al optimizar el proceso. Para desarrollarla se deben seguir los siguientes pasos: definición del problema, elementos del problema, recopilación de dato, análisis de datos, creatividad, materiales y tecnologías, experimentación, modelos y verificación; a los cuales se le adaptaron algunos nuevos para suplir las necesidades del trabajo de grado, como se muestra en la figura 50.

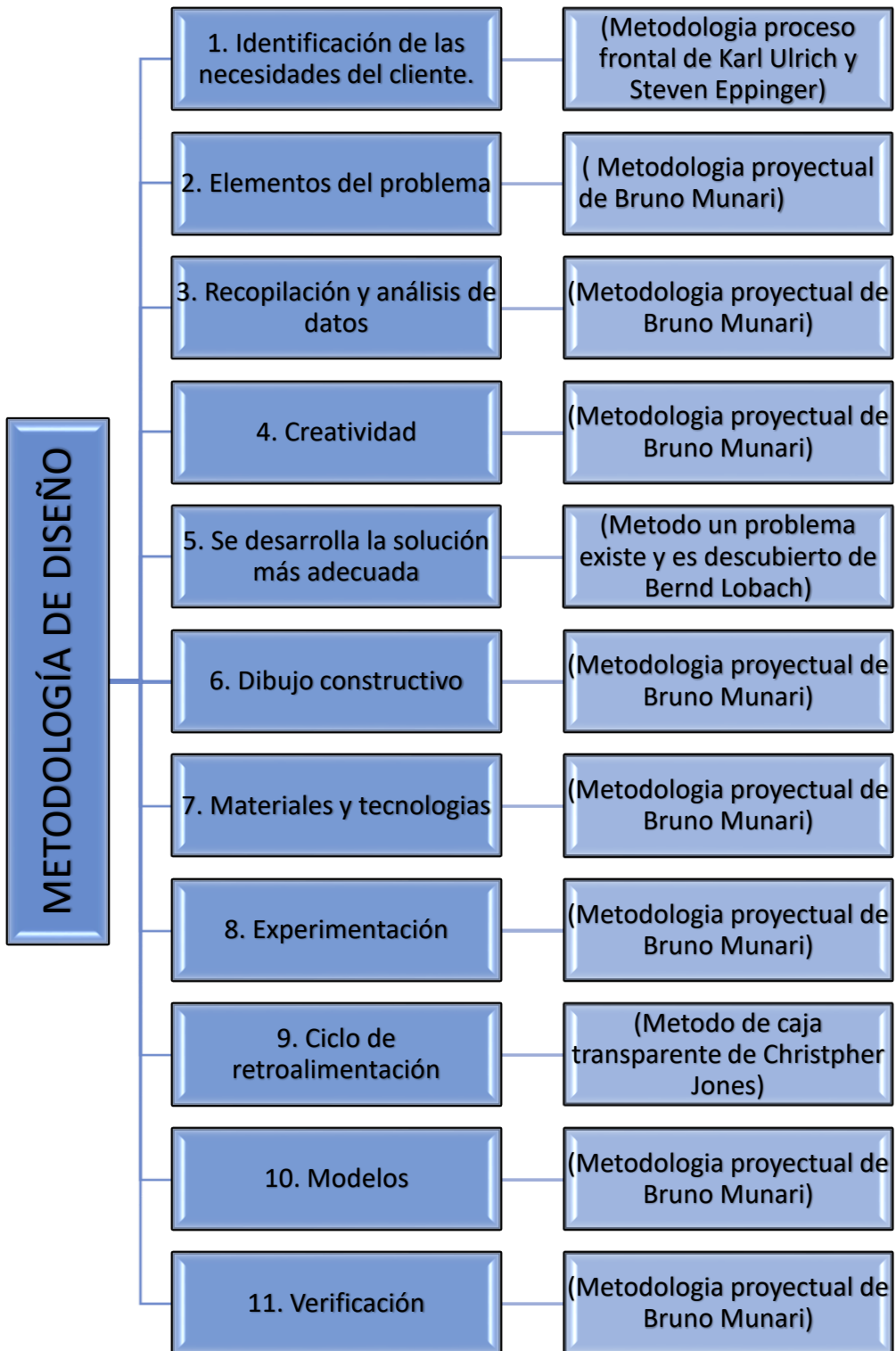


Figura 50. Metodología. Representación gráfica de los pasos para llevar a cabo el proceso de diseño. Elaboración propia.

8.2.1. Identificación de las necesidades del cliente. El primer ítem de la metodología consiste en reconocer, establecer y determinar cuál es el problema, necesidad o deseo que se resolverá. A partir de esto, se identifica y analiza una problemática detectada en la Universidad Pedagógica Nacional, descrita anteriormente en el Planteamiento del problema, pese a ello una de las motivaciones para elegir el tipo de materialidad que se va a construir, tiene que ver con la funcionalidad que permite facilitar los procesos para la ejecución de proyectos a lo largo de la carrera en los estudiantes de la licenciatura en diseño tecnológico, motivo por el cual se elaborará una máquina para corte de MDF.

8.2.2. Elementos del problema. En esta categoría es necesario desglosar el problema en varios sub problemas, lo cual permitirá reducir la complejidad de este, generando varias perspectivas frente a la importancia de los elementos que componen el problema. Por consiguiente, a partir de ello surge la siguiente pregunta de investigación del proyecto: ¿Porque es importante la conceptualización sobre transmisión de movimiento para el Licenciado en Diseño Tecnológico?, para resolver dicha pregunta se realiza un desglosamiento en las siguientes sub preguntas:

¿En qué tipos de máquinas de corte se encuentran inmersos los sistemas de transmisión de movimiento?

¿Se puede enseñar a través de una máquina de corte los conceptos implícitos en la transmisión de movimiento?

¿Cuáles son los elementos mecánicos que están componen algunas máquinas de corte?

¿Qué recursos educativos se utilizan en el aula para explicar temas relacionados a transmisión de movimiento?

¿Cuáles son los principales elementos de transmisión de movimiento?

¿Qué materiales son utilizados para elaboración de piezas mecánicas que facilitan transmisión de movimiento?

8.2.3. Recopilación y análisis de datos. En este paso se realiza una recopilación de información, para determinar cómo resolver el problema, dándole importancia exclusivamente a la función técnica, puesto que a partir de ella se logra un óptimo funcionamiento de cualquier artefacto, (Munari B., 1983).

Tabla 11:

Recopilación y analisis de datos

DATOS RECOPIRADOS	CONSULTADO		DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS
	SI	NO	
Máquinas de corte	x		Corte por sierra circula, corte por sierra sin fin, caladoras, cortadora laser, cortadora de plasma
Herramientas de corte	x		Monofilo, doble filo y filos múltiples
Conceptos inmersos en las máquinas de corte	x		Avance de corte, velocidad de corte, transmisión de movimiento, entre otros.
Tipos de transmisión de movimiento	x		Palanca, polea, polipasto, polea-correa, biela-manivela, leva, ruedas de fricción, engranes y cadenas
Materiales de fabricación para elementos de transmisión de movimiento.	x		Acero rápido, acero duro, recubrimiento en cerámica, cermet, diamante, acero no aleado, polímeros de alta densidad, etc...

Piezas estandarizadas	x	Tornillos, rodamientos, anillos de retención, ejes, cadenas, correas, cojinetes, motores, cremalleras, levas, etc.
Seguridad industrial	x	Calidad, uso adecuado, capacitación del operario, mantenimiento, transporte seguro de las herramientas y máquinas.

Nota. Cuadro de análisis de los datos recolectados. Elaboración propia.

La tabla 3, contiene un breve desglosamiento que categoriza las variables que afectan el proceso técnico y desarrollo del recurso educativo.

8.2.4. Creatividad. Partiendo de la información recopilada anteriormente, se pueden apreciar parámetros que delimitan los alcances que se persiguen en el proyecto, por consiguiente, se da paso a la generación de ideas preliminares, con el propósito de encontrar la solución más pertinente. Debido a esto, el grupo de trabajo desarrolla una serie de bocetos que deben cumplir con cada una de las características definidas y establecidas según los objetivos. A continuación, se pueden apreciar algunas representaciones gráficas:

Boceto 1

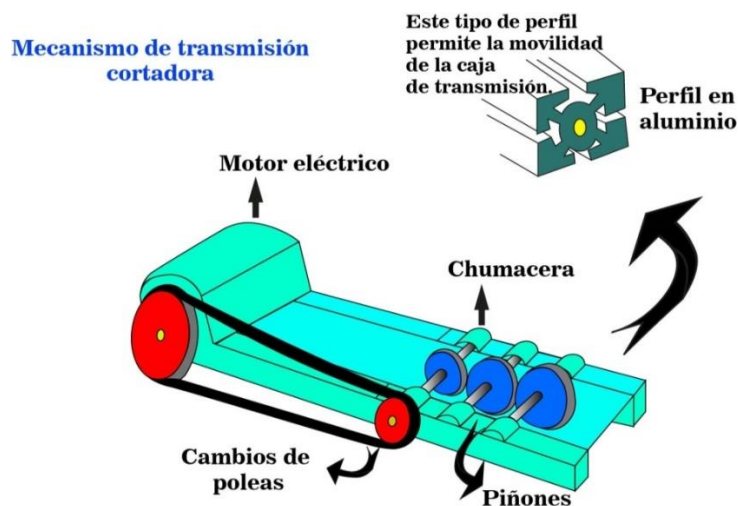


Figura 51. Mecanismo de transmisión cortadora. Representación gráfica del posible funcionamiento interno de una máquina cortadora. Elaboración propia.

En este dibujo se esboza una posible solución del mecanismo interno de una cortadora, utilizando un sistema de transmisión por engranajes rectos y polea-correa, donde, las poleas puedan ser intercambiables para modificar las velocidades de entrada y de salida, además variar la velocidad de corte de la herramienta.

Boceto 2

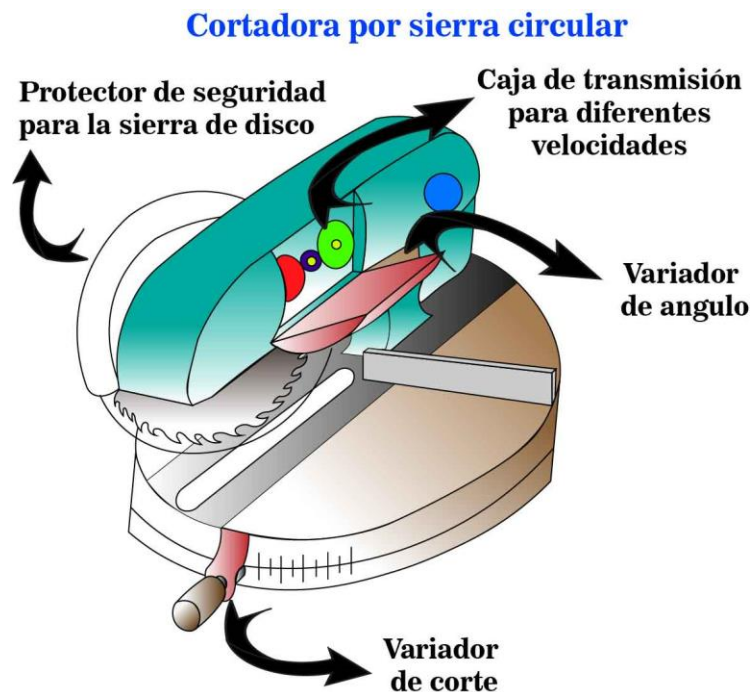


Figura 52. Cortadora por sierra circular. Representación gráfica del posible diseño de una máquina cortadora por sierra circular. Elaboración propia.

Este boceto, pretende mostrar la forma estética de la máquina cortadora, indicando las características principales que podrían componerla, estas serían: corte de filos múltiples a través de una sierra circular, variador de ángulo de corte, protector de seguridad, caja de transmisión para variar velocidades, máquina no portable y de aspecto robusto.

A partir de esta idea, se desarrollarán otro tipo de alternativas que mejoren ciertas características que no se encuentran contempladas en este posible modelo como lo son la portabilidad, la practicidad, la seguridad, la ergonomía y la estética.

Boceto 3

Cortadora portátil con sierra de caladora y circular

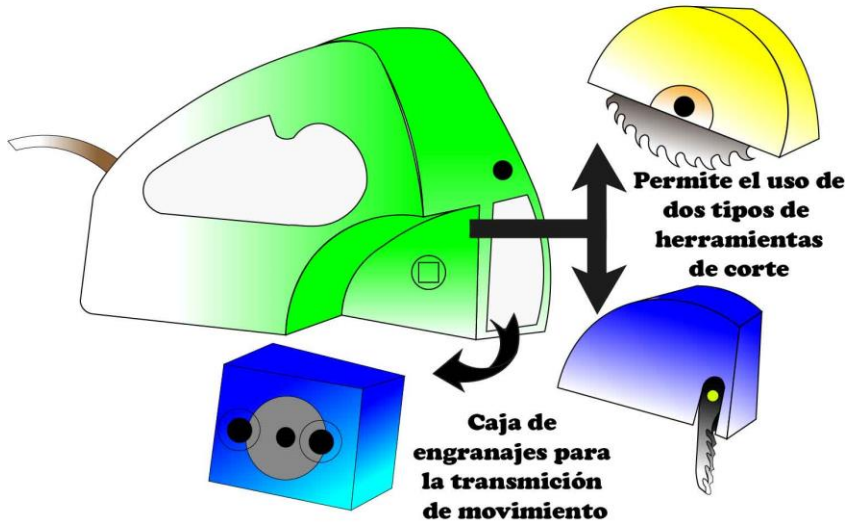


Figura 53. Cortadora portátil. Representación gráfica del posible diseño de una máquina cortadora portátil. Elaboración propia.

La idea número 3, representa gráficamente una posible solución, mostrando algunos aspectos estético-formales en su diseño. Algunos de los aspectos que se tuvieron en cuenta en la plasmación de esta ilustración son: la portabilidad que mejora la practicidad al momento de trasladarla, también muestra un sistema de ensamblaje modular que acoplar y desacoplar la caja de transmisión y el tipo de herramienta de corte; sin embargo, no hay claridad frente a los mecanismos y piezas que se requieren para lograr la transformación de un movimiento rotacional a un movimiento lineal.

8.2.5. Se desarrolla la solución más adecuada. Durante este proceso, se selecciona la idea que se encuentre más acorde con los parámetros establecidos por el grupo de trabajo, a través de una matriz de selección que contempla algunas características que son fundamentales para cumplir con los requerimientos identificados, como lo son: funcionamiento, portabilidad, parte estética de la máquina, entre otros.

Tabla 12:*Matriz de selección*

Boceto	Tipo de transmisión	Herramienta de corte	Ensamble y transporte	Fabricación	Sistema modular	Seguridad
1	Correa-polea y engranajes	No definida	Difícil de transportar (No portable)	Sistema de transmisión fácil de mecanizar.	No	No
2	Engranajes	Sierra circular	Difícil de transportar (No portable) y no cuenta con sistema de agarre	Geometrías externas complejas para mecanizar.	No	Si
3	Engranajes	Sierra circular y sierra caladora	Portable	Difícil de mecanizar las partes exteriores	Si	No

Nota. Cuadro de matriz de selección de las ideas previas. Elaboración propia.

A partir de los criterios establecidos en la matriz de selección, se determinó que la idea que más se ajusta a los requerimientos del diseño, es el boceto número 3, sin embargo, se deben considerar algunas modificaciones para mejorar y concretar la mejor idea, para posteriormente desarrollarla y fabricarla. Una de las características que no se puede evidenciar en el boceto seleccionado, tiene que ver con el mecanismo interno de la máquina y su funcionamiento, pese a ello, se pretende determinar las partes internas que comprende la máquina, su distribución, tamaño, variaciones de velocidad, sujeciones del mecanismo y demás variables que se deben abordar al momento de diseñar.

Otro aspecto a mejorar, tiene que ver con el tipo de herramienta de corte que se desea utilizar, puesto que al efectuar la propuesta número 3, se necesitaría implementar dos sistemas de transmisión diferente y esto dificultaría cumplir con el objetivo, teniendo en cuenta el tiempo estipulado para desarrollar el proyecto, por consiguiente, se elegirá una sola herramienta de corte para la máquina.

En cuanto a la parte estética planteada en dicho boceto se presentan algunas dificultades por el tipo de geometrías que resultan un tanto complejas, costosas y poco accesibles al momento de fabricar, por consiguiente, al utilizar geometrías que no sean tan complicadas se facilitaría la manufactura y el ensamble.

Finalmente, en cuanto al tema de seguridad, es importante implementar un elemento que cubra la herramienta de corte, para prevenir que el usuario sufra algún tipo de lesión o posibles accidentes al momento de manipularla.

Para iniciar con el ajuste de las características ya mencionadas, se selecciona como herramienta de corte una hoja de caladora, la cual permitirá, que el operario pueda cortar en diferentes direcciones y sentidos, y a su vez, realizar movimientos libres, al momento de hacer una transformación del material. No obstante, se elige el sistema o mecanismo que permitirá el movimiento de la herramienta.

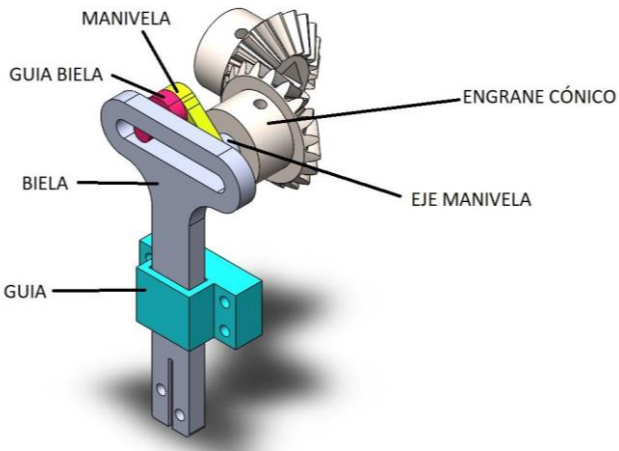


Figura 54. Mecanismo del vaivén .Representación gráfica de la transformación de movimiento para el vaivén. Elaboración propia.

El mecanismo consiste en un par de engranajes cónicos de 45° que transfieren el movimiento a la biela- manivela. Esta se encarga de convertir el movimiento rotacional a lineal y se encuentra limitada por la carrera o distancia de movimiento que está determinada por la biela. Posteriormente, se determina el sistema que permitirá transferir el movimiento y torque del motor hasta la herramienta de corte.

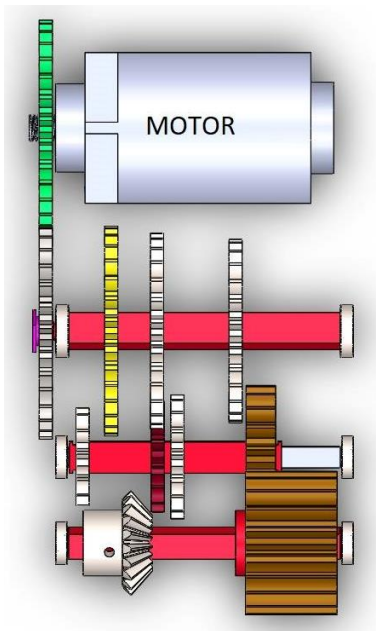


Figura 55. Mecanismo transmisión de movimiento. Representación gráfica de la transmisión de movimiento del motor a los engranajes cónicos. Elaboración propia.

El sistema de transmisión está conformado por una serie de engranajes que transforman las rpm de entrada, puesto que, una de las particularidades de las máquinas de corte es poder cambiar las velocidades de la herramienta de corte, para ello, se utiliza una caja de transmisión con tres ejes que proporcionan diferentes variaciones en la velocidad de salida como lo son: 3000rpm, 2500rpm y 2000rpm. Por último, se generan geometrías simples para la parte estética de la máquina, la cual, requiere de varias transformaciones como se muestra en la figura 57 para lograr un aspecto que cumpliera con cada una de las características propuestas por el grupo de trabajo, dando como resultado la máquina que se encuentra representada en la figura 58.

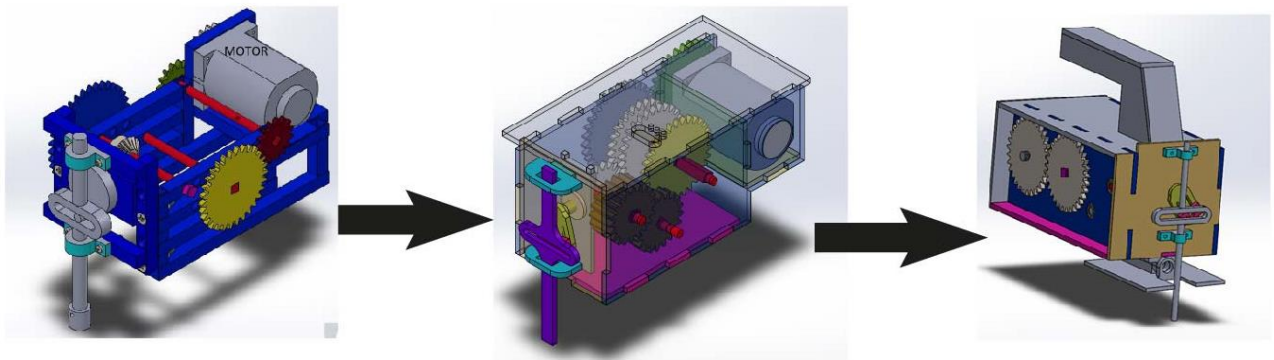


Figura 56. Modificaciones estéticas Representación gráfica de las reformas estéticas de la máquina. Elaboración propia.

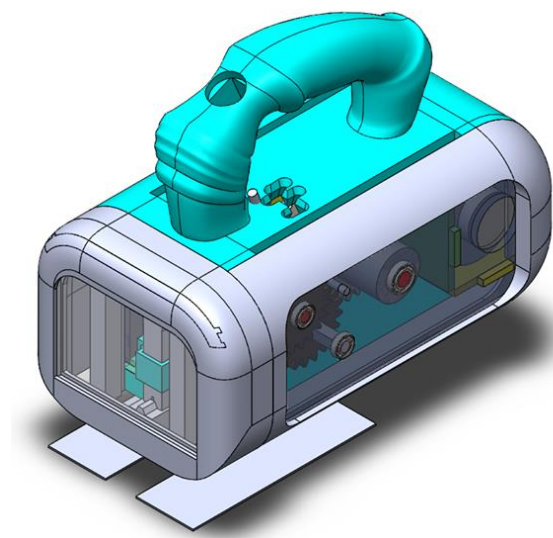


Figura 57. Diseño final Representación gráfica de la máquina de corte para la enseñanza de transmisión de movimiento. Elaboración propia.

8.2.6. Dibujo constructivo. Durante esta etapa, se realiza una representación gráfica que satisface los parámetros técnicos y normas dispuestas para su elaboración, en dicha representación se visualizan las dimensiones de cada pieza, la escala, el material, nombre de la pieza y el número de plano, facilitando el proceso de fabricación. A continuación, se mostrará el plano de despiece, para identificar las piezas que conforman la máquina, de igual manera, en el Anexo 4, se podrá encontrar los respectivos planos de cada pieza con sus dimensiones.

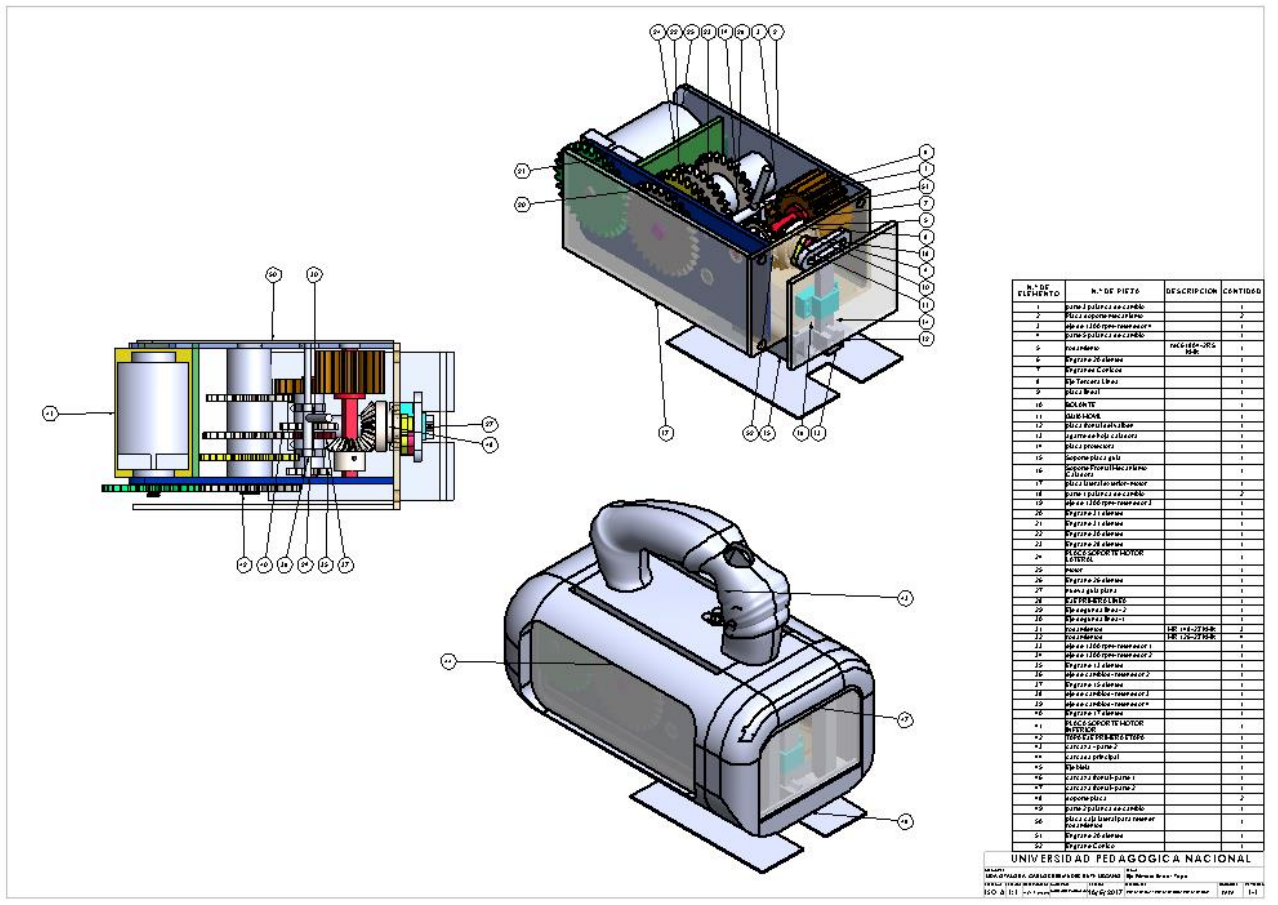


Figura 58. Plano de despiece. Representación gráfica de los planos de despiece. Elaboración propia.

8.2.7. Materiales y tecnologías. Para seleccionar adecuadamente los materiales y procesos de fabricación, es necesario realizar una búsqueda y recolección de datos para

analizarlos posteriormente, con el fin, de identificar los elementos más óptimos que cumplan con los requerimientos para el diseño y construcción de la máquina. En consecuencia, en la tabla número 13, mostrará los datos recolectados que permiten tomar una decisión.

Tabla 13:

Matriz de selección

Datos recolectados	Consultado		Descripción de los datos
	Si	No	
Elementos de sujeción.	X		Remaches, soldadura, tornillos, espárragos, abrazaderas, pasadores y tuercas.
Materiales de fabricación.	X		Hierro, acero, aluminio, cobre, bronce, molibdeno, aleaciones, ABS, acrílico, nylon, HDPE, Policarbonato, Cloruro de polivinilo y Polipropileno
Proceso de fabricación.	X		Moldeo, laminado, forjado, extrusión, estampado, doblado, curvado, limado, roscado, torneado y fresado.
Mecanizado por procedimientos especiales.	X		Corte laser, corte por chorro de agua, corte por plasma, mecanizado por ultrasonido, bruñido, lapeado y CNC.

Nota. Cuadro de análisis de los datos recolectados. Elaboración propia.

8.2.8. Experimentación. Durante este paso, se construye un modelo de la máquina que permite visualizar el mecanismo interno de la cortadora para verificar su funcionamiento, además, a través de él, se podrán verificar las dimensiones, el proceso de ensamble, algunos procesos de fabricación y materiales. Por ende, en la elaboración del modelo se utilizaron algunos materiales como MDF, varilla cuadrada de aluminio (6061-T6) y PLA, además, se llevó a cabo un proceso de corte a láser para los engranajes y parte estructural de la máquina,

impresión 3D para los engranajes cónicos, por último, los ejes se mecanizaron a través del torno y la fresadora.



Figura 59. Modelo. Registro fotográfico del proceso de construcción de la maqueta. Elaboración propia.

Durante la elaboración de este modelo solo se tuvo en cuenta las piezas estructurales y funcionamiento del mecanismo interno, por esta razón, no se desarrolló la cubierta externa de la máquina, la cual, se realizarán en impresión 3D, lo que permitirá mejorar su diseño al poder incorporar geometrías más complejas que brinden una mejor apariencia estética.

8.2.9. Ciclo de retroalimentación. Al realizar el modelo se pudo evidenciar que se deben considerar otro tipo de materiales para la fabricación de los engranes, puesto que el MDF y PLA, no tiene las propiedades mecánicas que se requieren para soportar el tipo de esfuerzos a los que se van encontrar sometidos los engranajes, además de esto, se pudo detectar que el aluminio es un material que se comporta de manera dúctil al momento de mecanizarse, lo que hace que posiblemente se deformen los ejes generando factiblemente una fractura. Por otra parte, en cuanto al proceso se refiere, se pudo detectar que no es necesario o indispensable que los

diseñadores de la maquina sean los que deben desarrollar los procesos de manufactura, puesto que, es mejor acudir a un personal calificado para llevar a cabo estos procesos técnicos, dado que, cuentan con la formación técnica y la maquinaria requerida, sin embargo, para provechar algunos recursos con los que cuentan hoy en día la universidad, se realizar el proceso de corte laser en las placas externas y de igual manera, las piezas estructurales se elaborara en impresión 3D utilizando como material base el PLA.

8.2.10. Modelos. Durante este proceso se realiza la construcción del modelo funcional, implementando las hojas de ruta como herramienta metodológica, que proporciona un mayor esclarecimiento frente a cada uno de los pasos que se deben llevar a cabo al momento de fabricar cada una de las piezas véase en el Anexo 5.

8.2.11. Verificación.

De acuerdo al proceso de fabricación y ensamble el grupo de trabajo pudo observar ciertas fallas en cuanto al diseño mecánico y estético del recurso educativo, razón por la cual se tomaron ciertas medidas para mejorar algunos de estos aspectos; entre las mejoras realizadas se encuentra la rectificación de la distancia entre centros de los engranajes puesto que la tolerancia de concentricidad fue mayor de lo requerido debido a la precisión del mecanizado, obstruyendo el funcionamiento dinámico del mecanismo. También se realizaron modificaciones en el diseño de la carcasa puesto que inicialmente el pre-diseño inicial estaba conformado por geometrías rectangulares que impedían que el modelo fuese llamativo o atractivo visualmente, lo que se tomó como oportunidad de mejora al implementar el uso de la impresión 3D, que mejoró significativamente la función estético formal del recurso al poder implementar geometrías orgánicas y complejas. Otro elemento modificado fue la palanca de cambios, debido a que al momento de diseñarla no se tuvo en cuenta la tolerancia adecuada, ocasionando una alta fricción

en el sistema de cambios impidiendo su movilidad, este error fue corregido aumentando la tolerancia en el diámetro de la palanca y mecanizándolo nuevamente. Finalmente, se logró la funcionalidad mecánica del recurso educativo.

9. CÁLCULOS DE ELEMENTOS MECÁNICOS

Para iniciar con los cálculos de las piezas que conforman el recurso educativo, es indispensable en primera instancia tener establecidos cada uno de los elementos que conforman el mecanismo, los cuales se irán ajustando de acuerdo a los esfuerzos soportados.

9.1. Cálculos de engranajes

Al encontrarse elegido el diseño del recurso educativo se procede a calcular cada una de las etapas que conforman el mecanismo interno del recurso educativo, por esta razón se iniciara calculando los esfuerzos ocurridos en los dientes de los engranajes rectos de la primera etapa, este proceso se debe realizar con todas las etapas debido a esto, se realizó una base de datos en Excel que permite agilizar los cálculos de las etapas de engranes rectos y engranes cónicos, los cuales se pueden observar en el Anexo 6.

Al empezar con este proceso se debe definir cuáles son las constantes que conozco de la primera etapa de engranajes como lo son:

numero de dientes del piñon, $N = 13$

potencia, $P = 0,14 Hp$

Velocidad angular, $\omega = 3000rpm$

Posteriormente se procede a cambiar las unidades de la potencia (Watts) y la velocidad angular (Radianes sobre segundos)

$$\text{Watts, } W = Hp * 745,7 \quad W = 0,14 * 745,7 \quad W = 104,99$$

$$\frac{rad}{s} = \frac{(\omega * 2\pi)}{60} \quad \frac{rad}{s} = \frac{(3000 * 2\pi)}{60} \quad \frac{rad}{s} = 314,1592$$

Consecutivamente se calcula el torque

$$T = \frac{(P * 6600)}{\frac{(\omega * 2\pi)}{60}} = \frac{(0,14 Hp * 6600)}{\frac{(3000rpm * 2\pi)}{60}} \quad T = 3,0987 lb * in$$

$$\text{Fuerza tangencial, } Ftan = \frac{T}{r (\text{radio de paso})} = \frac{3,0987 lb * in}{0,5118 in} = 6,0544 lbf$$

Después de hallar la fuerza tangencial del engrane se desarrolla la ecuación de AGMA para calcular esfuerzo a flexión que hay en el engrane.

$$\sigma = \frac{W_t * P_d}{F * J} * \frac{K_a * K_m}{K_v} * K_s * K_b * K_l$$

Donde, el flanco está dado por, $F = \frac{8}{P_d} < F < \frac{16}{P_d}$, para este caso se seleccionó un flanco de $\frac{2}{P_d}$, el cual equivale a $F = 0,1574 in$.

Para determinar el factor geométrico para flexión (J), se hace uso de las tablas 8-9 del libro de (Norton R., 2011), donde se realizó una interpolación, dando como resultado $J = 0,36777$.

El factor K_a es tomado a partir de la tabla 8-17 del libro de (Norton R., 2011), en la cual se tiene en cuenta el tipo de motor que se utiliza que en este caso es un motor eléctrico y el tipo de trabajo que realiza que consiste en una carga moderada. Debido a esto $K_a = 1,25$.

El Factor de distribución de carga (K_m), es tomado de la tabla 8-16 del libro de (Norton R., 2011), este depende del ancho de cara del engrane es decir de las dimensiones del flanco, en este caso, $K_m = 1,6$.

El factor dinámico (K_v), se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$K_v = \left(\frac{A}{A + \sqrt{V_t}} \right)^B \quad K_v = \left(\frac{76,8788}{76,8788 + \sqrt{803,9508}} \right)^{0,52} = 0,8493$$

Donde $A = 50 + 56(1 - B)$ $A = 50 + 56(1 - 0,52) = 76,8788$

$$B = \frac{(12 - Q_v)^{2/3}}{4} \quad B = \frac{(12 - 9)^{2/3}}{4} = 0,52$$

$$V_t = (\omega * 60) * \left(\frac{r_p}{12} \right) \quad V_t = (314,1592 * 60) * \left(\frac{0,51181}{12} \right) = 803,9508$$

El factor de tamaño (K_s) que se recomendado utilizar según (Norton R., 2011) es 1, debido a que no se desea incrementar las dimensiones del engrane.

El factor de espesor del aro (K_b), es igual a 1 puesto que el engrane es macizo es decir se encuentra conformado por un disco sólido.

El factor de un engrane loco $K_l = 1$, en vista de que el engrane no es un piñón loco.

Finalmente al determinar los valores de los factores e incógnitas para resolver la ecuación de AGAMA se procede a encontrar el esfuerzo de flexión para posteriormente hallar el factor de seguridad del engrane.

$$\sigma = \frac{6,0544 * 12,7}{0,1574 * 0,36777} * \frac{1,25 * 1,6}{0,8493} * 1 * 1 * 1 \quad \sigma = 3126,083611 \text{ lb/in}^2$$

Factor de seguridad, $F_s = \frac{S_y}{\sigma}$, donde el S_y del nylon 66 = 6400,5 psi

$$F_s = \frac{6400,5 \text{ psi}}{3126,083611 \text{ lb}/\text{in}^2} = 2,0474$$

De acuerdo al resultado dado por el factor de seguridad del engrane de 13 dientes de la primera etapa, se puede decir que este resistirá el doble del esfuerzo al que es sometido. Por otro lado para calcular en totalidad los esfuerzos de la primera etapa, se realizara el mismo procedimiento del engrane de 13 dientes con el engrane de 30 dientes que gira a 1300rpm, como se muestra a continuación:

numero de dientes del piñon, $N = 30$

potencia, $P = 0,14 \text{ Hp}$

Velocidad angular, $\omega = 1300 \text{ rpm}$

Posteriormente se procede a cambiar las unidades de la potencia (Watts) y la velocidad angular (Radianes sobre segundos)

$$\text{Watts, } W = \text{Hp} * 745,7 \quad W = 0,14 * 745,7 \quad W = 104,99$$

$$\frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{(\omega * 2\pi)}{60} \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{(1300 * 2\pi)}{60} \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 136,1356$$

Consecutivamente se calcula el torque

$$T = \frac{(P * 6600)}{\frac{(\omega * 2\pi)}{60}} = \frac{(0,14 \text{ Hp} * 6600)}{\frac{(1300 \text{ rpm} * 2\pi)}{60}} \quad T = 7,15095 \text{ lb} * \text{in}$$

$$\text{Fuerza tangencial, } F_{tan} = \frac{T}{r \text{ (radio de paso)}} = \frac{7,15095 \text{ lb} * \text{in}}{1,181102 \text{ in}} = 6,0544 \text{ lbf}$$

Después de hallar la fuerza tangencial del engrane se desarrolla la ecuación de AGMA para calcular esfuerzo a flexión que hay en el engrane.

$$\sigma = \frac{W_t * P_d}{F * J} * \frac{K_a * K_m}{K_v} * K_s * K_b * K_l$$

Donde, el flanco está dado por, $F = \frac{8}{P_d} < F < \frac{16}{P_d}$, para este caso se seleccionó un flanco de $\frac{2}{P_d}$, el cual equivale a $F = 0,1574 \text{ in.}$

Para determinar el factor geométrico para flexión (J), se hace uso de las tablas 8- 9 del libro de (Norton R., 2011), donde se realizó una interpolación , dando como resultado $J = 0,36777$.

El factor $K_a = 1,25$.

El Factor de distribución de carga $K_m = 1,6$.

El factor dinámico (K_v), se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$K_v = \left(\frac{A}{A + \sqrt{V_t}} \right)^B \quad K_v = \left(\frac{76,8788}{76,8788 + \sqrt{803,9508}} \right)^{0,52} = 0,8493$$

$$\text{Donde } A = 50 + 56(1 - B) \quad A = 50 + 56(1 - 0,52) = 76,8788$$

$$B = \frac{(12 - Q_v)^{2/3}}{4} \quad B = \frac{(12 - 9)^{2/3}}{4} = 0,52$$

$$V_t = (\omega * 60) * \left(\frac{r_p}{12} \right) \quad V_t = (136,1356 * 60) * \left(\frac{1,181102}{12} \right) = 803,9508$$

El factor de tamaño $K_s = 1$

El factor de espesor del aro $K_b = 1$

El factor de un engrane loco $K_l = 1$, en vista de que el engrane no es un piñón loco.

Finalmente, al determinar los valores de los factores e incógnitas para resolver la ecuación de AGAMA se procede a encontrar el esfuerzo de flexión para posteriormente hallar el factor de seguridad del engrane.

$$\sigma = \frac{6,0544 * 12,7}{0,1574 * 0,36777} * \frac{1,25 * 1,6}{0,8493} * 1 * 1 * 1 \quad \sigma = 3126,083611 \text{ lb/in}^2$$

Factor de seguridad, $F_s = \frac{S_y}{\sigma}$, donde el S_y del nylon 66 = 6400,5 psi

$$F_s = \frac{6400,5 \text{ psi}}{3126,083611 \text{ lb/in}^2} = 2,0474$$

El resultado dado por el factor de seguridad del engrane de 30 dientes de la primera etapa, dio el mismo valor que el engrane de 13 dientes por esta razón se considera que tienen pocas probabilidades de que fallen.

9.2. Cálculos de ejes.

En el recurso educativo se encuentran implementados 4 tipos de ejes, los cuales sostienen y transmiten la potencia de los engranajes, por esta razón, se calcularán los esfuerzos a los cuales se encuentran sometidos para verificar si soporta las fuerzas a las que está sometido, el proceso de cálculo de ejes se realizó a mano y por medio de una base de datos en Excel que permite optimizar el proceso del cálculo de ejes, debido a esto se iniciará calculando el primer eje el cual se encuentra sometido a mayores esfuerzos; el cálculo de los otros ejes se podrán observar en el Anexo 7.

Para calcular el primer eje se inicia realizando el diagrama de cuerpo libre como se muestra en la figura 60, a partir de este se determinan cuál es la dirección de las fuerzas que actúan sobre el eje.

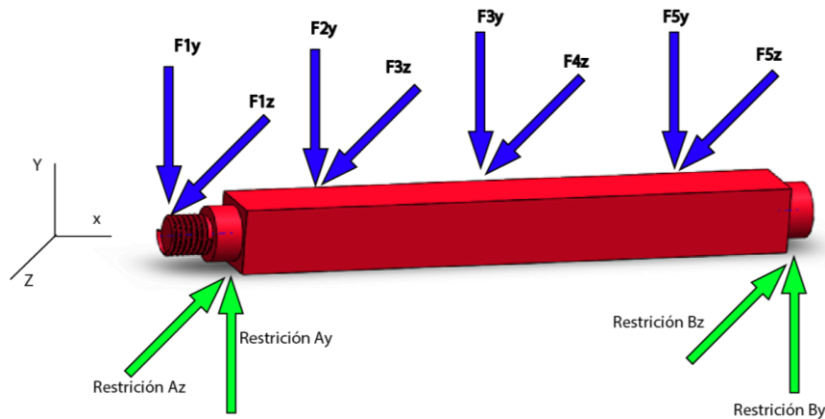


Figura 60. Diagrama de cuerpo libre. Representación gráfica de las fuerzas que actúan sobre el primer eje. Elaboración propia.

Posteriormente se procede a realizar el cálculo de las fuerzas con respecto a el plano X-Y como se muestra en la figura 61, realizando una sumatoria de fuerzas en el eje Y y una sumatoria de momentos con respecto al punto A; por otro lado en el plano X-Z como es representado en la figura 6,3 se realiza una sumatoria de fuerzas en el eje Z y una sumatoria de momentos con respecto al punto A.

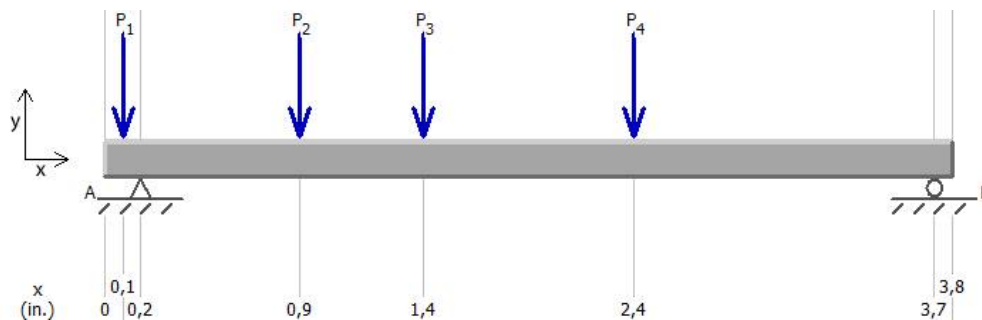


Figura 61. Grafica plano X-Y. Diagrama de fuerzas en el plano X-Y. Elaboración propia.

$$\Sigma F_y = 0 \quad \rightarrow \quad \Sigma F_y = -2,1325 + A_y - 2,2036 - 2,3610 - 2,5426 + 2,7875$$

$$A_y = 6,45238238 \text{ lbf}$$

$$\Sigma M_A = 0 \quad \rightarrow \quad \Sigma M_A = (0,1)(2,1325) + (0,7)(2,2036) - (1,2)(2,3610) - (2,2)(2,5426) + (3,5)(B_y)$$

$$B_y = \frac{0,2132 + 1,5425 + 2,8833 + 5,5938}{3,5} \quad \rightarrow \quad B_y = 2,7875 \text{ lbf}$$

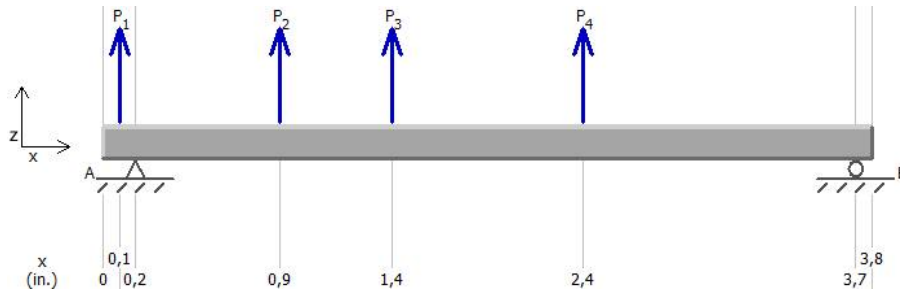


Figura 62. Grafica plano X-z. Diagrama de fuerzas en el plano X-z. Elaboración propia

$$\Sigma F_z = 0 \quad \rightarrow \quad \Sigma F_y = 5,86 - A_z + 6,0544 + 6,4869 + 6,9859 - 7,6587$$

$$A_z = 17,7286 \text{ lbf}$$

$$\Sigma M_z = 0 \quad \rightarrow \quad \Sigma M_z = (0,1)(5,86) + (0,7)(6,0544) - (1,2)(6,4869) - (2,2)(6,9859) + (3,5)(B_z)$$

$$B_z = \frac{0,586 + 4,2381 + 7,7843 + 15,3690}{3,5} \quad \rightarrow \quad B_z = 7,6587 \text{ lbf}$$

Cuando ya se conoce la fuerza provocada por las restricciones se procede a realizar la gráfica de vector cortante y momento flector en el plano X-Y, como se muestra en la figura 63, de la misma manera se hacen las gráficas de vector cortante y momento flector en el plano X-Z como se muestra en la figura 64.

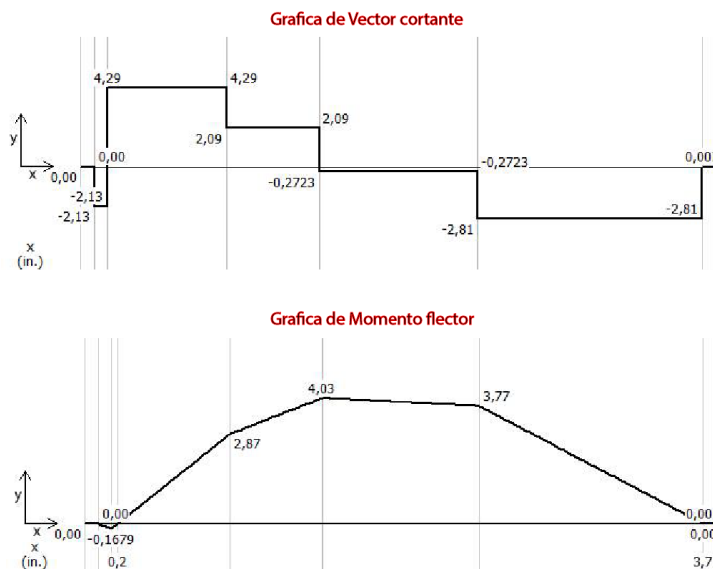


Figura 63. Grafica plano X y Y. Representación gráfica del vector cortante y momento flector del primer eje. Elaboración propia.

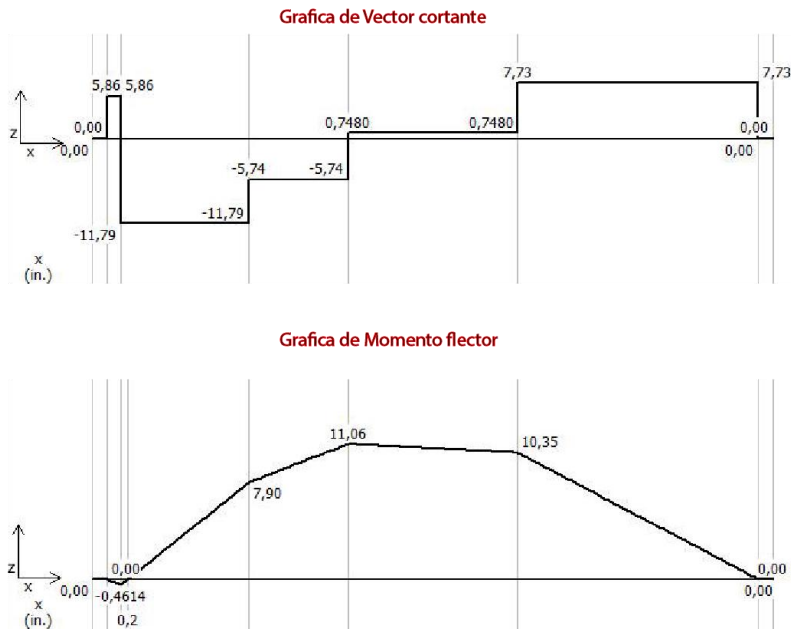


Figura 64. Grafica plano X y Z. Representación gráfica del vector cortante y momento flector del primer eje. Elaboración propia.

Gracias a la gráfica de momento flector se puede seleccionar el punto donde el momento es mayor, lo que significa, que en este lugar hay más probabilidades que falle el elemento, por esta razón se calcula el esfuerzo a flexión, torsión y límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina (S_e) en el punto donde se encuentra el engrane número 3, ya que tiene un momento de 11,06 en el plano X-Z.

$$\text{esfuerzo a flexión, } \sigma = \frac{M * C}{I} = \frac{(11,06 \text{ lb})(0,1875 \text{ in})}{\frac{(0,375)(0,375)^3}{12}} * (1.7) \rightarrow \sigma = 2011,11959 \text{ psi}$$

$$\text{esfuerzo a torsión, } \tau = \frac{T * C}{J} = \frac{(4,81 \text{ lb})(7,15095 \text{ in})}{(0,375)^3} \rightarrow \tau = 978,377638 \text{ psi}$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * K_{f_s} * S'_e$$

El factor de modificación de las condiciones superficiales $K_a = a * Sut^b$ donde las incógnitas a y b son valores que se encuentran en la tabla 6-2 del libro de (Norton R., 2011).

$$K_a = 0,134692 \quad a = 2,7 \quad b = -0,265$$

El factor de modificación de tamaño $K_b = \left(\frac{d}{0,3}\right)^{-0,107}$ donde $d = 0,808(\sqrt{b * h})$

$$d = 0,808 \left(\sqrt{0,375 * 0,375}\right) \rightarrow d = 0,303$$

$$K_b = \left(\frac{0,303}{0,3}\right)^{-0,107} \rightarrow K_b = 0,99879$$

El factor de modificación de la carga $K_c = 1$

El factor de modificación de la temperatura $K_d = 1$

El factor de confiabilidad $K_e = 1$

El factor de modificación de efectos varios $K_f = 1,7$

$$K_{fs} = 1,5$$

El límite de resistencia la fatiga en viga rotatoria (S'_e)

$$S'_e = 0,4 * Su \rightarrow S'_e = 0,4 * 81,9ksi \rightarrow S'_e = 33kpsi$$

$$Se = 0,1346 * 0,9987 * 1 * 1 * 1 * 1,7 * 1,5 * 33 kpsi \rightarrow Se = 7492,2258 psi$$

Después de tener el límite de resistencia a la fatiga dado por Marín, se utiliza la teoría de falla por energía de distorsión, con el fin de hallar los esfuerzos medios y alternos equivalentes que actúan sobre el eje, lo cual permite evaluar y comprender la teoría de falla de Goodman modificado.

$$\text{Esfuerzo alternante equivale } \sigma'_a = (\sigma_a^2 + 3 \tau_a^2)^{1/2} = (2011,1195^2)^{1/2}$$

$$\sigma'_a = 2011,1195$$

Esfuerzo medio equivalente, $\sigma'_m = (\sigma_m^2 + 3 \tau_m^2)^{1/2} = (0 + 3 * (978,3776)^2)^{1/2}$

$$\sigma'_m = 978,3776$$

Por último se procede a calcular el factor de seguridad, haciendo uso del teoría de falla de Goodman modificado,

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma'_a}{Se} + \frac{\sigma'_m}{Sut} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{n} = 0,$$

10. CONCLUSIONES

- Las dificultades técnicas que se presentaron en mayor proporción tuvieron que ver principalmente con el ensamble del recurso educativo, puesto que no se manejaron adecuadamente algunas tolerancias, lo que generó sobrecostos y exceso en el tiempo de trabajo.
- Se comprobaron matemáticamente los esfuerzos a los cuales se encuentran sometidas las piezas del recurso educativo, evidenciando que los ejes son los elementos más críticos de la cortadora, debido al recalentamiento, torsión y demás esfuerzos que lo afectan al ser un sistema dinámico, por tal razón, la selección del material fue consecuente con los resultados obtenidos.
- La elaboración de recursos educativos favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje apoyando el desarrollo de los contenidos, además, al aplicarlos tienen efectos que pueden generar nuevos conocimientos y mejorar la aprehensión de los conceptos.
- La aplicación del recurso educativo en el grupo experimental, tuvo efectos positivos puesto que mejoraron la conceptualización de los temas sobre transmisión de movimiento en un 19.5% como se puede evidenciar en el análisis de datos obtenido, de los resultados de las pruebas pre test- pos test realizadas en el grupo de diseño III de la Universidad Pedagógica Nacional.

- En la prueba pre test se demostró que el grupo experimental mantuvo una nota en un rango de 2,0 a 3,7 mientras que el grupo control mantuvo un rango entre 2,0 y 3,0, evidenciando un cierto nivel de comprensión general sobre los temas relacionados con transmisión de movimiento, lo que facilitó comparar los resultados entre los dos grupos al momento de aplicar el recurso educativo. Posteriormente, en la prueba pos test se pudo observar que hubo una mejora significativa frente a la prueba pre test, puesto que el grupo experimental mejoró sus resultados en un 12% frente al grupo control.
- Gracias al desarrollo de este trabajo se pudo reafirmar la importancia de entender la transmisión de movimiento, puesto que, le permite al egresado de la licenciatura abordar diferentes proyectos de acuerdo al énfasis de la carrera enfocado a los sistemas mecánicos, fortaleciendo la enseñanza y aprendizaje de la tecnología desde la praxis.

11. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la búsqueda de materiales que tengan propiedades mecánicas de acuerdo al proyecto y que sean más económica para reducir costos
- Reducir la densidad de la malla interna de la carcasa, al momento de imprimir para evitar el peso excesivo, sin olvidar que es un elemento estructural que contiene el mecanismo.
- En cuanto al dibujo constructivo, es indispensable considerar las tolerancias, ya que al no hacer uso de ellas, se produce un sobre costo de materiales, aumento de tiempo de trabajo y desgaste físico para corregir las posibles fallas al ignorar este aspecto.
- Al aplicar las encuestas para la recolección de datos se recomienda advertir a los estudiantes sobre abstenerse de utilizar aparatos tecnológicos como, Tablet, celulares o computadores, para evitar posible fraude en la información recolectada.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Torre S. y Violant V. ((s.f.)). ESTRATEGIAS CREATIVAS EN LA ENSEÑANZA.
sentipensar, 1-10.
- Villamizar M. (1994). *Ley 115 de Febrero 8 de 1994*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Ausubel D., Novak J. y Hanesian H. (1983). *Psicología Educativa*. México: TRILLAS.
- Boothroyd G. (1978). *Fundamentos del corte de metales y de las máquinas-herramientas*. U.S.A: McGRAW-HILL.
- Budynas R. y Nisbett J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica*. México: McGraw-Hill.
- Carretero M. (1997). *Constructivismo y educación*. México D.F.: Progreso, S.A.
- Casillas A. L. . (1966). *Maquinas calculos de taller*. Madrid (España): Maquinas.
- Comenius J. (1986). *DIDACTICA MAGNA*. México: Porrúa.
- García E., Guindeo C., Peraza O. y Palacios D. (2002). . *La madera y su tecnología*. Madrid: Mundi-Prensa Barcelona.
- Gaviria C. (1992). *Ley 30 de Diciembre 28 de 1992*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Hernández S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *Universidad y sociedad del conocimiento*, 26-35.
- Ministerio de educación. (2008). *Guia 30. ser competente en tecnología*. Bogotá: Revolución educativa .
- Mott R. (2006). *Diseño de elementos máquinas*. México: Pearson.

Munari B. (1983). *Cómo nacen los objetos*. Barcelona: Gustavo Gili.

Norton R. (2011). *Diseño de maquinas*. Mexico: Pearson.

Rodríguez M. , Hinojosa M. y Ortíz U. (2002). Breve y parcial historia de los engranajes.
Ingenierías, 16 - 23.

Russell H. (2001). *Mecánica de materiales*. México: Pearson.

Sampieri R. , Collado C. y Lucio M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Grall
Hill.

Shigley J. y Mischeke C. (1990). *Diseño en ingeniería mecánica*. México: Mc Graw Hill.

Torres H. y Girón D. (2009). *Didáctica General*. Centroamérica: Editorama, S.A.

Universidad Pedagógica Nacional. (2014). *Plan de desarrollo institucional 2014-2019*. Bogotá:
Universidad Pedagógica Nacional.

Westbrook R. (1993). JOHN DEWEY. *UNESCO: Oficina Internacional de Educación*, 289-305.

13. WEBGRAFÍA

Alves de Mattos L. (1963). *Compendio de didáctica general*. Buenos Aires: Kapelusz. Obtenido

de Compendio de didáctica general:

<https://didacticapep.wikispaces.com/file/view/didactica+de+alves+de+mattos.pdf>

Cristi I. (07 de 2003). *Casanchi*. Obtenido de Casanchi: casanchi.com/fis/05_palancas.pdf

Galindo A., Reyes D. y Terrazas C. (s.f.). *lec_34 evolución de la tecnología en la educación*.

Recuperado el 05 de 07 de 2017, de lec_34 evolución de la tecnología en la educación:

http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Lic_virt/LITE/DITE006/Unidad_3/lec_34%20Evolucion%20de%20las%20tecnologias%20en%20educacion.pdf

Gaviria C. (1992). *Ley 30 de Diciembre 28 de 1992*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

Gómez G. (2014). *Brettis*. Obtenido de Brettis:

<http://www.brettis.com/Tutorial/03Lubricantesparaengranajes.pdf>

Landín P. (4 de 11 de 2016). *Pelandintecno*. Recuperado el 22 de 09 de 2017, de Pelandintecno:

<https://drive.google.com/file/d/0BxOrdGiYZyv5SXI5NUZGak81bGc/view>

M., C. (14 de Agosto de 2017). *fadp*. Obtenido de fadp:

http://www.fadp.edu.co/uploads/ui/articulos/LA_DIDACTICA.pdf

Morales P. (México). *Elaboración del material didáctico*. 2012: TERCER MILENIO S.C.

Obtenido de http://biblio3.url.edu.gt/Libros/didactica_general/11.pdf

Murillo J. (2013). *postgradoune*. Obtenido de postgradoune:

<http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimental.pdf>

Rojas J. (13 de 05 de 2013). *SlideShare*. Recuperado el 29 de 09 de 2017, de SlideShare:

<https://es.slideshare.net/josein1308/transmision-de-cadenas>

13. ANEXOS

13.1. ANEXO 1 PLANEACIONES.

13.1.1 ANEXO 1 PLANEACION GRUPO CONTROL.



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
LIC. DISEÑO TECNOLÓGICO
FORMATO DE PLANEACIÓN

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL **JORNADA:** _____ **N. TITULAR:** Andrés Felipe Eslava
GRUPO: Diseño III (Grupo Control) **MAESTROS EN FORMACIÓN:** Carlos Bermúdez, Ruth Lizcano, Lida Otálora.

INTENCIONALIDAD	
Asume un pensamiento crítico que le permite proponer y construir proyectos que involucren la transmisión de movimiento	
COMPETENCIAS & DESEMPEÑOS	CONTENIDOS
<p>competencia</p> <ul style="list-style-type: none">Identifica y reconoce la importancia de apropiar conceptos relacionados con transmisión de movimiento, como Licenciados en Diseño Tecnológico. <p>Desempeño</p> <ul style="list-style-type: none">Conoce los parámetros básicos para diseñar un engranaje.Realiza relaciones de aumento y disminución de velocidad, utilizando engranajes rectos.	<ul style="list-style-type: none">- Engranajes- Relaciones de transmisión- Fuerzas que actúan en los engranajes

No. sesión y fecha	ACTIVIDADES	MATERIALES DE APOYO Y RECURSOS BIBLIOGRAFICOS	EVALUACIÓN
1	<p>INDICAR LA FINALIDAD DE LA ACTIVIDAD:</p> <p>Esta actividad se llevara a cabo para verificar si el grupo control mejora el aprendizaje en temas relacionados con transmisión de movimiento sin utilizar ningún tipo de material didáctico, en comparación al grupo experimental, el cual será intervenido con la aplicación de un recurso educativo para explicar los mismos conceptos.</p> <p>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se realiza una activación cognitiva que consiste en hacer preguntas sobre transmisión de movimiento a los estudiantes, para contextualizarlos. (15 min) 2. Se procede a hacer una explicación teórica sobre los parámetros para construir un engranaje, se muestran las fuerzas que actúan sobre él y se realiza un ejercicio mostrando como varían las velocidades de acuerdo a las relaciones de transmisión seleccionas. (70 min) 3. Finalmente los estudiantes deben realizar un ejercicio sencillo sobre relaciones de transmisión. (15 min) 	<p>BIBLIOGRAFIA</p> <p>Diseño De Maquina De Norton</p> <p>Casillas</p>	<p>¿Qué?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que los estudiantes sean capaces de identificar los parámetros básicos para diseñar un engranaje recto. • Que los estudiantes logren realizar sistemas de aumento y reducción de velocidad con engranajes rectos. • Que los estudiantes reconozcan las fuerzas que actúan en los engranajes rectos.

13.1.2 ANEXO 1 PLANEACION GRUPO EXPERIMENTAL.



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
LIC. DISEÑO TECNOLÓGICO
FORMATO DE PLANEACIÓN**

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL **JORNADA:** ____ **N. TITULAR:** Andrés Felipe Eslava

GRUPO: Diseño III (Grupo Experimental) **MAESTROS EN FORMACIÓN:** Carlos Bermúdez, Ruth Lizcano, Lida Otálora.

INTENCIONALIDAD			
Asume un pensamiento crítico que le permite proponer y construir proyectos que involucren la transmisión de movimiento			
COMPETENCIAS & DESEMPEÑOS		CONTENIDOS	
competencia <ul style="list-style-type: none"> Identifica y reconoce la importancia de apropiar conceptos relacionados con transmisión de movimiento, como Licenciados en Diseño Tecnológico. Desempeño <ul style="list-style-type: none"> Conoce los parámetros básicos para diseñar un engranaje. Realiza relaciones de aumento y disminución de velocidad, utilizando engranajes rectos. 		<ul style="list-style-type: none"> Engranajes Relaciones de transmisión Fuerzas que actúan en los engranajes 	
No. sesión y fecha	ACTIVIDADES	MATERIALES DE APOYO Y RECURSOS BIBLIOGRAFICOS	EVALUACIÓN
			¿Qué?

<p>1</p>	<p>INDICAR LA FINALIDAD DE LA ACTIVIDAD:</p> <p>Esta actividad se llevara a cabo para verificar si el grupo experimental presenta una mejora significativa al aplicar un recurso educativo para el aprendizaje de transmisión de movimiento, en comparación al grupo control que fue intervenido tradicionalmente de manera teórica.</p> <p>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Se realiza una activación cognitiva que consiste en hacer preguntas sobre transmisión de movimiento a los estudiantes, para contextualizarlos. (15 min) 5. Se procede a hacer una explicación sobre los diferentes conceptos inherentes al tema de transmisión de movimiento a través de la implementación de un recurso educativo. (70 min) 6. Por último los estudiantes pueden interactuar y utilizar el recurso educativo para visualizar las variaciones de velocidad, los piñones, flechas, relaciones de transmisión, punto de contacto entre los dientes y demás. (15 min) 	<p>MATERIAL DE APOYO: Recurso Educativo para la Enseñanza y el Aprendizaje de Transmisión de Movimiento</p>  <p>BIBLIOGRAFIA</p> <p>Diseño De Maquina De Norton Casillas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Que los estudiantes sean capaces de identificar los parámetros básicos para diseñar un engranaje recto. • Que los estudiantes logren realizar sistemas de aumento y reducción de velocidad con engranajes rectos. • Que los estudiantes reconozcan las fuerzas que actúan en los engranajes rectos.
----------	--	--	---

13.2. ANEXO 2 ENCUESTA PRE TEST.

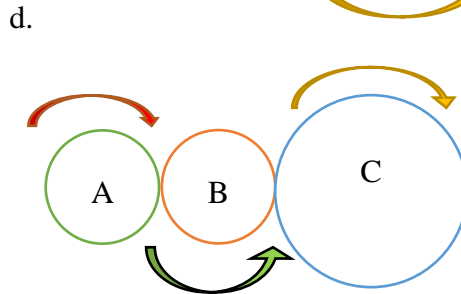
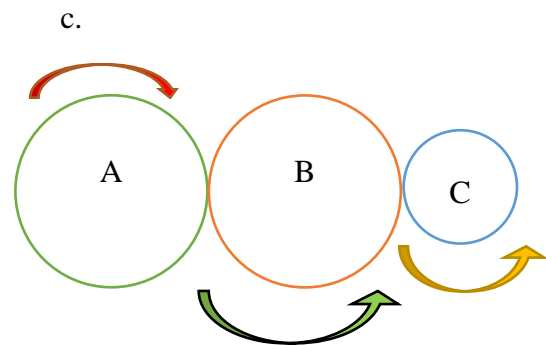
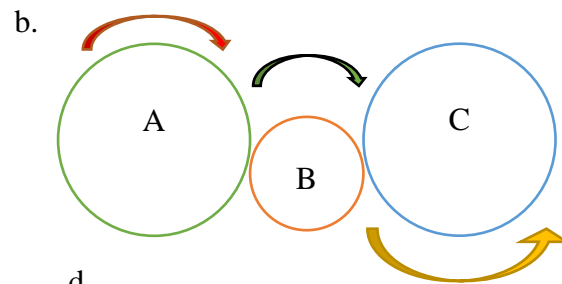
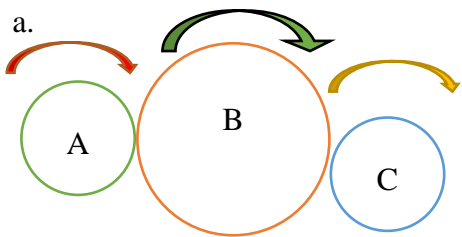
TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

Agradecemos su colaboración para desarrollar la siguiente encuesta, marcando con una X la respuesta correcta según sus conocimientos.

¿Los engranajes rectos se utilizan para transmisión en?

- a. Ejes paralelos
- b. Ejes perpendiculares
- c. Ejes cruzados
- d. Ninguna de las anteriores

¿Cuál de las siguientes imágenes muestra el sentido de giro correcto?



¿Cuál de las siguientes definiciones sobre el concepto de transmisión de movimiento es correcta?

- a. Relación de giro que existe entre el piñón conductor y la rueda conducida, puede ser reductora de velocidad o multiplicadora de velocidad.
- b. Instrumentos que facilitan ciertos trabajos según el nivel de fuerza y/o en dirección en que se aplica la fuerza.
- c. Sistema que permite aumentar o disminuir la potencia girando sobre su propio eje.
- d. Ninguna de las anteriores

Una corona, plato o estrella es:

- a. El engranaje grande de una transmisión
- b. Rueda dentada de mayor tamaño, y por tanto, de mayor número de dientes de cada etapa de reducción o de multiplicación de velocidad.
- c. El engranaje exterior de un planetario
- d. Ninguna de las anteriores.

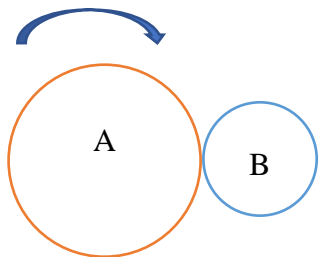
¿El engranaje loco sirve para?

- a. Transmitir potencia
- b. Para convertir el movimiento circular a lineal
- c. Para convertir el movimiento lineal a circular
- d. Para cambiar el sentido de giro
- e. Ninguna de las anteriores

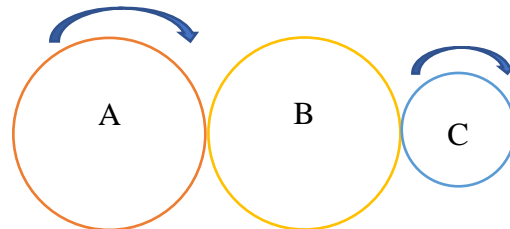
¿Cuál de los siguientes sistemas de transmisión se requiere para reducir las revoluciones de un motor, si la rueda dentada que va conectado al motor es la

A?

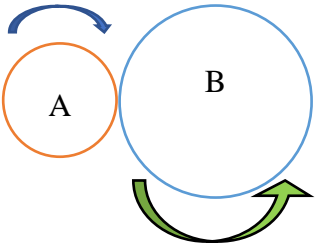
a.



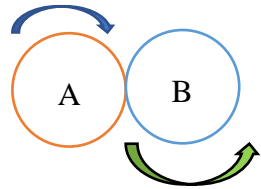
b.



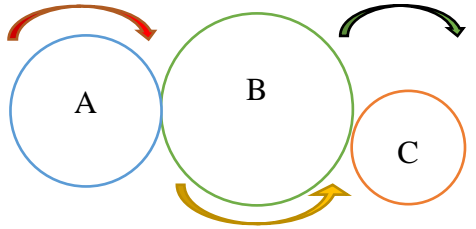
- c.
- d.
- c.



- d.



¿Cuál es la relación de transmisión que hay en el siguiente tren de engranajes?



- a. 0.5
- b. 1.8
- c. 3
- d. 5

Engrane	# de dientes
A	45
B	90
C	15

13.3. ANEXO 3 ENCUESTA POS TEST.

TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

Agradecemos su colaboración para desarrollar la siguiente encuesta, marcando con una X la respuesta correcta según sus conocimientos.

1. ¿Cuál de las siguientes definiciones sobre el concepto de transmisión de movimiento es correcta?

- a. Relación de giro que existe entre el piñón conductor y la rueda conducida, puede ser reductora de velocidad o multiplicadora de velocidad.
- b. Instrumentos que facilitan ciertos trabajos según el nivel de fuerza y/o en dirección en que se aplica la fuerza.
- c. Sistema que permite aumentar o disminuir la potencia girando sobre su propio eje.
- d. Ninguna de las anteriores

2. Una corona, plato o estrella es:

- a. El engranaje grande de una transmisión.
- b. Rueda dentada de mayor tamaño, y por tanto, de mayor número de dientes de cada etapa de reducción o de multiplicación de velocidad.
- c. El engranaje exterior de un planetario.
- d. Ninguna de las anteriores.

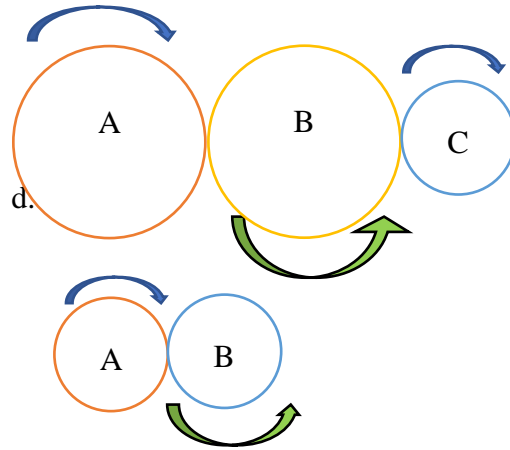
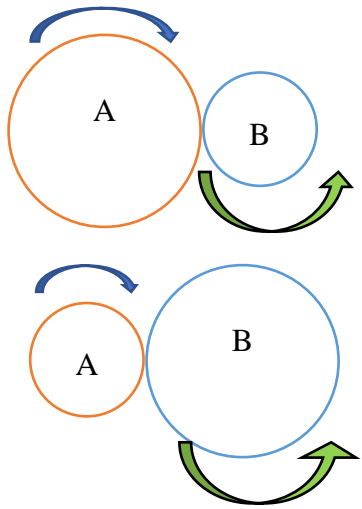
3. ¿El engranaje loco sirve para?

- a. Transmitir potencia.
- b. Para convertir el movimiento circular a lineal.
- c. Para convertir el movimiento lineal a circular.
- d. Para cambiar el sentido de giro.
- e. Ninguna de las anteriores

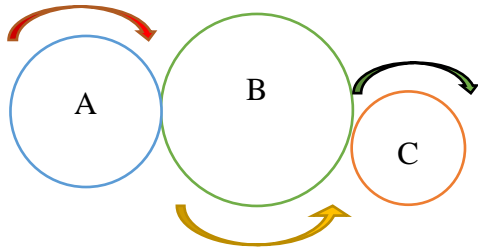
4. ¿Cuál de los siguientes sistemas de transmisión se requiere para reducir las revoluciones de un motor, si la rueda dentada que va conectado al motor es la A?

a.

b.



5. ¿Cuál es la relación de transmisión que hay en el siguiente tren de engranajes?



- b. 0.5
- c. 1.8
- d. 3
- e. 5

Engrane	# de dientes
A	45
B	90
C	15

6. ¿Cuáles son las fuerzas que actúan en el punto de contacto entre los dientes de los engranajes rectos?

- a. Axial-Tangencial.
- b. Radial-Tangencial.
- c. Gravitatoria-Normal.
- d. Rozamiento-Normal.

7. ¿Cuáles son los ángulos de presión estandarizados para el diseño de engranajes?

- a. $13^\circ - 20^\circ - 26^\circ$
- b. $18^\circ - 22^\circ - 25^\circ$
- c. $14,5^\circ - 20^\circ - 25^\circ$
- d. Ninguno de los anteriores.

8. La ley fundamental de los engranajes se refiere a:

- a. Los dientes que se encuentran en contacto no deben tener deslizamiento.
- b. No debe existir holgura o juego entre los dientes de los engranajes.
- c. Los engranajes deben tener el mismo modulo.
- d. La potencia de entrada debe ser igual a la potencia de salida.

9. ¿Cuál es la función que cumple el diámetro primitivo?

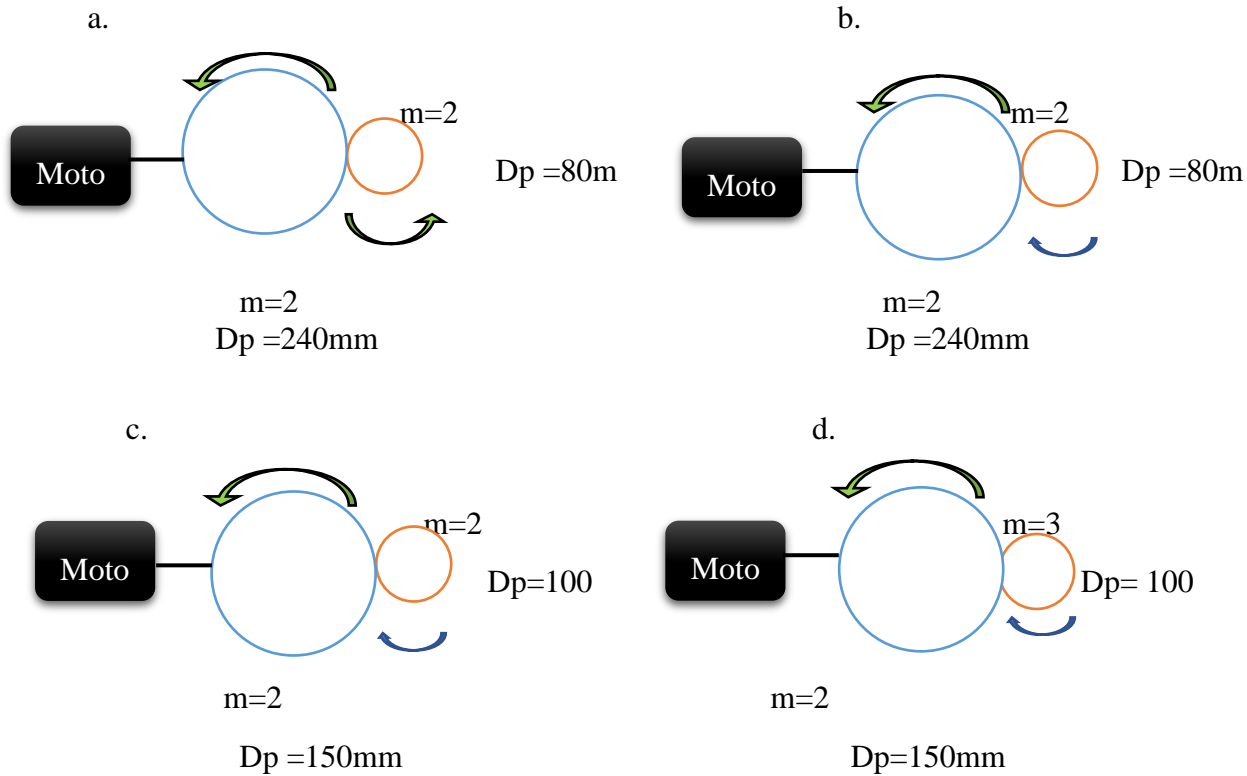
- a. Permite la construcción de la involuta en el diente del engrane.
- b. Determinar el tamaño total del engrane.
- c. Establece el punto de contacto entre los dientes del engrane.
- d. Ninguna de las anteriores.

10. Describa brevemente porque es importante para un licenciado en diseño tecnológico conocer los conceptos relacionados con transmisión de movimiento:

De acuerdo al siguiente enunciado, responda las preguntas de la 11 a la 13.

Un motor que gira a 200 rpm, tiene montado en su eje un engranaje de 120 dientes y está acoplado a otro engranaje de 40 dientes.

11. ¿El esquema correcto del mecanismo es?



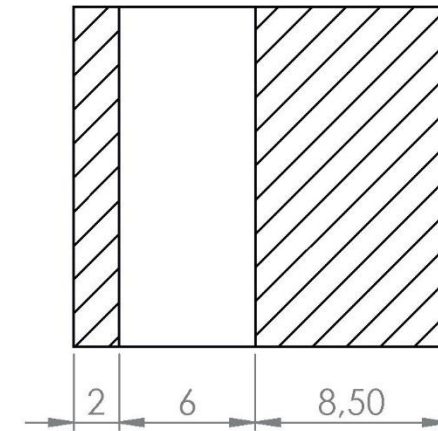
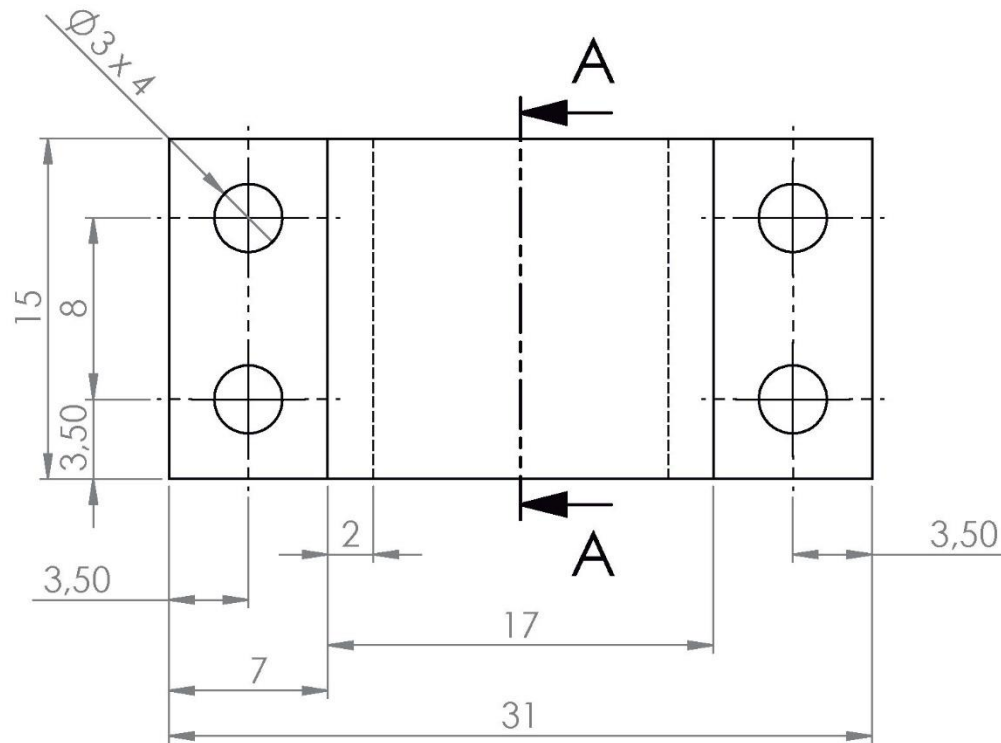
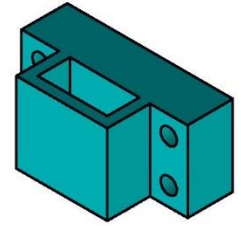
12. ¿Cuál es la velocidad de salida?

- a. 600rpm
- b. 666.666rpm
- c. 500rpm
- d. 0.333rpm
- e. Ninguna de las anteriores

13. ¿Cuál es el adendum de los engranes de 120 y 40 dientes?

- a. 2 y 3
- b. 2 y 2
- c. 4 y 2
- d. 2.4321 y 3
- e. Ninguna de las anteriores

13.4. ANEXO 4 PLANOS.



SECCIÓN A-A
ESCALA 3 : 1

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES
LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

TEMA
GUIA

SISTEMA
ISO A

ESCALA
1:2

TOLERANCIA
+/- 1mm

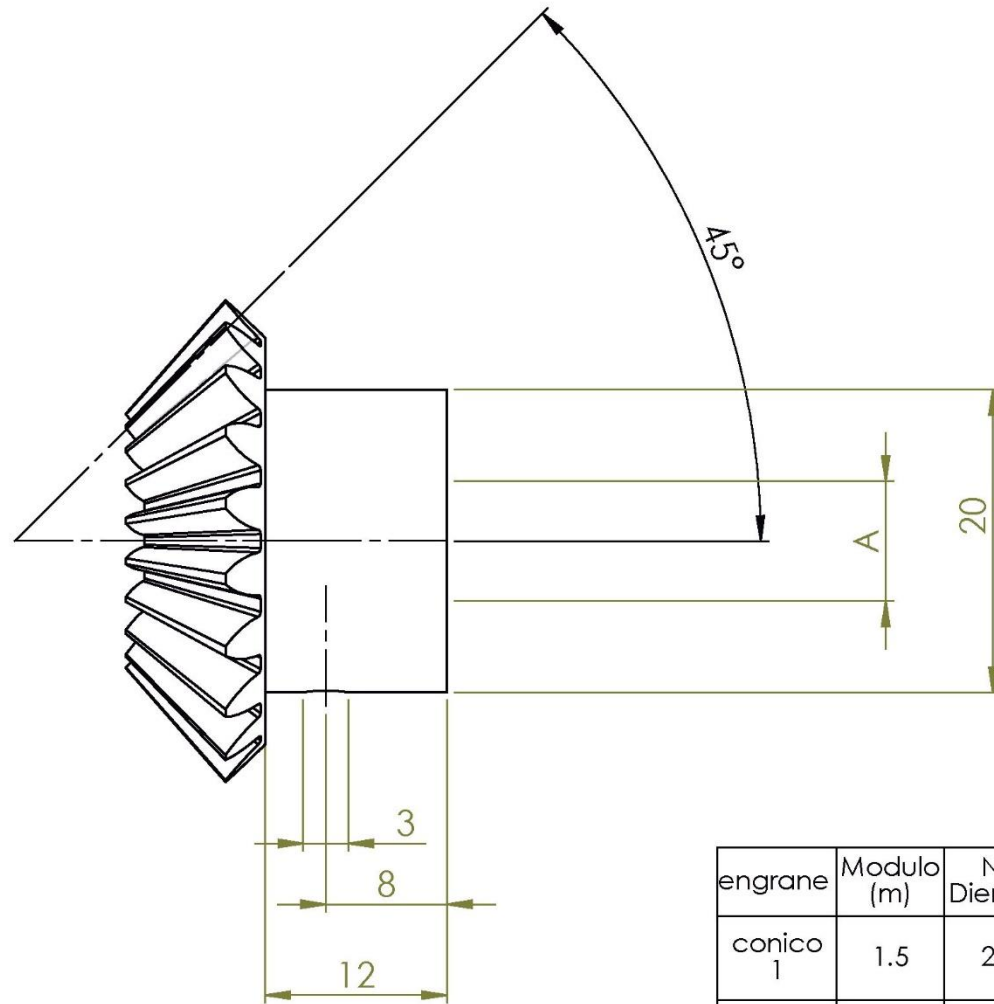
MATERIAL
Acero 1045

FECHA
18/5/2017

CODIGOS
2013101041-2013101005-2013101032

UNIDADES
mm

REVISION
1-1



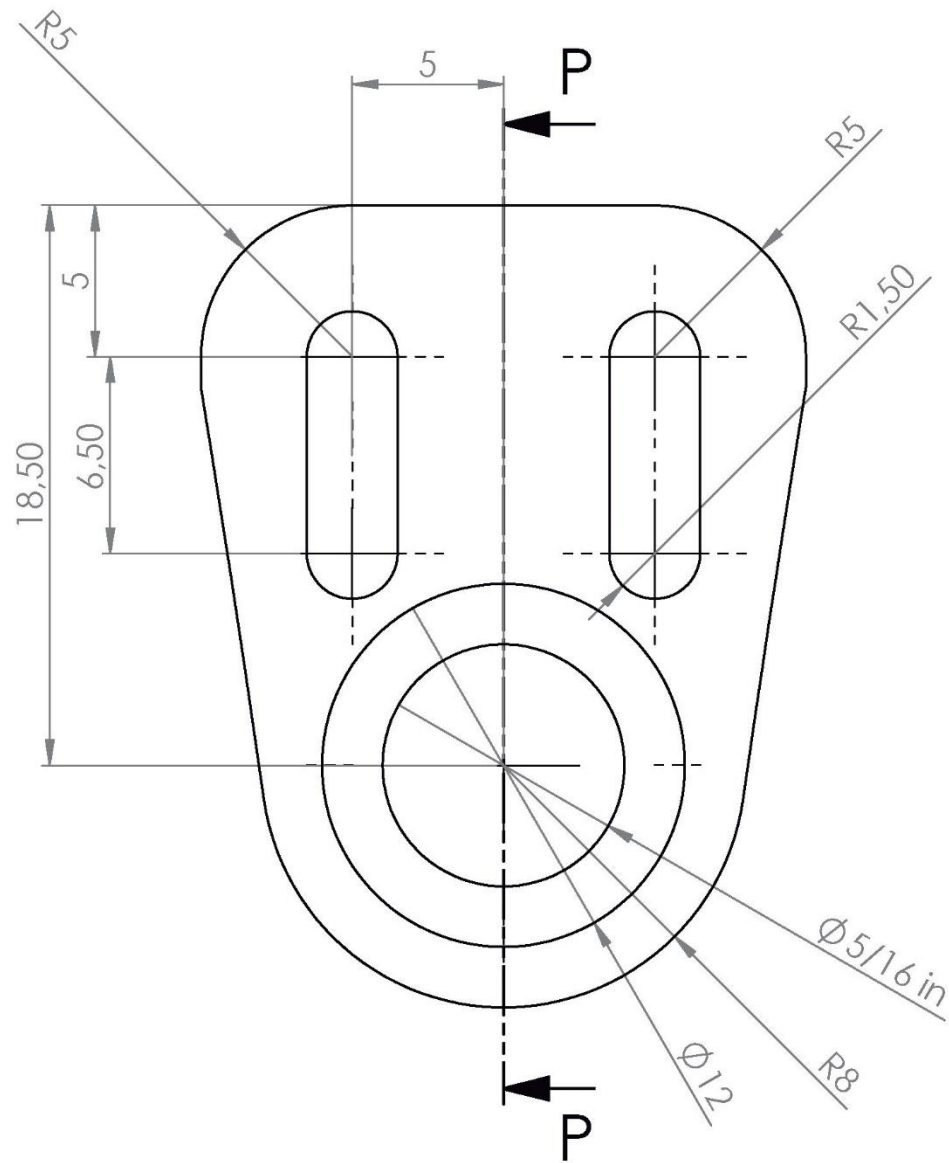
engrane	Modulo (m)	Nº Dientes	Dp	De	Flanco	A
conico 1	1.5	20	30	32.12	10	perforacion cuadrada de \square 5/16 in
conico 2	1.5	20	30	32.12	10	perforacion circular de \varnothing 8mm

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

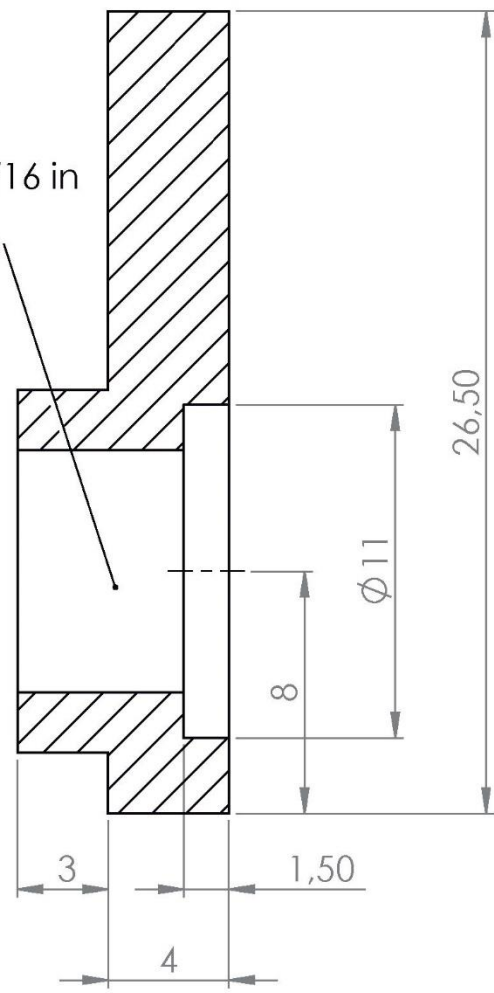
NOMBRES
LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

TEMA
ENGRANES CONICOS

SISTEMA	ESCALA	TOLERANCIA	MATERIAL	FECHA	CODIGOS	UNIDADES	REVISION
ISO A	1:1	+/- 1mm	Material nylon 66	18/5/2017	2013101041-2013101005-2013101032	mm	1-1



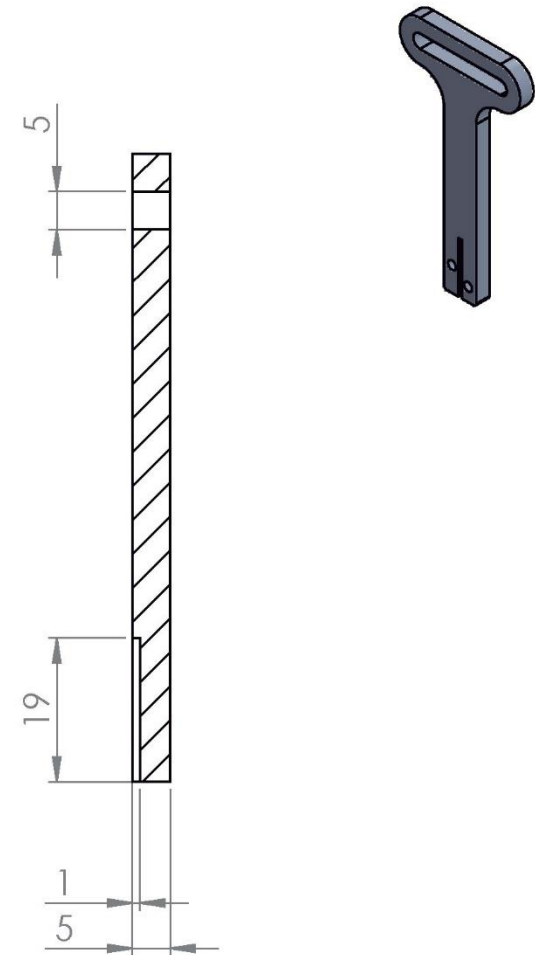
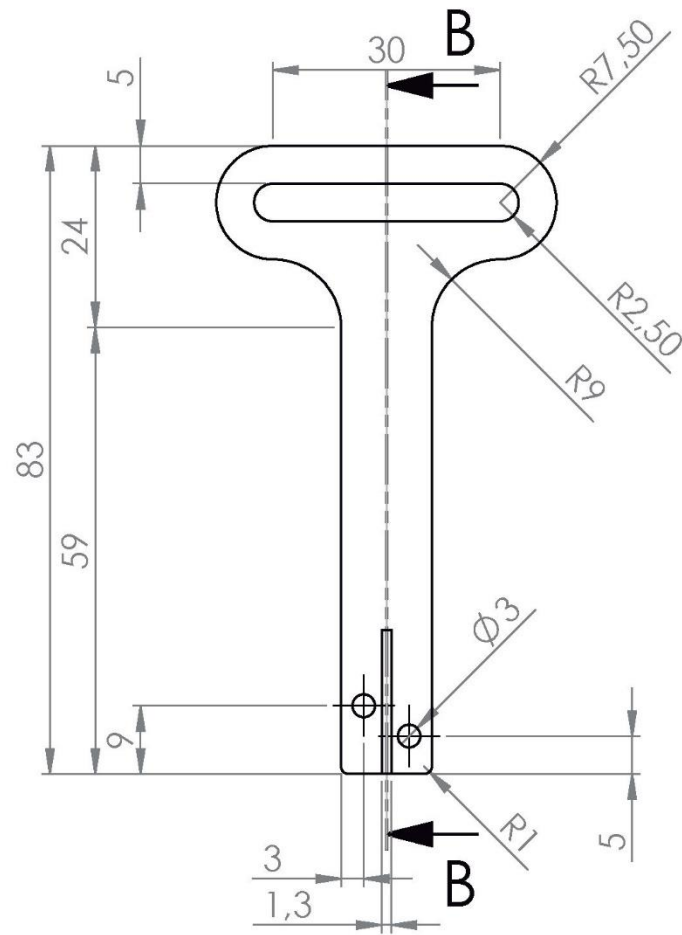
Rosca 5/16 in
giro a la
derecha



SECCIÓN P-P
ESCALA 4 : 1

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

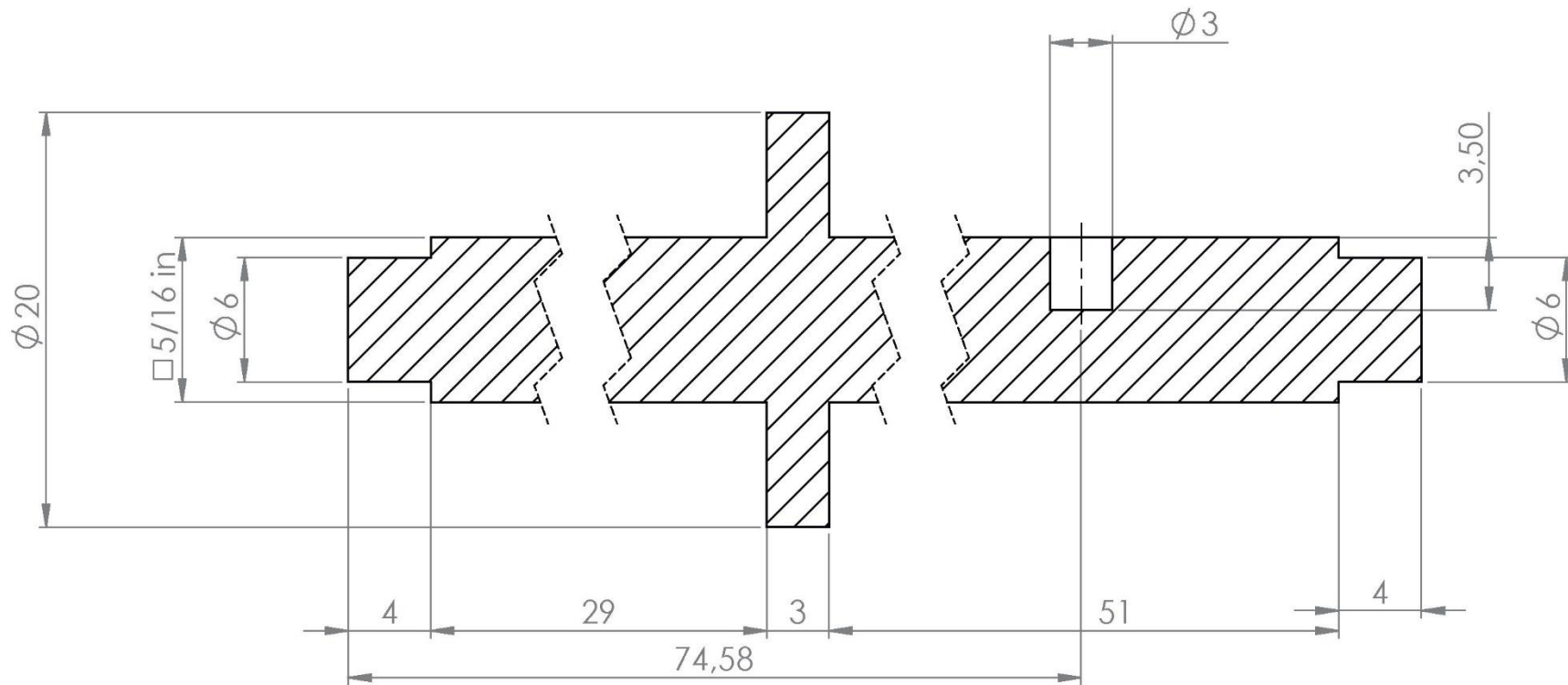
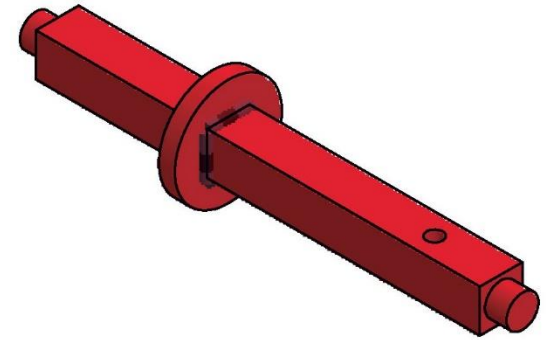
NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA BOLANTE		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Acero 1045	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1



SECCIÓN B-B

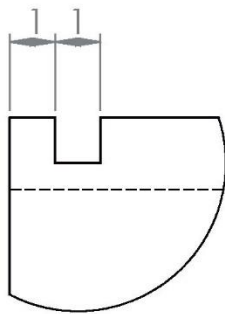
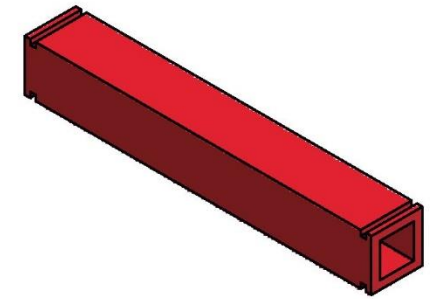
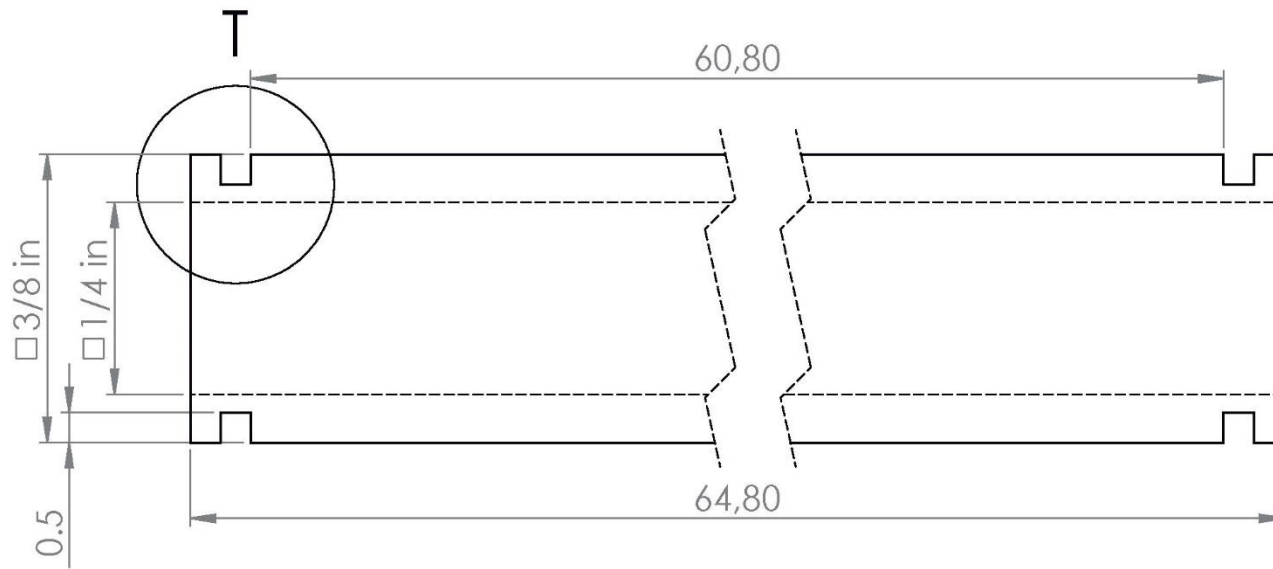
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA LEVA		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 0.3 mm	MATERIAL Acero 1045	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

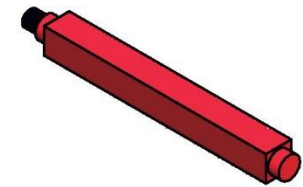
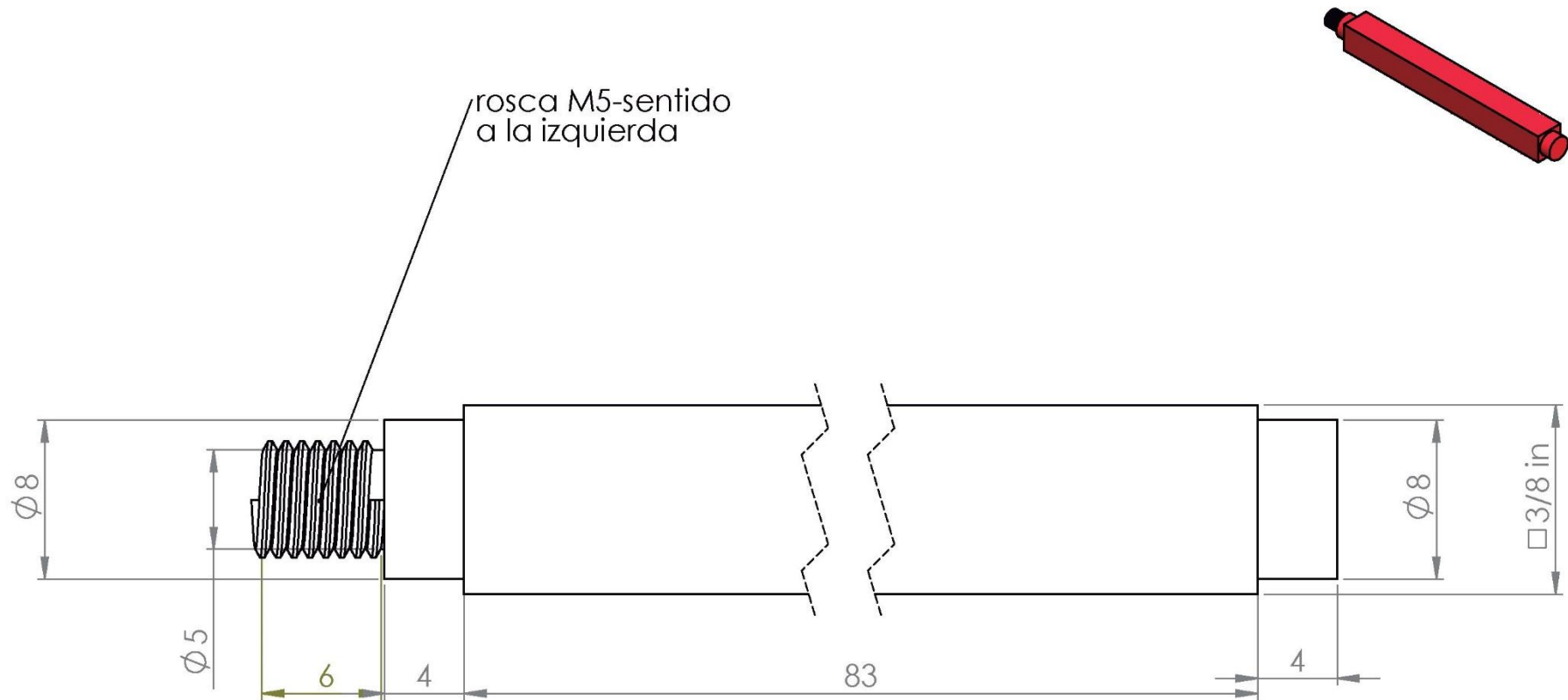
NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Eje Tercera Linea			
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL acero 1045	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1	



DETALLE T
ESCALA 6 : 1

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Eje Segunda Linea 1		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 0.3 mm	MATERIAL acero 1045	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1

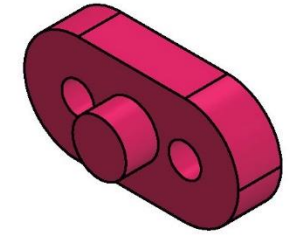
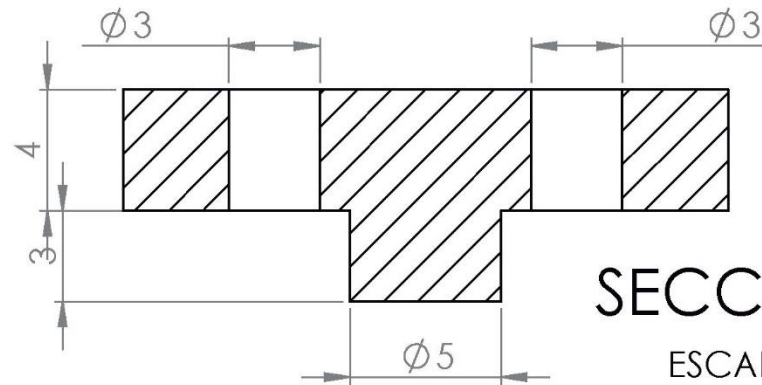


UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES
LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

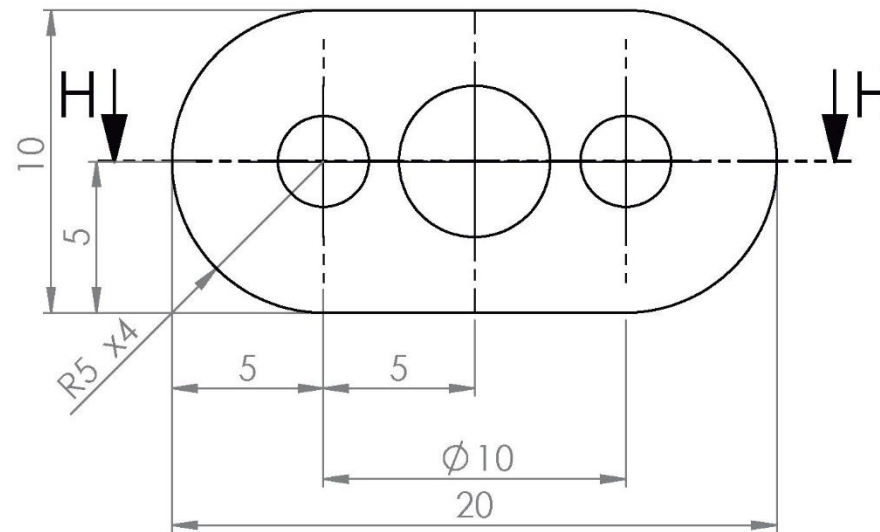
TEMA
Eje Primera linea- EJE

SISTEMA	ESCALA	TOLERANCIA	MATERIAL	FECHA	CODIGOS	UNIDADES	REVISION
ISO A	1:1	+/- 1mm	acero 1045	18/5/2017	2013101041-2013101005-2013101032	mm	1-1



SECCIÓN H-H

ESCALA 4:1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES
LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

TEMA
GUIA LEVA

SISTEMA
ISO A

ESCALA
1:2

TOLERANCIA
+/- 1mm

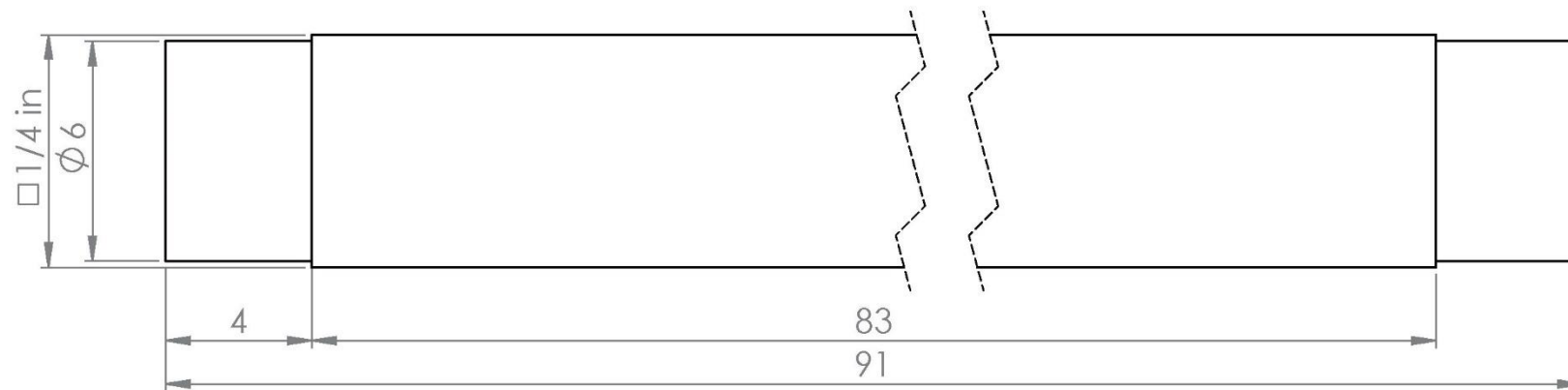
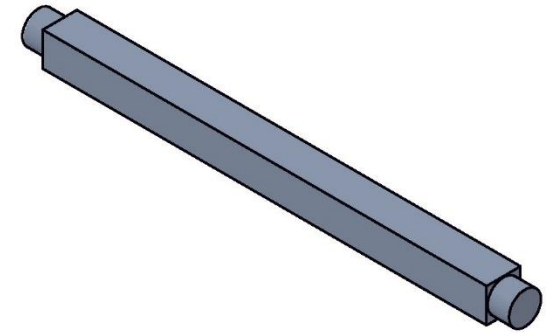
MATERIAL
Acero 1045

FECHA
18/5/2017

CODIGOS
2013101041-2013101005-2013101032

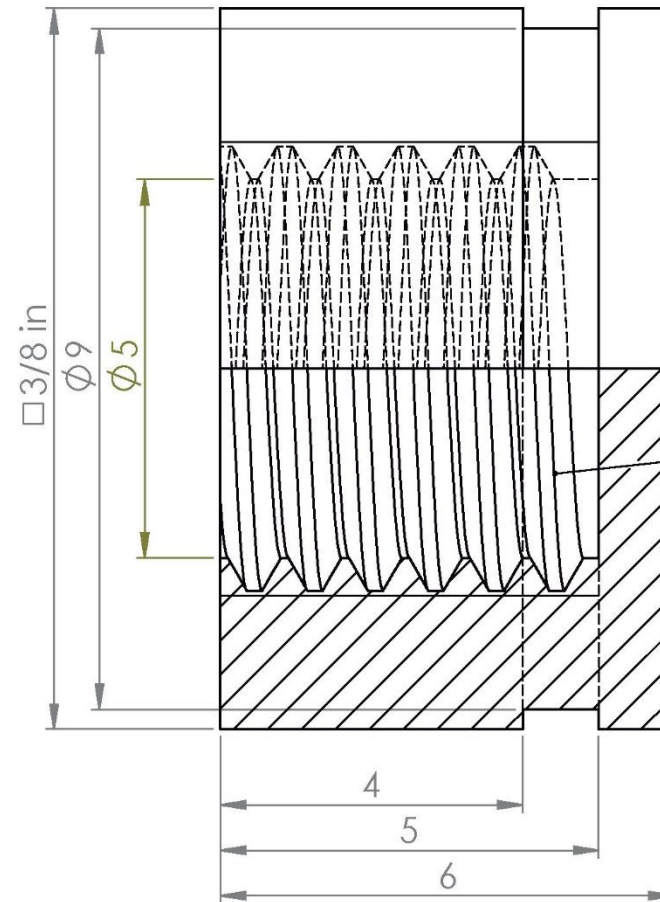
UNIDADES
mm

REVISION
1-1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA EJE SEGUNDA LINEA 2		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL acero 1045	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1



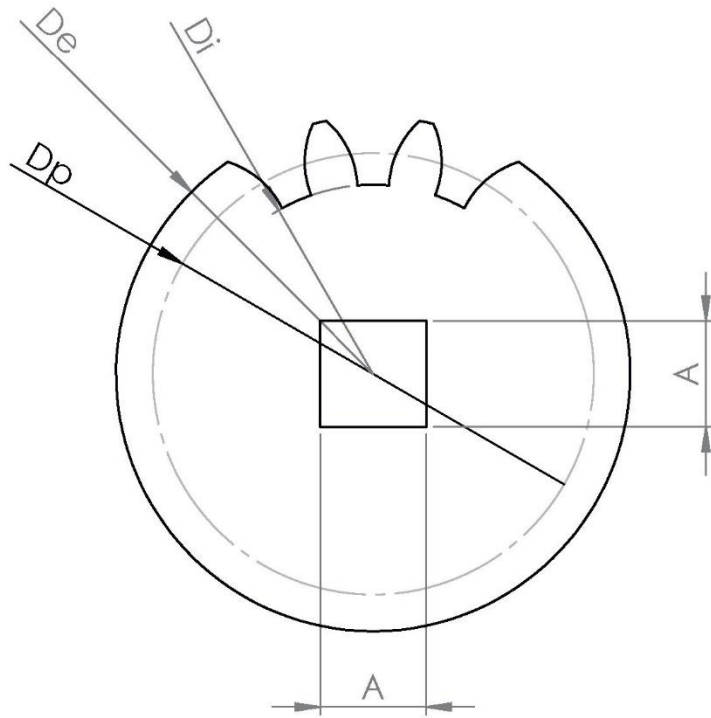
rosca interna M5-
giro a la izquierda

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES
LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

TEMA
Eje Primera linea- EJE

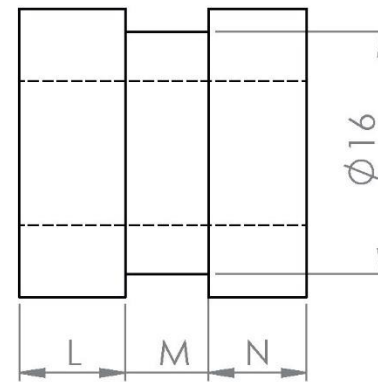
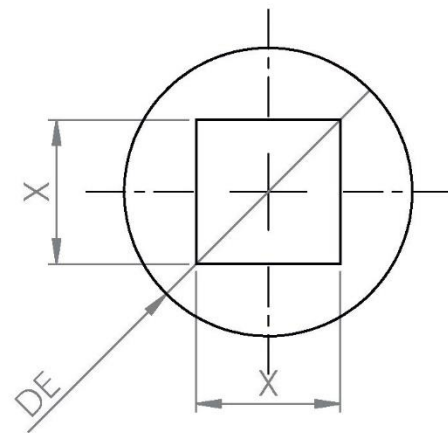
SISTEMA	ESCALA	TOLERANCIA	MATERIAL	FECHA	CODIGOS	UNIDADES	REVISION
ISO A	1:1	+/- 1mm	acero 1045	18/5/2017	2013101041-2013101005-2013101032	mm	1-1



engrane	N° Dientes	modulo	Dp	Flanco	A		
A	13	2	26	4	□ 3/8 in		
B	15		30				
C	17		34				
D	26		52				
E	28		56				
F	30		60				
G	31		62				
H	31		62				
I	20		40			9	□ 3/8 in
J	20		40			28	□ 5/16 in

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

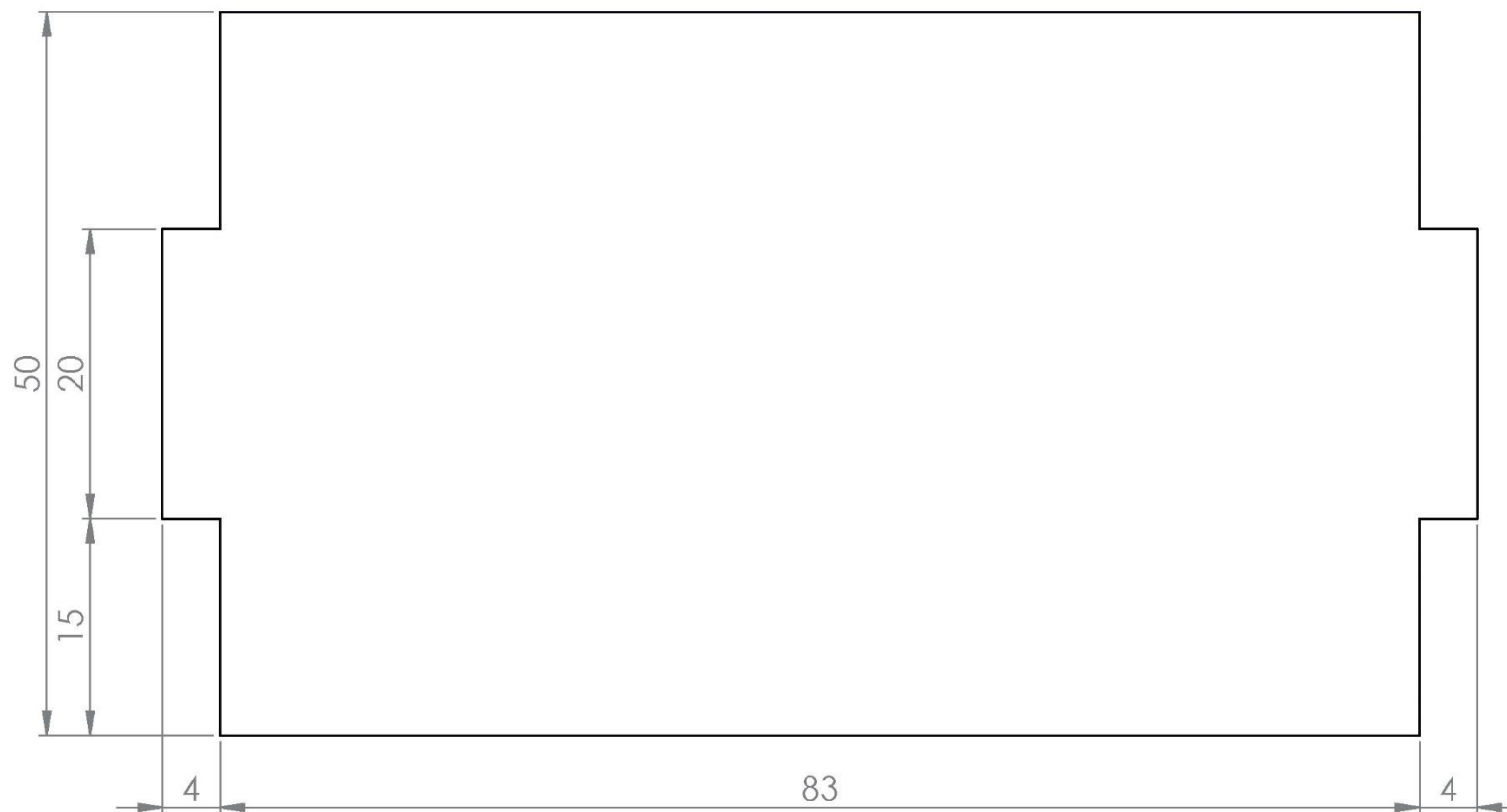
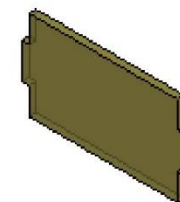
NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Engranés RECTOS			
SISTEMA ISO A	ESCALA 2:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material nylon 66	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032		UNIDADES mm	REVISION 1-1



Topo	DE	L	M	N	X	Cantidad
A	3/4 in	7	5.5	6.5	□ 3/8 in	2

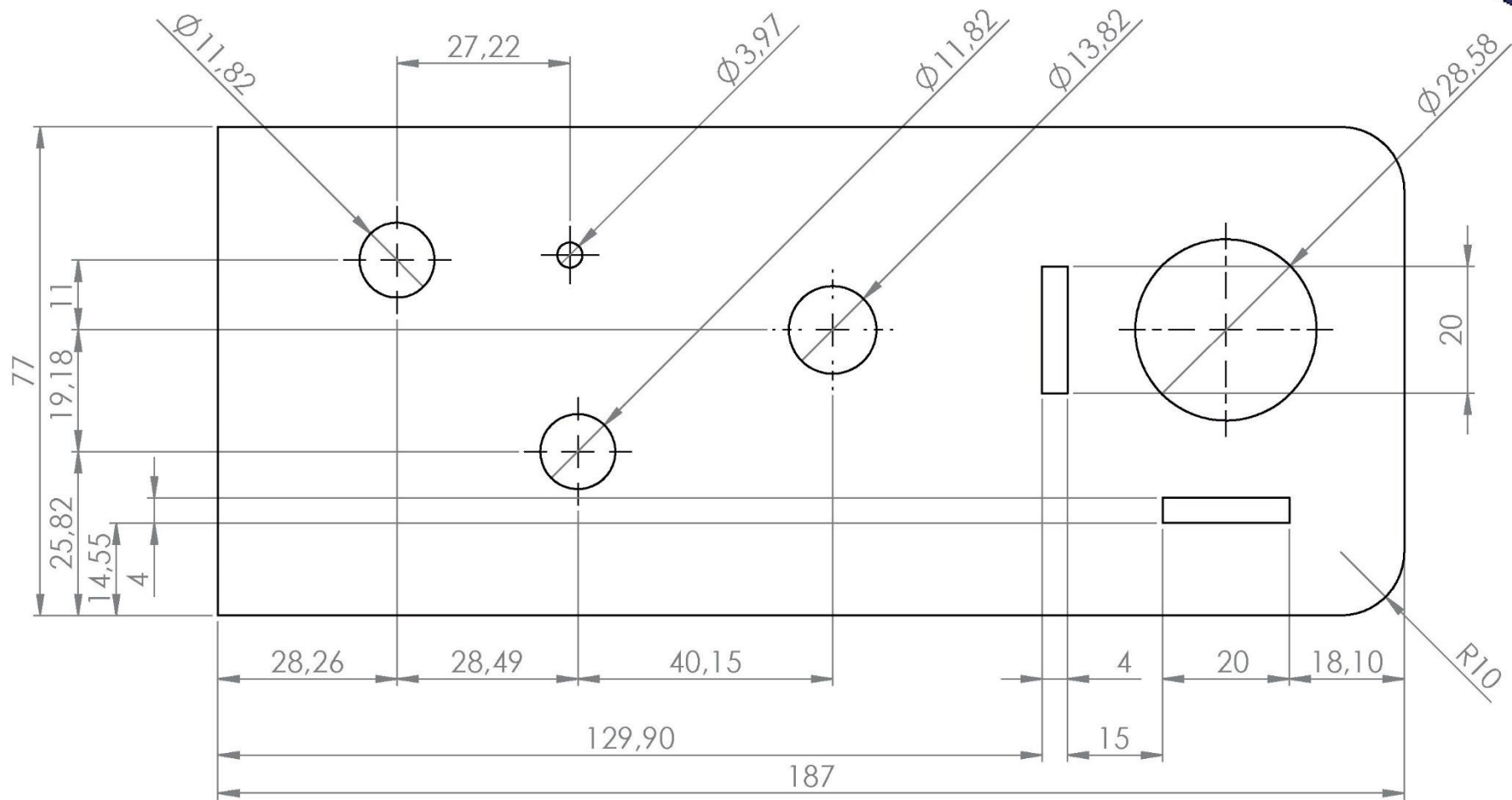
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA TOPE 2			
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material nylon 66	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032		UNIDADES mm	REVISION 1-1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO				TEMA ENGRANES CONICOS			
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1

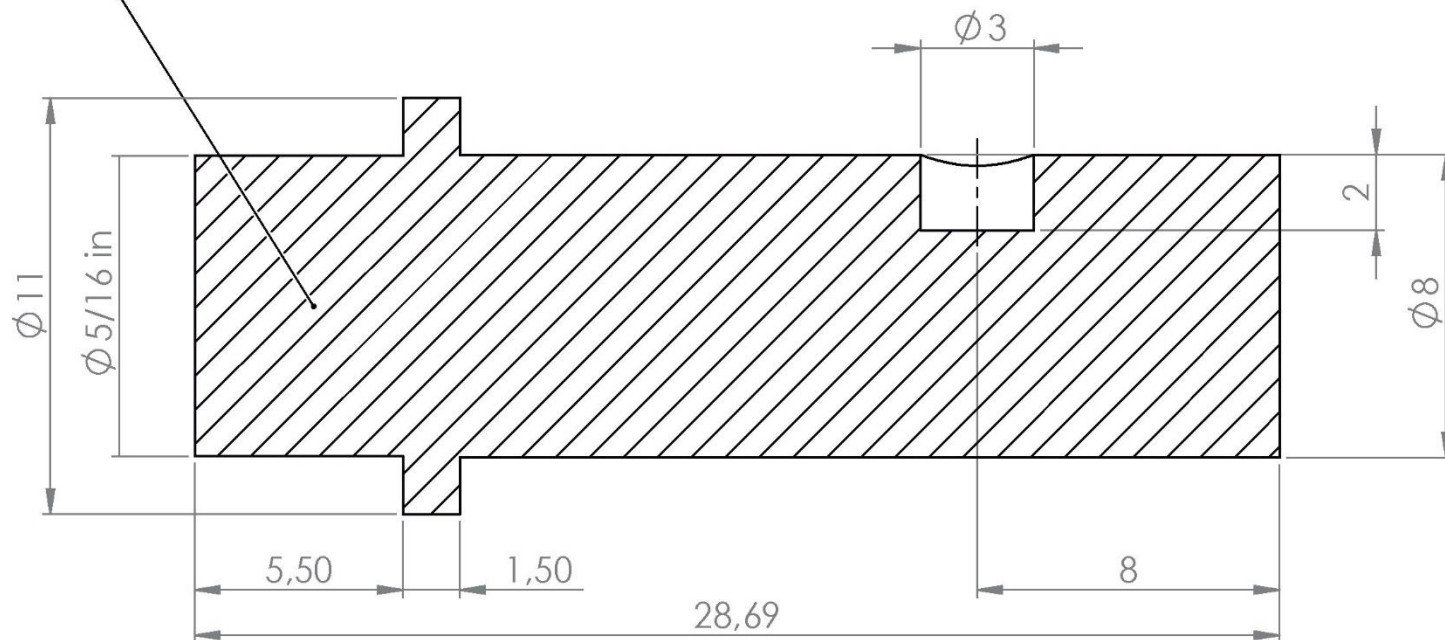


UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO				TEMA Placa Soporte De Motor Inferior			
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 0.3 mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1

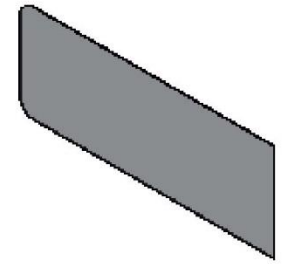


Rosca M8-giro
a la derecha



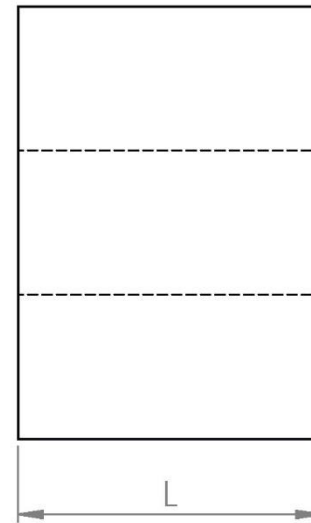
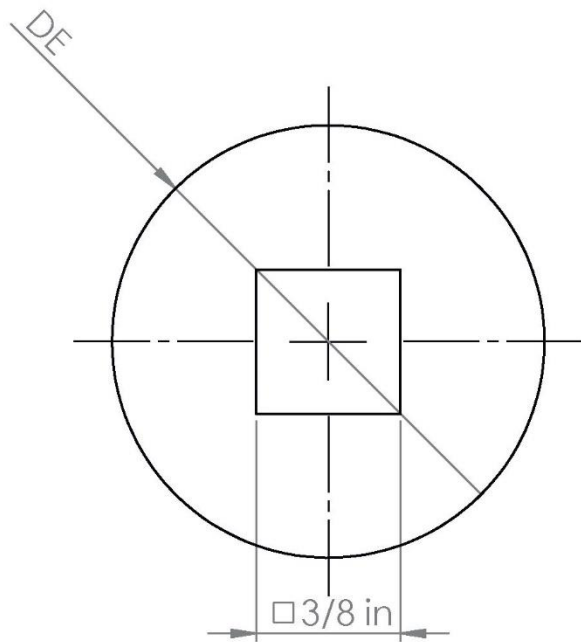
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA EJE LEVA		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL acero 1045	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Plataforma Inferior				
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS Plataforma Inferior 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1		



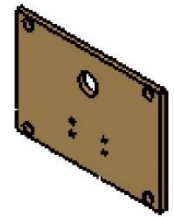
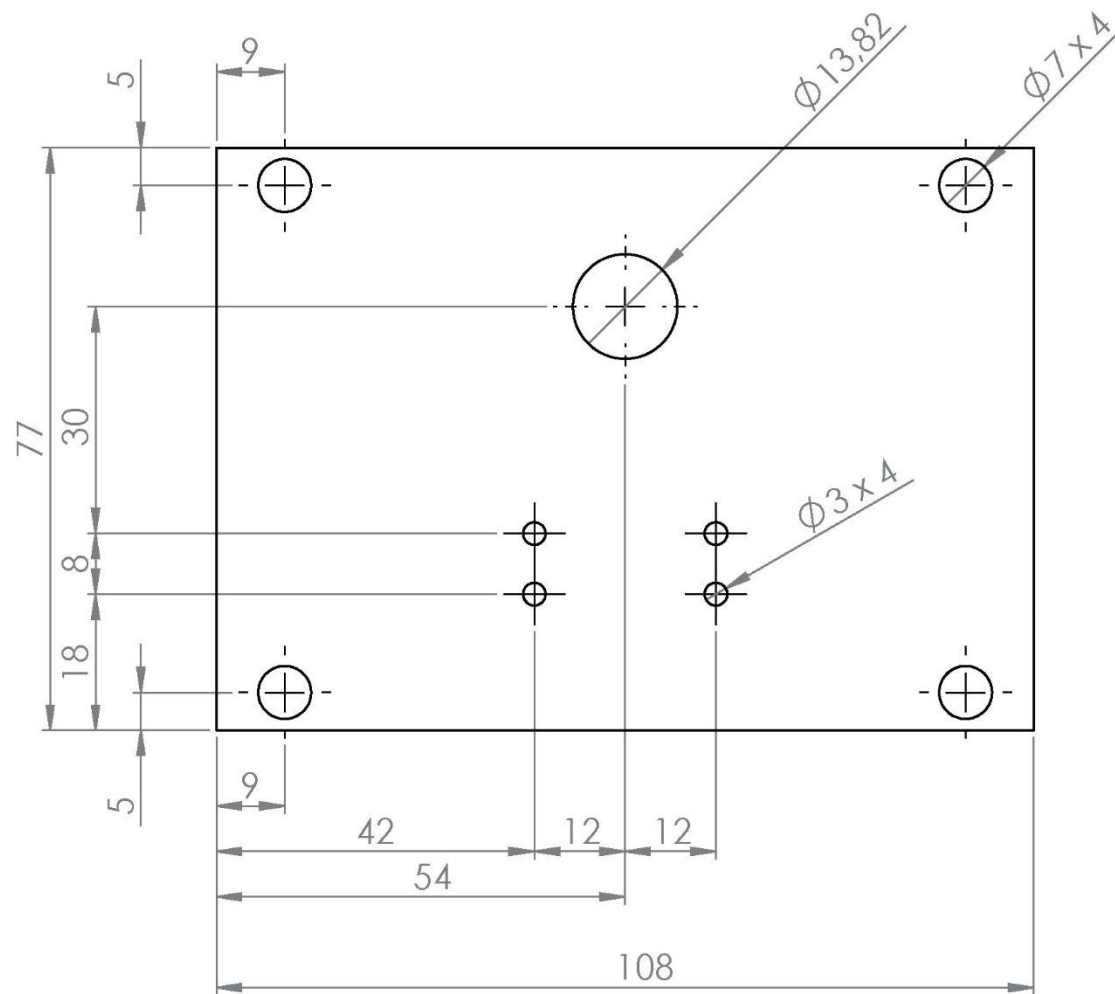
Topo	DE	L
A	1 1/4 in	10
B		11
C		20
D		30
E	3/4 in	2

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES
LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

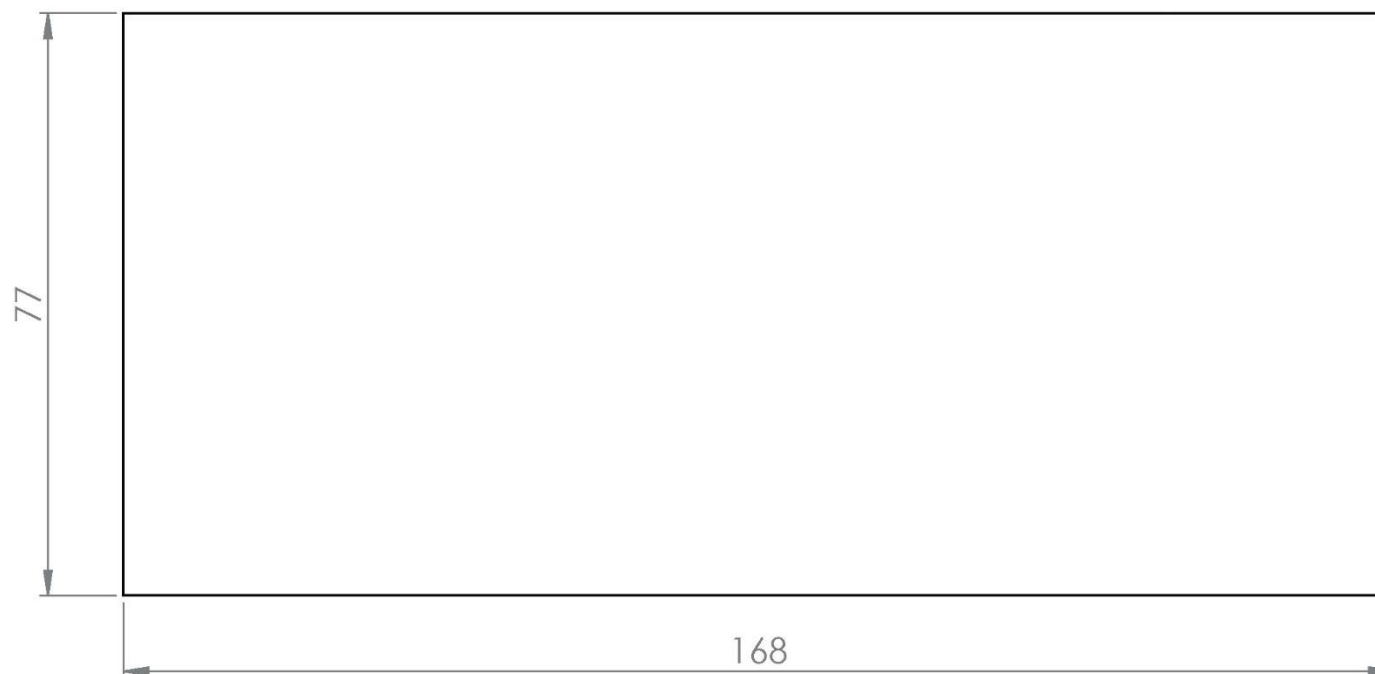
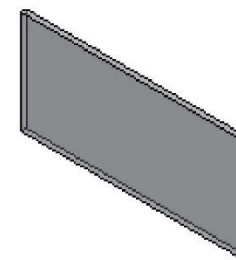
TEMA
TOPE 1

SISTEMA	ESCALA	TOLERANCIA	MATERIAL	FECHA	CODIGOS	UNIDADES	REVISION
ISO A	2:1	+/- 1mm	Material Nylon 66	18/5/2017	2013101041-2013101005-2013101032	mm	1-1



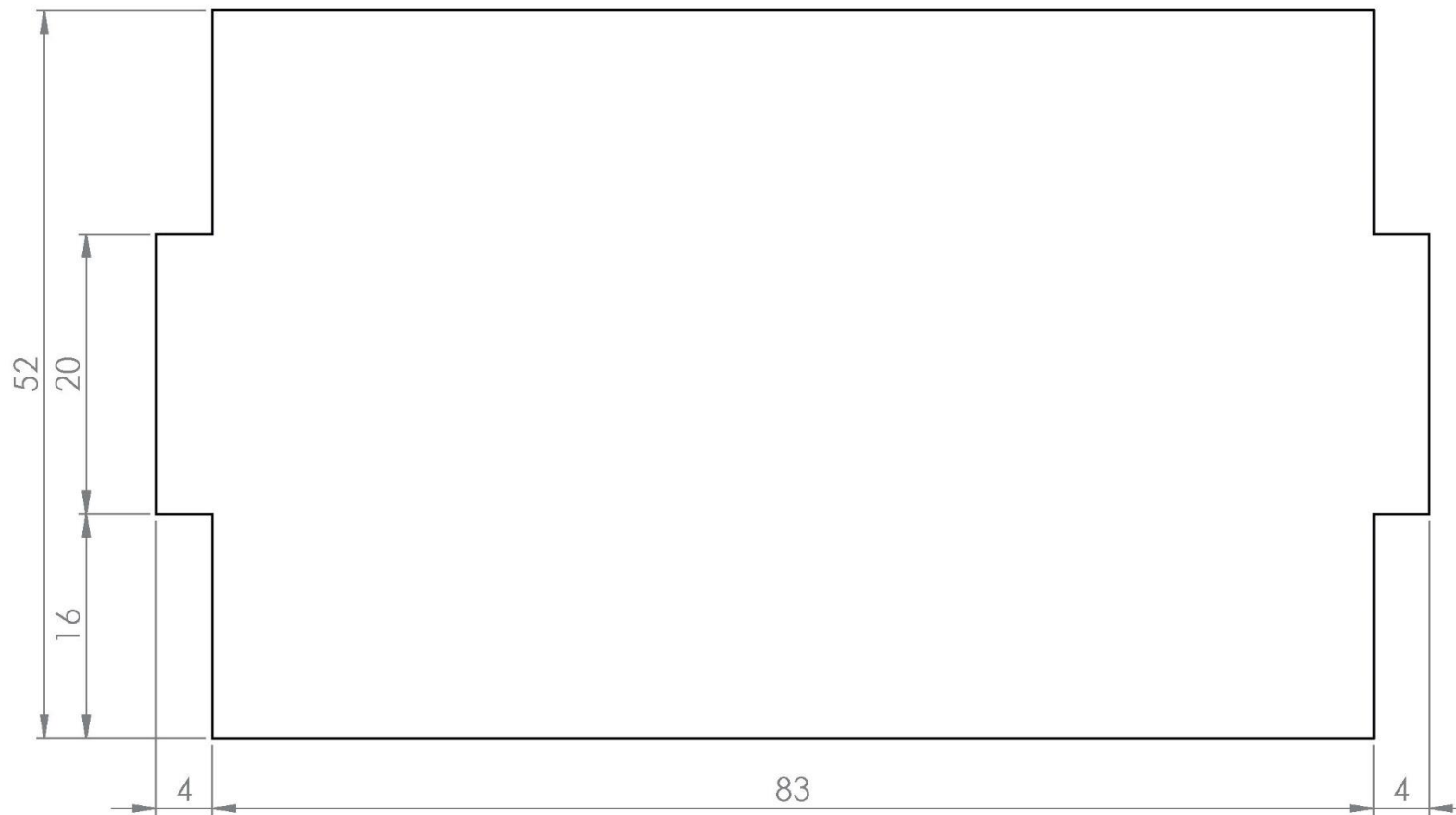
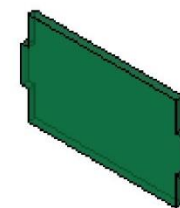
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Guia Movil		
SISTEMA ISO A	ESCALA 5:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1



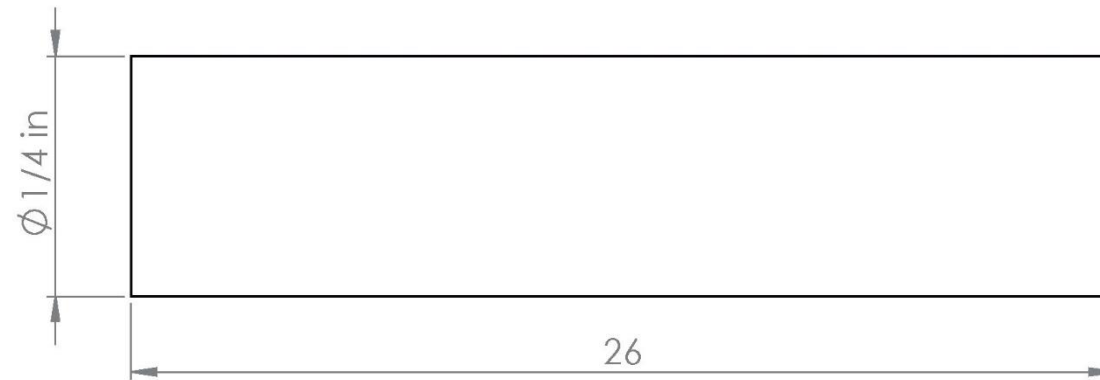
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Placa Superior			
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:2	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1	



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA BOLANTE		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1

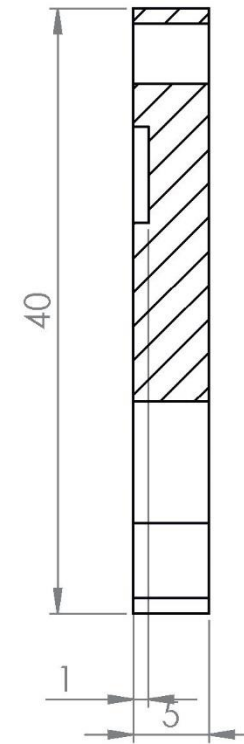
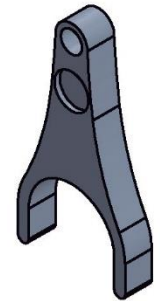
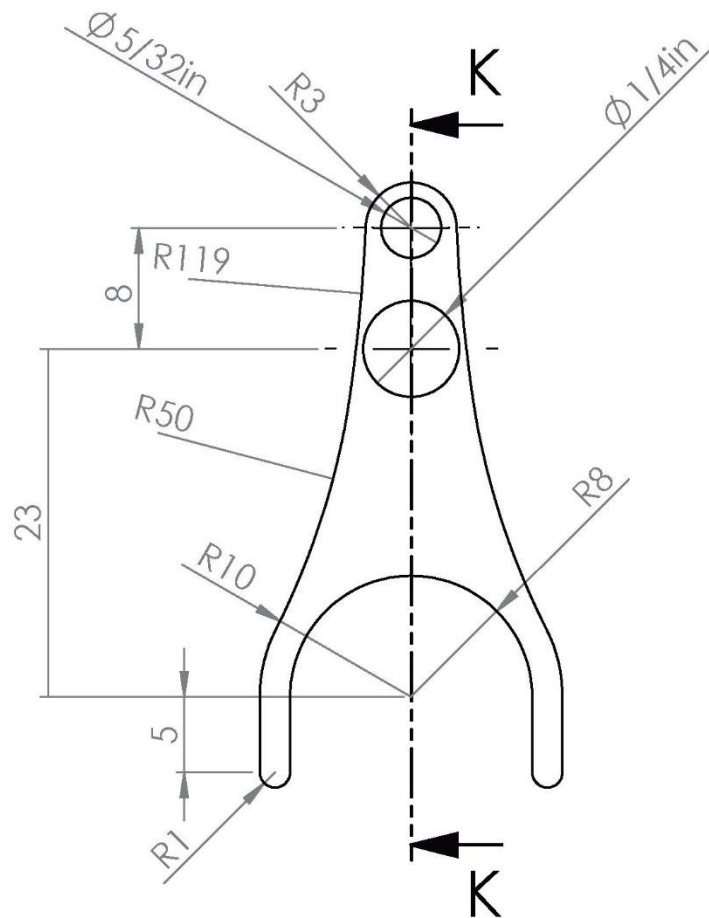


UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES
LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

TEMA
EJE PLACA PALANCA

SISTEMA	ESCALA	TOLERANCIA	MATERIAL	FECHA	CODIGOS	UNIDADES	REVISION
ISO A	1:1	+/- 1mm	acero 1045	18/5/2017	2013101041-2013101005-2013101032	mm	1-1



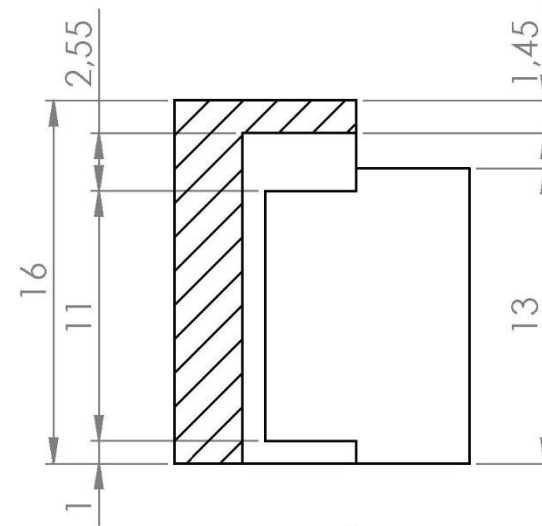
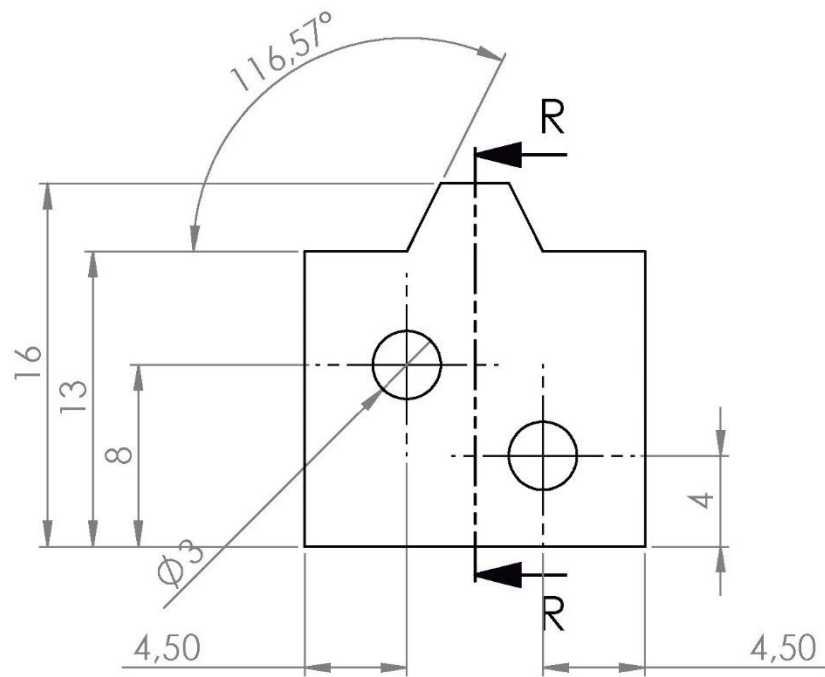
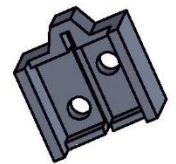
SECCIÓN K-K

ESCALA 2 : 1

cantidad
2

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Placa PALANCA		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:2	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL acero 1045	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1



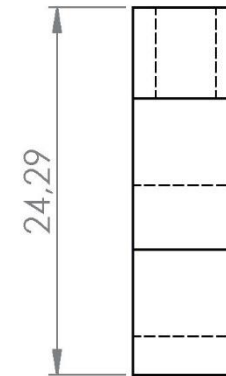
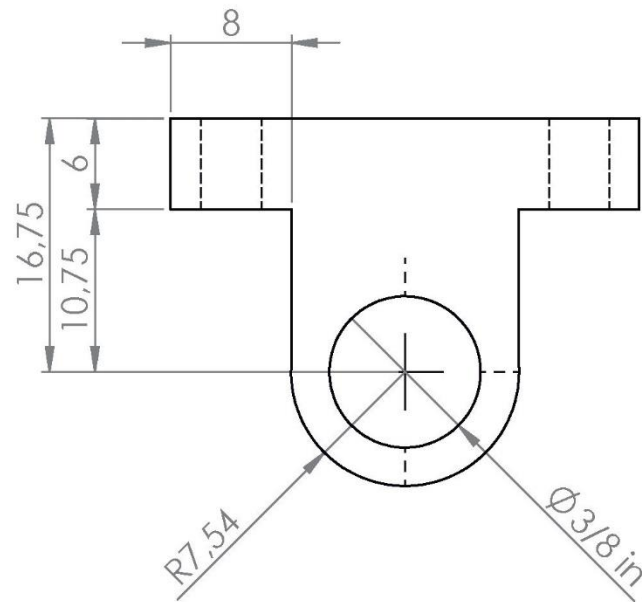
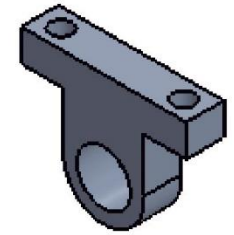
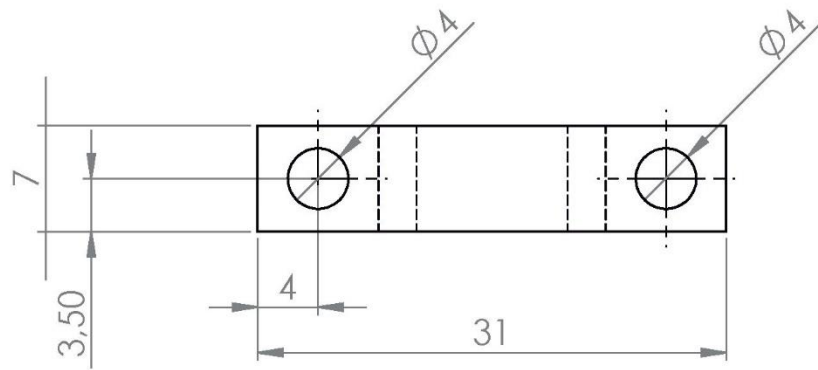
SECCIÓN R-R
ESCALA 3 : 1

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES
LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

TEMA
AGARRE CALADORA

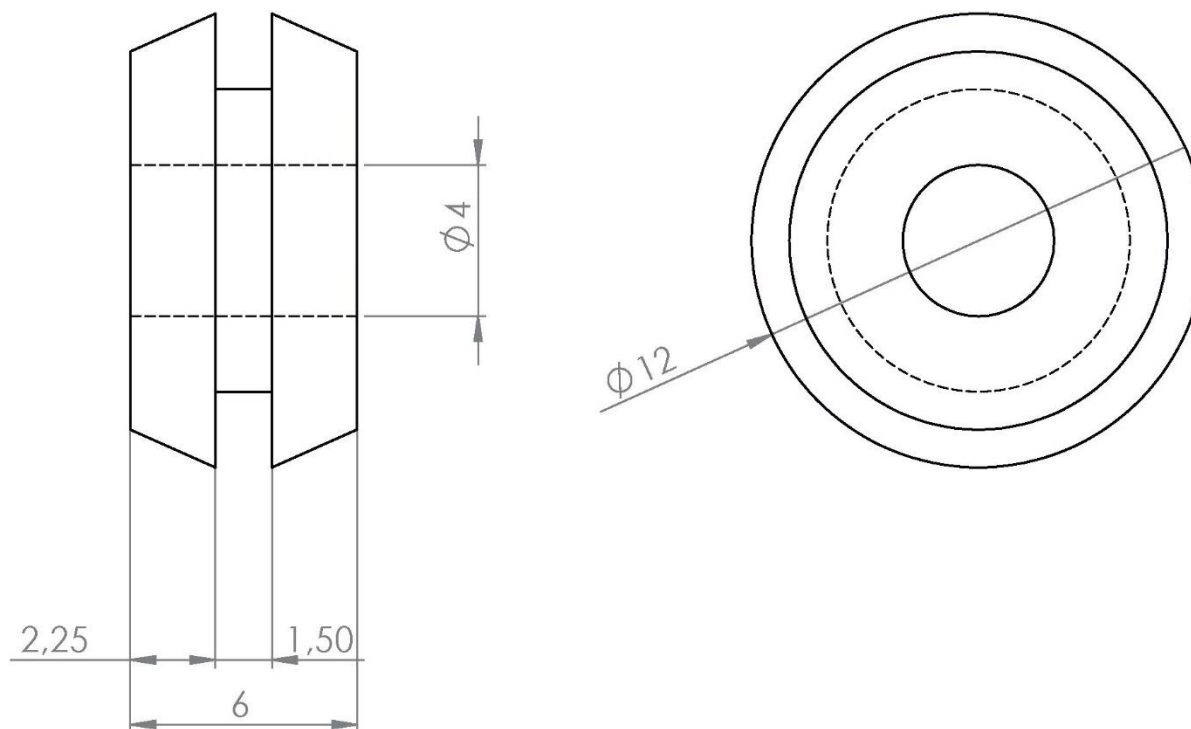
SISTEMA	ESCALA	TOLERANCIA	MATERIAL	FECHA	CODIGOS	UNIDADES	REVISION
ISO A	1:1	+/- 0.3 mm	Acero 1045	18/5/2017	2013101041-2013101005-2013101032	mm	1-1



CANTIDAD
2

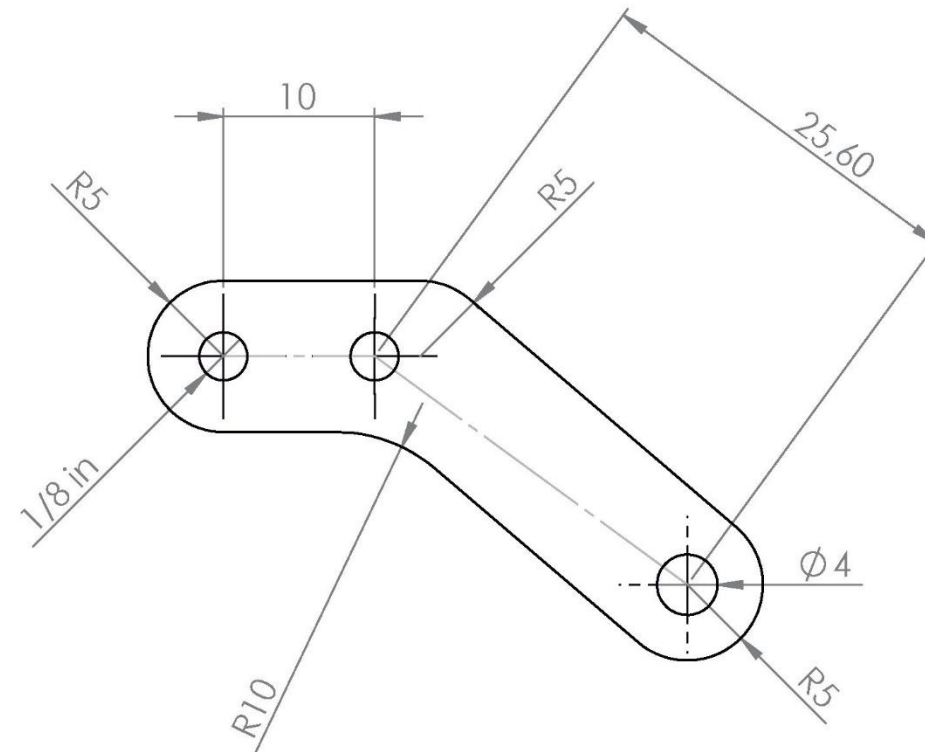
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO				TEMA PIVOTE PLACA			
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL acero 1045	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

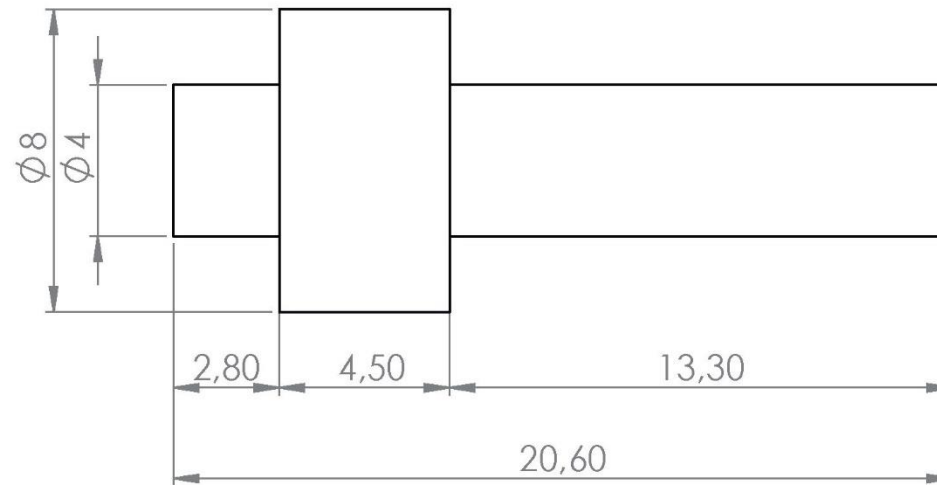
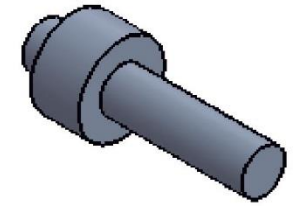
NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Placa Superior		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:2	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1



CANTIDAD
2

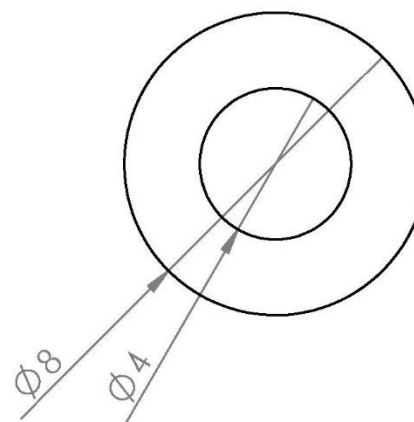
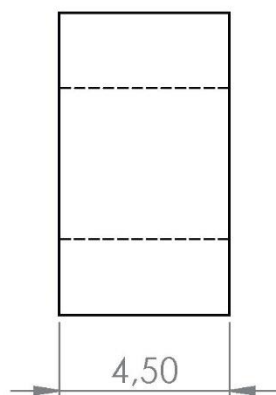
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA ENGRANES CONICOS			
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032		UNIDADES mm	REVISION 1-1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA BOLANTE			
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032		UNIDADES mm	REVISION 1-1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES

LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

TEMA

SEGUIDOR

SISTEMA
ISO A

ESCALA
1:1

TOLERANCIA
+/- 1mm

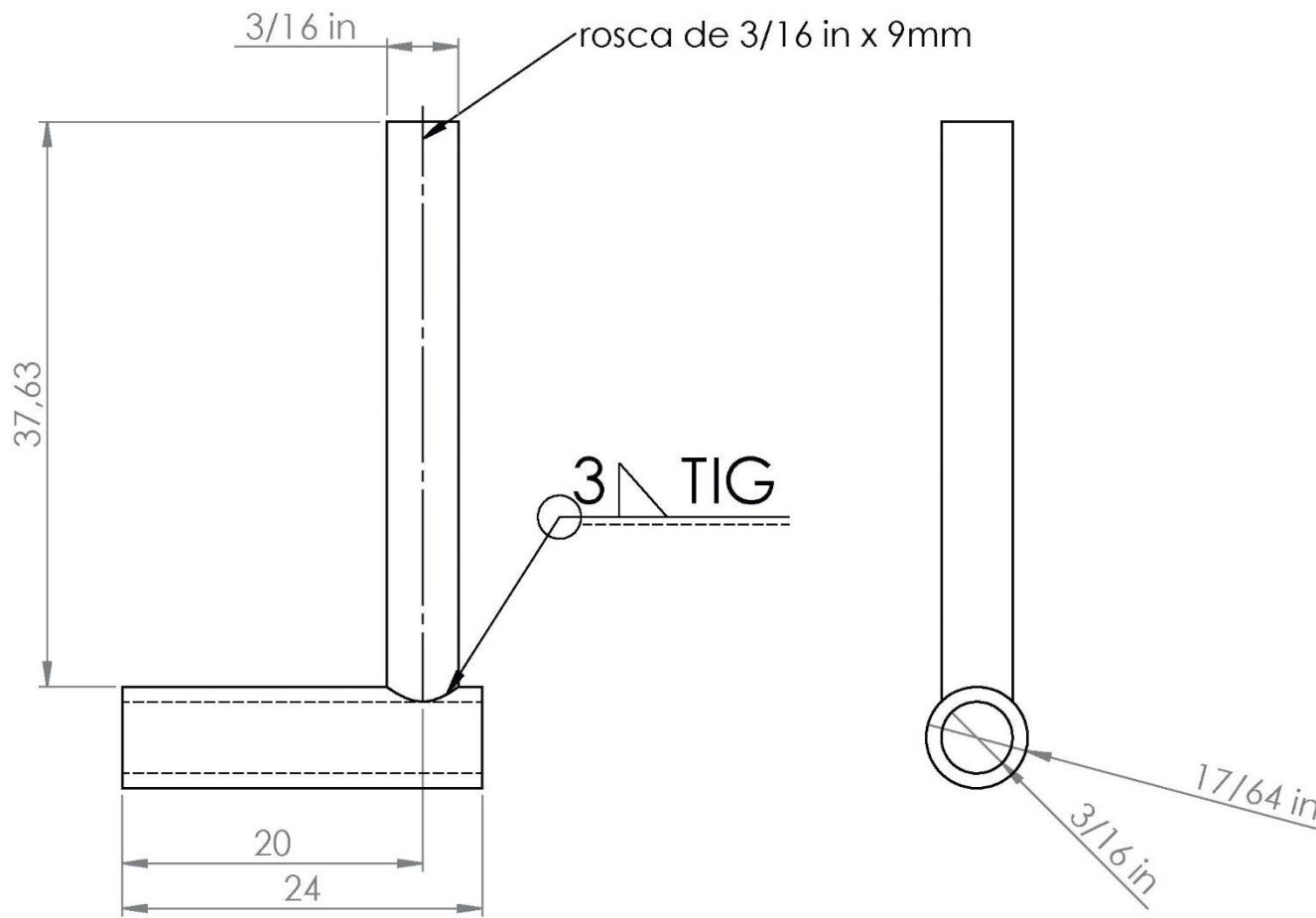
MATERIAL
Material Polimerico

FECHA
18/5/2017

CODIGOS
2013101041-2013101005-2013101032

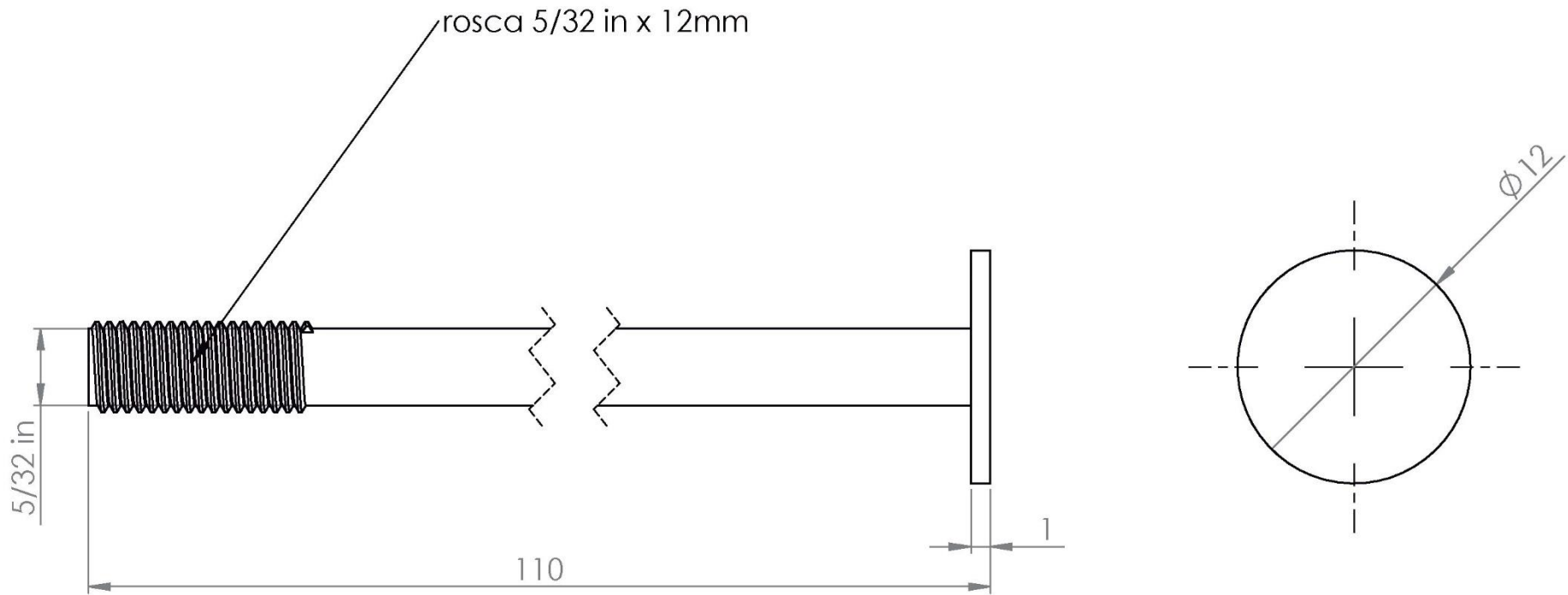
UNIDADES
mm

REVISION
1-1



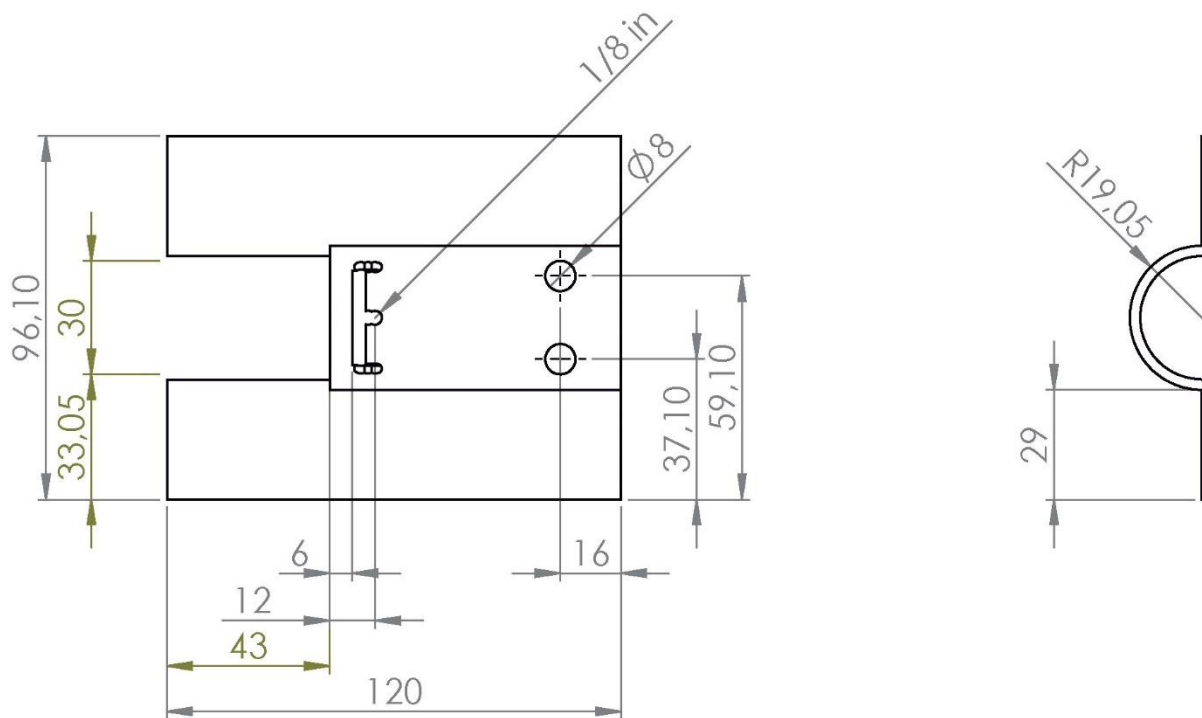
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Eje Tercera Linea		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Eje Segunda Linea			
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:1	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032		UNIDADES mm	REVISION 1-1

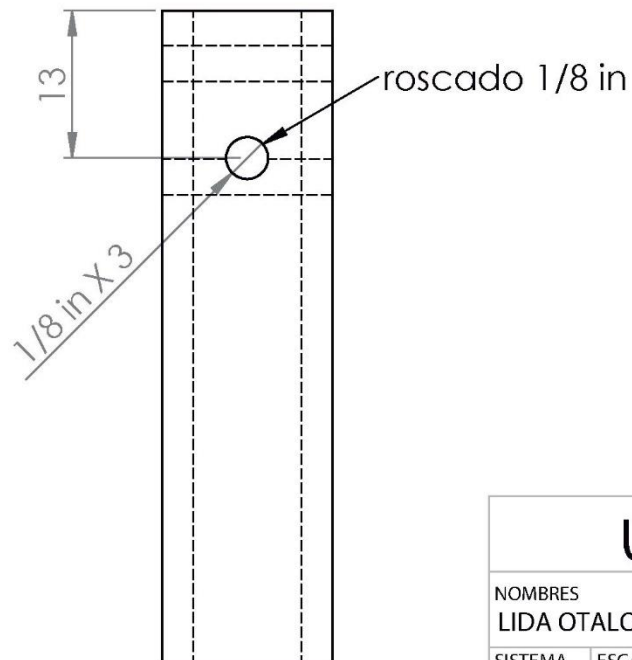
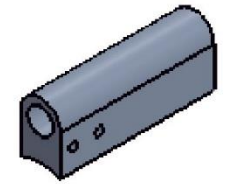
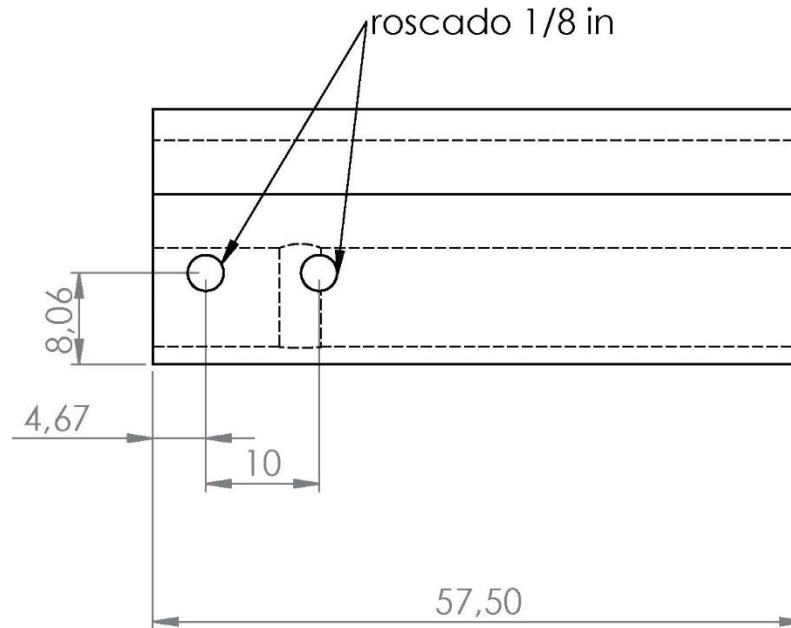
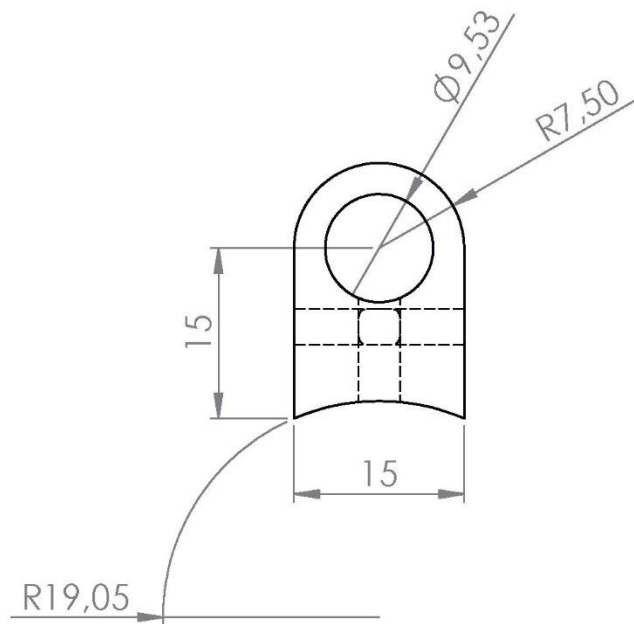


UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES
LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO

TEMA
Eje Primera linea- Tapa



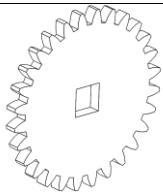

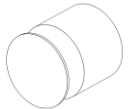


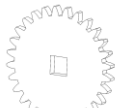
SISTEMA	ESCALA	TOLERANCIA	MATERIAL	FECHA	CODIGOS	UNIDADES	REVISION
ISO A	1:1	+/- 1mm	Material Polimerico	18/5/2017	2013101041-2013101005-2013101032	mm	1-1



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

NOMBRES LIDA OTALORA, CARLOS BERMUDEZ, RUTH LIZCANO					TEMA Placa Superior		
SISTEMA ISO A	ESCALA 1:2	TOLERANCIA +/- 1mm	MATERIAL Material Polimerico	FECHA 18/5/2017	CODIGOS 2013101041-2013101005-2013101032	UNIDADES mm	REVISION 1-1

13.5. ANEXO 5 HOJAS DE RUTA.

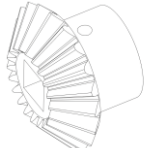
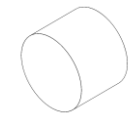



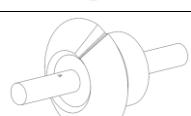
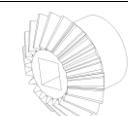
 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Educadora de educadores</i>		HOJA DE RUTA, FABRICACIÓN DE PIEZAS Y ENSAMBLAJE DE UNA CORTADORA DE MDF							
N° PIEZA A	NOMBRE DE LA PIEZA	FECHA		ESQUEMA					
1	ENGRANAJE RECTO	10/10/2017							
MATERIAL		DIMENSIONES							
NYLON 66		Barra circular de \varnothing 69,8 mm x 100 mm.							
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 1				
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA	
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL					
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000		
2	Seccionar el material de acuerdo al flanco del engranaje	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000		
3	Perforación del eje e inserción de una barra roscada	Torno	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000		
4	Picado de dientes	Fresa	30 minutos	60 minutos	William Díaz (Isomec)	31	10000		
5	Mecanización de eje cuadrado	Brochado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000		
TIEMPO TOTAL			4 horas - 29 minutos		COSTO TOTAL			\$37000	

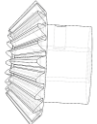
OBSERVACIONES: Este proceso de fabricación se llevó a cabo con los siguientes engranajes rectos.

engrane	N° Dientes	modulo	Dp	De	Di	Flanco	A
A	13	2	26	30	21,332	4	□ 3/8 in
B	15	2	30	34	25,332	4	□ 3/8 in
C	17	2	34	38	29,332	4	□ 3/8 in
D	26	2	52	56	47,332	4	□ 3/8 in
E	28	2	56	60	51,332	4	□ 3/8 in
F	30	2	60	64	55,332	4	□ 3/8 in
G	31	2	62	66	57,332	4	□ 3/8 in
H	31	2	62	66	57,332	4	∅8mm
I	20	2	40	44	35,332	9	□ 3/8 in
J	20	2	40	44	35,332	28	□ 5/16 in

El costo total de fabricación de los 10 engranajes rectos fue de \$262.000



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	FECHA		ESQUEMA				
		11/10/2017						
MATERIAL		DIMENSIONES						
NYLON 66		Barra circular de \varnothing 34,9 mm x 100 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA		ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 2				
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	8000	
2	Seccionar el material de acuerdo al ancho del engranaje	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Mecanizado del cono y cubo	Torno	15 minutos	20 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
4	Perforación del eje e inserción de una barra roscada	Torno	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
5	Picado de dientes en ángulo de 45°	Fresa	30 minutos	60 minutos	William Díaz (Isomec)	20	15000	
6	Mecanización de eje cuadrado y circular	Brochado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	

7	Perforación de agujero	Fresa	5 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
---	------------------------	-------	-----------	-----------	--------------------------	---	------	---

TIEMPO TOTAL			4 horas - 57 minutos		COSTO TOTAL			\$48.000
---------------------	--	--	----------------------	--	--------------------	--	--	----------

OBSERVACIONES: Este proceso de fabricación se llevó a cabo para los dos engranajes cónicos.

engrane	Modulo (m)	Nº Dientes	Dp	De	Flanco	A
conico 1	1.5	20	30	32.12	10	perforacion cuadrada de \square 5/16 in
conico 2	1.5	20	30	32.12	10	perforacion circular de \varnothing 8mm

El costo total de fabricación de los 2 engranajes cónicos fue de \$88.000



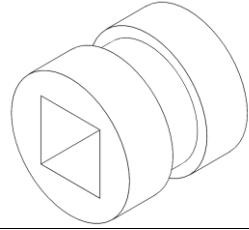
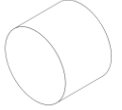
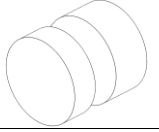
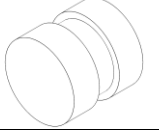

N° PIEZA A	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
3	TOPES		12/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
NYLON 66		Barra circular de \varnothing 31.7 mm x 100 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 3			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA A	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	7500	
2	Seccionar el material de acuerdo al espesor deseado	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Mecanización de eje cuadrado	Brochado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 23 minutos		COSTO TOTAL			\$17500

OBSERVACIONES: Este proceso de fabricación se llevó a cabo para los 5 topes que se requieren, se adjunta la tabla de las piezas

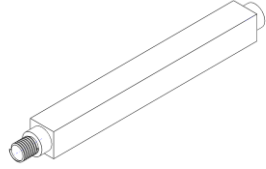
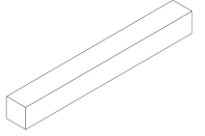
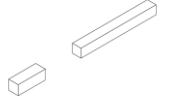
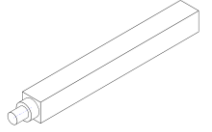

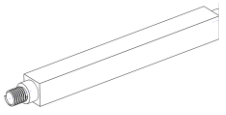
Tope	DE	L	X
A	1 1/4 in	10	\square 3/8 in
B	1 1/4 in	11	\square 3/8 in
C	1 1/4 in	20	\square 3/8 in
D	1 1/4 in	30	\square 3/8 in
E	3/4 in	2	\square 3/8 in

El costo total de fabricación de los 5 topes fue de \$57.500



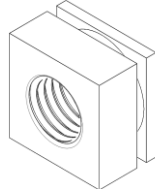
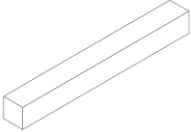
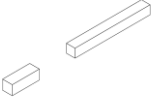
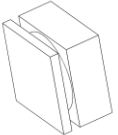
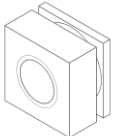
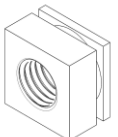
N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA																	
4	TOPES 2		12/10/2017																			
MATERIAL		DIMENSIONES																				
NYLON 66		Barra circular de \varnothing 19 mm x 100 mm.																				
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 4																	
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA														
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL																		
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	6000															
2	Seccionar el material de acuerdo al espesor deseado	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	2500															
3	Desbaste del material en la sección central	Torno	5 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	2500															
4	Mecanización de eje cuadrado	Brochado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000															
TIEMPO TOTAL			3 horas - 29 minutos		COSTO TOTAL			\$16000														
OBSERVACIONES: Este proceso de fabricación se llevó a cabo para los 2 topes que se requieren, se adjunta la tabla de las piezas																						
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Tope</th> <th>DE</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>N</th> <th>X</th> <th>Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>3/4 in</td> <td>7</td> <td>5.5</td> <td>6.5</td> <td>□ 3/8 in</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>									Tope	DE	L	M	N	X	Cantidad	A	3/4 in	7	5.5	6.5	□ 3/8 in	2
Tope	DE	L	M	N	X	Cantidad																
A	3/4 in	7	5.5	6.5	□ 3/8 in	2																
El costo total de fabricación de los 2 topes fue de \$26.000																						



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	FECHA		ESQUEMA				
5	EJE PRIMERA LÍNEA-EJE	13/10/2017						
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra Cuadrada de \square 9.5mm x 1000 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA		ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 5				
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra de perfil cuadrado del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	4000	
2	Seccionar el material de acuerdo a las dimensiones del eje	Segueta	10 minutos	5 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Doble desbaste en el extremo izquierdo del eje	Torno	25 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	3000	
4	Desbaste del extremo derecho del eje	Torno	15 minutos	10 minutos	William Díaz (Isomec)	1	2000	
5	Roscado inverso en el extremo izquierdo del eje	Torno roscado M5	30 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 45 minutos		COSTO TOTAL		\$19000	

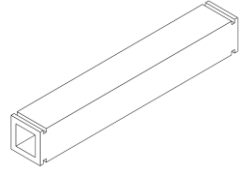

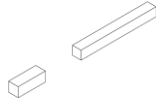
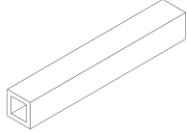
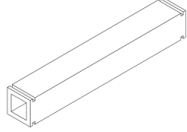
OBSERVACIONES:



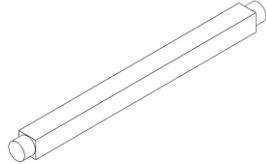
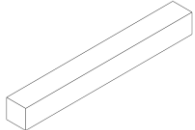
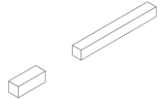
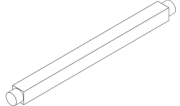
N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	FECHA		ESQUEMA				
6	TAPA EJE PRIMERA LÍNEA	14/10/2017						
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra Cuadrada de \square 9.5mm x 1000 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA		ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 6				
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra de perfil cuadrado del material en dimensiones generales	Recurso humano	0 horas	0 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	-	
2	Seccionar el material de acuerdo a las dimensiones de la pieza	Torno	10 minutos	5 minutos	William Díaz (Isomec)	1	3000	
3	Desbaste circular alrededor de la pieza	Torno	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	2000	
4	Perforación circular	Torno	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	2000	
5	Roscado invertido en la perforación	Macho M5	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	3000	
TIEMPO TOTAL			27 minutos		COSTO TOTAL			\$10000

OBSERVACIONES:

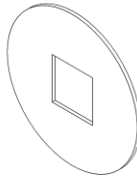
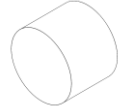
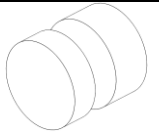



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
7	EJE SEGUNDA LÍNEA 1		14/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra Cuadrada de □ 9.5mm x 1000 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA						
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra de perfil cuadrado del material en dimensiones generales	Recurso humano	0 horas	0 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	-	
2	Seccionar el material de acuerdo a las dimensiones de la pieza	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Perforación cuadrada del eje	Electro-erosionado	15 minutos	20 minutos	William Díaz (Isomec)	1	30000	
4	Maquinado de ranuras en los extremos del eje	Fresa	15 minutos	10 minutos	William Díaz (Isomec)	4	5000	
TIEMPO TOTAL			45 minutos		COSTO TOTAL			\$40000
OBSERVACIONES:								



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
8	EJE SEGUNDA LÍNEA 2		14/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra cuadrada de □ 6.4 mm x 1000 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 8			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra de perfil cuadrado del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	2500	
2	Seccionar el material de acuerdo a las dimensiones de la pieza	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Desbaste de los extremos del eje	Torno	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	2	5000	
TIEMPO TOTAL			3horas - 21 minutos		COSTO TOTAL			\$12500
OBSERVACIONES:								

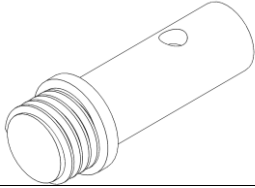


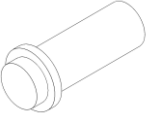
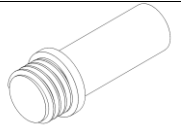
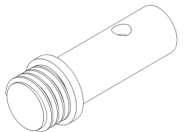


N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	FECHA		ESQUEMA				
9	EJE TERCERA LINEA- TOPE	14/10/2017						
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra circular de \varnothing 11 mm x 100 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA		ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 9				
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Seccionar el material de acuerdo al flanco del engranaje	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Perforación del eje cuadrado	Electro-erosionado	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 21 minutos		COSTO TOTAL		\$22000	
OBSERVACIONES:								


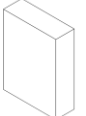

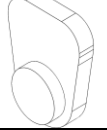
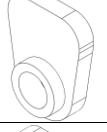



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
10	EJE TERCERA LINEA		14/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra Cuadrada de \square 7,9 mm x 100 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA						
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra de perfil cuadrado del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	3000	
2	Seccionar el material de acuerdo a las dimensiones de la pieza	Torno	30 minutos	45 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Desbaste de los extremos del eje	Torno	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
4	Perforación circular	Fresa	15 minutos	10 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
5	Soldado con la pieza N° 9 (EJE TERCERA LINEA- TOPE)	Soldadura TIG	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	10000	
TIEMPO TOTAL			4 horas - 9 minutos		COSTO TOTAL			\$28000
OBSERVACIONES:								



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
11	EJE LEVA		17/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra circular de \varnothing 8 mm x 100 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA		ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 11				
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Seccionar el material de acuerdo al espesor del material	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	torneado de los diferentes diámetros a lo largo del eje	Torno	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
4	Roscado de la pieza	Macho 5/16 in	10 minutos	10 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
5	perforación circular	fresa	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 39 minutos		COSTO TOTAL			\$32000
OBSERVACIONES:								



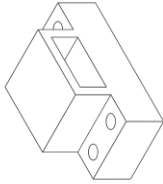


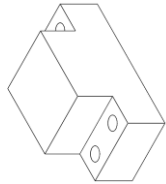
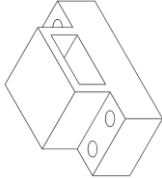
N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
12	VOLANTE		17/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Placa de 26.5 mm X 20 mm X 7 mm						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 12			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de la placa del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Fresado del contorno básico de la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	15 minutos	20 minutos	William Díaz (Isomec)	1	10000	
3	Desbaste del espesor de la placa hasta alcanzar las medidas	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	20 minutos	William Díaz (Isomec)	1	15000	
4	Perforación del agujero en la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	10000	
5	Perforación de los agujeros en la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	2	10000	
TIEMPO TOTAL			4 horas – 3 min		COSTO TOTAL			\$57000

OBSERVACIONES:

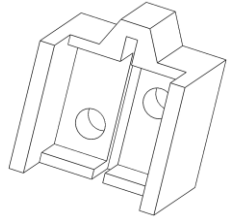
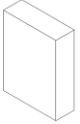
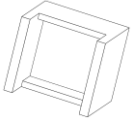
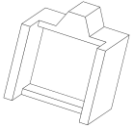
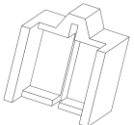
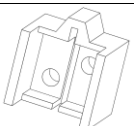


N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
13	GUIA LEVA		17/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Placa de 10 mm X 20 mm X 7 mm						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA						
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de la placa del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Fresado del contorno básico de la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	15 minutos	20 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Desbaste del espesor de la placa hasta alcanzar las medidas	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	20 minutos	William Díaz (Isomec)	1	10000	
4	Perforación de los agujeros en la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 48 minutos		COSTO TOTAL			\$32000
OBSERVACIONES:								



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
15	GUIA		17/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Placa de 31 mm X 15 mm X 16.5 mm						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 15			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de la placa del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Desbaste del contorno de la pieza	Fresa	15 minutos	20 minutos	William Díaz (Isomec)	1	10000	
3	Perforación de agujeros	Fresa	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
4	Perforación de agujero del seguidor	Electro-erosionado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	2	15000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 43 minutos		COSTO TOTAL			\$42000
OBSERVACIONES:								

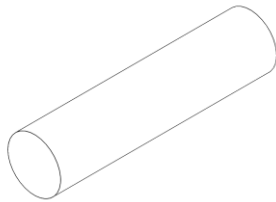
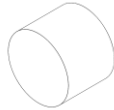
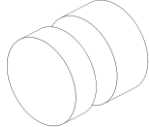
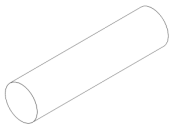



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
16	AGARRE CALADORA		17/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Placa de 15 mm X 13 mm X 16 mm						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 16			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de la placa del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Desbaste del contorno interno de la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	15 minutos	20 minutos	William Díaz (Isomec)	1	10000	
3	Desbaste del contorno superior de la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
4	Desbaste de la ranura para la hoja de caladora	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	2	15000	
5	Perforación de agujeros de sujeción	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	12000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 51 minutos		COSTO TOTAL			\$54000
OBSERVACIONES:								

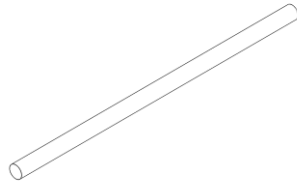


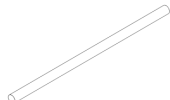


N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
17	PLACA PALANCA		17/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Placa de 15 mm X 13 mm X 16 mm						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 17			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de la placa del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Desbaste del contorno de la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	15 minutos	20 minutos	William Díaz (Isomec)	1	20000	
3	Desbaste del contorno superior de la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	10000	
4	Desbaste de la ranura para la hoja de caladora	Torno-Fresa CNC computarizado	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	2	10000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 43 minutos		COSTO TOTAL			\$52000
OBSERVACIONES: Este proceso de fabricación se repetirá para generar en total dos piezas								

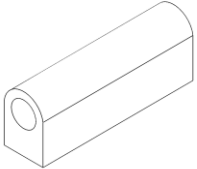
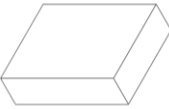
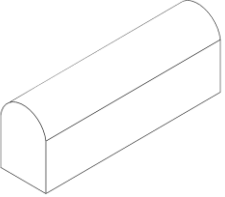
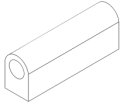


N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	FECHA	ESQUEMA								
18	EJE PLACA PALANCA	18/10/2017									
MATERIAL		DIMENSIONES									
Acero 1045		Barra circular de \varnothing 6.35 mm x 100 mm.									
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA		ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 18							
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA			
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL							
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000				
2	Seccionar el material de acuerdo al espesor deseado	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000				
3	Rectificado de las medidas	Torno	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000				
4	Soldado a las piezas N° 16	Soldadura TIG	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	2	5000				
TIEMPO TOTAL			4 horas - 29 minutos		COSTO TOTAL		\$37000				
OBSERVACIONES:											

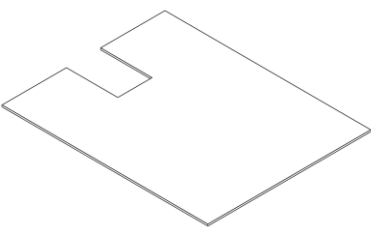
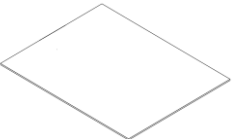
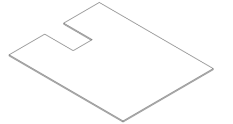
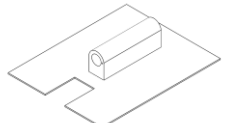


N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	FECHA		ESQUEMA				
19	EJE PALANCA	18/10/2017						
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra circular de \varnothing 3.96 mm x 100 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA		ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 19				
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Seccionar el material de acuerdo largo deseado	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Rectificado de las medidas	Torno	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 21 minutos		COSTO TOTAL		\$22000	
OBSERVACIONES:								

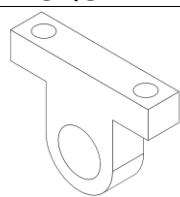
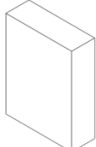
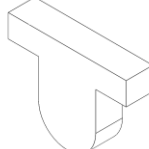
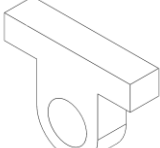
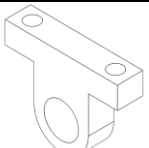


N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
20	SOPORTE PLACA		18/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
NYLON 66		Barra cuadrada de □ 25.4 mm x 100 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 20			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra de perfil cuadrado del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Desbaste de la curvatura superior	Torno-Fresa CNC computarizado	20 minutos	30 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Perforación del agujero central	fresa	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			4 horas - 29 minutos		COSTO TOTAL		\$37000	
OBSERVACIONES:								

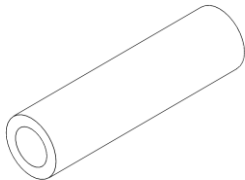

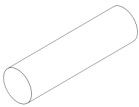
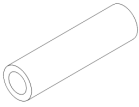


N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
21	PLACA		18/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Placa de 95 mm X 120 mm X 1/8 in						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 21			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de Placa del material en las dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Recortar cavidad frontal de la pieza	fresa	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Soldado a la pieza N° 19	Soldadura TIG	10 minutos	8 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 23 minutos		COSTO TOTAL			\$37000
OBSERVACIONES:								


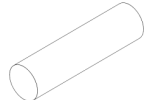



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
22	PIVOTE PALANCA		18/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Placa de 23.5 mm X 31 mm X 7 mm						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA						
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de Placa del material en las dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Fresado del contorno de la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	20 minutos	25 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Perforación del agujero central en la pieza	Torno-Fresa CNC computarizado	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
4	Perforación del agujero	Torno-Fresa CNC computarizado	8 minutos	7 minutos	William Díaz (Isomec)	2	10000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 38 minutos		COSTO TOTAL			\$37000
OBSERVACIONES: Este proceso de fabricación se repetirá para generar en total dos piezas								



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
23	PALANCA EJE 1		18/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra circular de \varnothing 6.35 mm x 100 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 23			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT.	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Seccionar el material de acuerdo al flanco del engranaje	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Perforación del eje	Torno	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 21 minutos		COSTO TOTAL			\$37000
OBSERVACIONES:								



N° PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA		FECHA		ESQUEMA			
24	PALANCA EJE 2		18/10/2017					
MATERIAL		DIMENSIONES						
ACERO 1045		Barra circular de \varnothing 4.76 mm x 100 mm.						
DIBUJO		CARLOS BERMÚDEZ, RUTH LIZCANO Y LIDA OTÁLORA			ISOMÉTRICO DE LA PIEZA 24			
N° PASO	PROCESO	MÁQUINA O HERRAMIENTA	TIEMPO DE PROCESO		OPERADOR	CANT	COSTO	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
			TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL				
1	Compra de barra circular del material en dimensiones generales	Recurso humano	2 horas	3 horas	Carlos, Ruth, Lida.	1	12000	
2	Seccionar el material de acuerdo al largo deseado	Torno	10 minutos	15 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
3	Soldado a la pieza N° 22	Soldadura TIG	8 minutos	6 minutos	William Díaz (Isomec)	1	5000	
TIEMPO TOTAL			3 horas - 21 minutos		COSTO TOTAL			\$37000
OBSERVACIONES:								

13.6 ANEXO 6 CALCULOS DE ENGRANAJES.

13.6.1. Primera etapa.

Cálculo del piñón			Cálculo de engranajes		
parte	nomenclatura	piñón	Parte	nomenclatura	engrane
dientes	N	17	Dientes	N	26
Diametral pitch	m	12,7	Diametral pitch	Pd	12,7
circulo de paso	$dp=m*N$	1,338582	circulo de paso	$dp=m*N$	2,047244
radio de paso	$r=dp/2$	0,669291	radio de paso	$r=dp/2$	1,023622
ángulo de presión	teta	20	ángulo de presión	teta	20
razón del engranaje	$Mg=Ng/Np$	1,529411	razón del engranaje	$Mg=Ng/Np$	#¡REF!
paso circular	$Pc=pi/Pd$	0,247369	paso circular	$Pc=pi/Pd$	0,247369
paso de base	$Pb=Pc*\cos(teta)$	0,232451	paso de base	$Pb=Pc*\cos(teta)$	0,232451
addendum	$a=1/m$	0,078740	addendum	$a=1/m$	0,078740
dedendum	$b=1,25/m$	0,098425	dedendum	$b=1,25/m$	0,098425
profundidad total	$ht=a+b$	0,177165	profundidad total	$ht=a+b$	0,177165
holgura	$c=b-a$	0,019685	holgura	$c=b-a$	0,019685
diámetro exterior	$de=dp+2a$	1,496062	diámetro exterior	$de=dp+2a$	2,204724
diámetro interior	$di=pd-(2*1,667*m)$	1,141732	diámetro interior	$di=pd-(2*1,667*m)$	1,850393
espesor diente	$e=pc/2$	0,123684	espesor diente	$e=pc/2$	0,123684
longitud de acción	$Z= \text{raiz}(((Rp+ap)^2 - (Rp\cos(TETA))^2 + (Rg+ag)^2 - (Rg\cos(TETA))^2 - Csen(TETA))$	0,364447			
distancia entre centros	$c=rp+rg$	1,692913			

velocidad angular	$Mv=dp1/pd2$	0,653846
razón de torsión	$Mt=dp2/dp1$	1,529411

cálculo de fuerzas

	inglesa	internacional	
potencia	0,1475	109,99075	W
velocidad angular	1989	208,2875929	rad /s
torque	4,673826157		lb*in
fuerza tangencial	6,98324614		lb
fuerza total	7,431415322		lb
fuerza radial	2,541693734		lb

cálculo de esfuerzo engrane

wt	6,983	lb/		
	2461	in		
	4			
F	0,157	in		
	4803			
	15			
J	0,35			
Ka	1,25			
Km	1,6	Vt	697,	
			0254	
			09	
Kv	0,857	A	76,8	B 0,52
	6858		7882	0020
	38		65	96
Ks	1	tr	1	
Kb	1	M	5,64	
		b	4444	
			44	
Ki	1			
Qv	9			
esfuerzo	3752,	lb/		
	0490	in		
	62	^2		
punto de fluencia del material	6400,	psi		
	5			

cálculo de fuerzas

	inglesa	internacional	
Potencia	0,1475	109,99075	W
velocidad angular	1300	136,135682	rad /s
Torque	7,15095402		lb*in
fuerza tangencial	6,985932004		lb
fuerza total	7,434273559		lb
fuerza radial	2,542671308		lb

cálculo de esfuerzo engrane

Wt	6,98	lb		
	5932	/i		
		n		
F	0,15	in		
	7480			
	31			
J	0,35			
Ka	1,25			
Km	1,6	Vt	696,	
			7574	
			26	
Kv	0,85	A	76,8	B 0,52
	7707		7882	0020
	76		65	96
Ks	1	tr	1	
Kb	1	M	5,64	
		b	4444	
			44	
Ki	1			
Qv	9			
esfuerzo	3753	lb		
	,396	/i		
	23	n^		
		2		
punto de fluencia del material	6.40	ps		
	1	i		

factor de seguridad	1,705 8678 86
----------------------------	---------------------

factor de seguridad	1,70 5255 62
----------------------------	--------------------

13.6.2. Segunda etapa.

Cálculo de piñón			
parte	nomenclatura	piñón	
dientes	N	15	
Diametral pitch	m	12,7	
circulo de paso	$dp=m*N$	1,1811023	i
radio de paso	$r=dp/2$	0,5905511	i
ángulo de presión	teta	20	n
razón del engranaje	$Mg=Ng/Np$	1,8666666	
paso circular	$Pc=pi/Pd$	0,2473695	i
paso de base	$Pb=Pc*cos(teta)$	0,2324512	i
adendum	$a=1/m$	0,0787401	i
dedendum	$b=1,25/m$	0,0984252	i
profundidad total	$ht=a+b$	0,1771653	i
holgura	$c=b-a$	0,0196850	i
diámetro exterior	$de=dp+2a$	1,3385826	i
diámetro interior	$di=pd-(2*1,667*m)$	0,9842519	i
espesor diente	$e=pc/2$	0,1236847	i
longitud de acción	$Z= raiz ((Rp+ap)^2 - (RpCos(TETA))^2 + (Rg+ag)^2 - (RgCos(TETA))^2 - Csen(TETA))$	0,3625584	7

Cálculo de engranajes			
parte	nomenclatur	engrane	
dientes	N	28	
Diametral pitch	Pd	12,7	
circulo de paso	$dp=m*N$	2,2047244	in
radio de paso	$r=dp/2$	1,1023622	in
ángulo de presión	teta	20	
razón del engranaje	$Mg=Ng/Np$	#iREF!	
paso circular	$Pc=pi/Pd$	0,2473695	in
paso de base	$Pb=Pc*cos(teta)$	0,2324512	in
adendum	$a=1/m$	0,0787401	in
dedendum	$b=1,25/m$	0,0984251	in
profundidad total	$ht=a+b$	0,1771653	in
holgura	$c=b-a$	0,0196850	in
diámetro exterior	$de=dp+2a$	2,3622047	in
diámetro interior	$di=pd-(2*1,667*m)$	2,0078740	in
espesor diente	$e=pc/2$	0,1236847	in

distancia entre centros	$c=rp+rg$	1,6929133	i
		9	n
velocidad angular	$Mv=dp1/pd2$	0,5357142	9
razón de torsión	$Mt=dp2/dp1$	1,8666666	7

cálculo de fuerzas			
	inglesa	internacional	
potencia	0,1475	109,99075	W
velocidad angular	2400,27	251,3556866	rad/s
torque	3,872997715		lb*in
fuerza tangencial	6,558276131		lb
fuerza total	6,979171685		lb
fuerza radial	2,3870173		lb

cálculo de esfuerzo engrane			
wt	6,558	lb/	
	2761	in	
	31		
F	0,157	in	
	4803		
	15		
J	0,358		
	888		
Ka	1,25		
Km	1,6	Vt	742,1919
			88
Kv	0,854	A	76,8
	0722		7882
	02		65
Ks	1	tr	1
			0,52
			0020
			96

cálculo de fuerzas			
	inglesa	internacional	
potencia	0,1475	109,99075	W
velocidad angular	1300	136,135682	rad/s
torque		7,15095402	lb*in
fuerza tangencial		6,486936861	lb
fuerza total		6,903254019	lb
fuerza radial		2,361051929	lb

cálculo de esfuerzo engrane			
Wt	6,48	lb	
	6936	/i	
	86	n	
F	0,15	in	
	7480		
	31		
J	0,35		
	8888		
Ka	1,25		
Km	1,6	Vt	750,3541
			51
Kv	0,85	A	76,8
	3435		7882
	66		65
Ks	1	tr	1
Kb	1	M	5,64
		b	4444
			44

Kb	1	M	5,64
		b	4444
			44
Ki	1		
Qv	9		
esfuerzo	3450,	lb/	
	9893	in	
	26	^2	
punto de fluencia del material	6400,	psi	
	5		
factor de seguridad	1,854		
	6855		
	4		

Ki	1		
Qv	9		
Esfuerzo	3415	lb	
	,996	/i	
	29	n^	
	2		
punto de fluencia del material	6.40	ps	
	1	i	
factor de seguridad	1,87		
	3684		
	71		

13.6.3. Tercera etapa.

Cálculo del piñón		
parte	nomenclatura	piñón
dientes	N	20
Diametral pitch	m	12,7
circulo de paso	$dp=m*N$	1,57480315 in
radio de paso	$r=dp/2$	0,78740157 in
ángulo de presión	teta	20
razón del engranaje	$Mg=Ng/Np$	1,5
paso circular	$Pc=pi/Pd$	0,2473695 in
paso de base	$Pb=Pc*cos(teta)$	0,23245129 in
adendum	$a=1/m$	0,07874016 in
dedendu m	$b=1,25/m$	0,0984252 in
profundidad total	$ht=a+b$	0,17716535 in
holgura	$c=b-a$	0,01968504 in
diámetro exterior	$de=dp+2a$	1,73228346 in
diámetro interior	$di=pd-(2*1,667*m)$	1,37795276 in

Cálculo de engranajes		
Parte	nomenclatura	engrane
Dientes	N	20
Diametral pitch	Pd	12,7
circulo de paso	$dp=m*N$	1,57480315 in
radio de paso	$r=dp/2$	0,78740157 in
		5
ángulo de presión	teta	20
razón del engranaje	$Mg=Ng/Np$	#¡REF!
paso circular	$Pc=pi/Pd$	0,2473695 in
paso de base	$Pb=Pc*cos(teta)$	0,23245129 in
		4
Adendum	$a=1/m$	0,07874015 in
		7
Dedendum	$b=1,25/m$	0,09842519 in
		7
profundidad total	$ht=a+b$	0,17716535 in
		4
Holgura	$c=b-a$	0,01968503 in
		9
diámetro exterior	$de=dp+2a$	1,73228346 in
		5

espesor diente	$e=pc/2$	0,12368475	in
longitud de acción	$Z= \text{raiz} \left((Rp+ap)^2 - (Rp \cos(TETA))^2 + (Rg+ag)^2 - (Rg \cos(TETA))^2 - 2 - Csen(TETA) \right)$	0,37312526	
distancia entre centros	$c=rp+rg$	1,96850394	in
velocidad angular	$Mv=dp1/pd2$	0,66666667	
razón de torsión	$Mt=dp2/dp1$	1,5	

diámetro interior	$di=pd-(2*1,667*m)$	1,37795275	in
espesor diente	$e=pc/2$	0,12368475	in

cálculo de fuerzas			
	inglesa	internacional	
potencia	0,1475	109,99075	W
velocidad angular	2000	209,4395102	rad/s
torque	4,648120113		lb*in
fuerza tangencia l	5,903112544		lb
fuerza total	6,281961157		lb
fuerza radial	2,148557255		lb

cálculo de fuerzas			
	ingl esa	internacional	
Potencia	0,94	700,958	W
velocidad angular	200	209,43951	ra d/s
Torque	0	29,62191801	lb* in
fuerza tangencia l		37,61983587	lb
fuerza total		40,03419314	lb
fuerza radial		13,69250047	lb

cálculo de esfuerzo engrane		
wt	5,90311254	lb/in
	4	
F	0,15748031	in
	5	
J	0,33	
Ka	1,25	

cálculo de esfuerzo engrane		
Wt	37,61	lb
	9835	/i
	87	n
F	0,157	in
	4803	
	15	
J	0,33	
Ka	1,25	

Km	1,6	Vt	824,5 6500 1		
Kv	0,84785985 3	A	76,87 8826 5	B	0,5200
Ks	1	tr	1		
Kb	1	Mb	5,644 4444 4		
Ki	1				
Qv	9				
esfuerzo	3402,91023	lb/in ²			
punto de fluencia del material	6400,5	psi			
factor de seguridad	1,88089004 7				

Km	1,6	Vt	824, 5650 01		
Kv	0,847 8598 53	A	76,8 7882 65	B	0,52 0020 96
Ks	1	tr	1		
Kb	1	M b	5,64 4444 44		
Ki	1				
Qv	9				
Esfuerzo	2168 6,343 22	lb /i n ²			
punto de fluencia del material	6.401	ps i			
factor de seguridad	0,295 1396 62				

13.6.3. Salida del motor.

Cálculo del piñón		
parte	nomenclatura	piñón
dientes	N	31
Diametral pitch	m	12,7
circulo de paso	$dp=m*N$	2,44094 in
radio de paso	$r=dp/2$	1,22047 in
ángulo de presión	teta	20
razón del engranaje	$Mg=Ng/Np$	1
paso circular	$Pc=pi/Pd$	0,24737 in
paso de base	$Pb=Pc*cos(teta)$	0,23245 in

Cálculo de engranajes		
parte	nomenclatura	engrane
dientes	N	31
Diametral pitch	Pd	12,7
circulo de paso	$dp=m*N$	2,440944 in
radio de paso	$r=dp/2$	1,220472 in
ángulo de presión	teta	20
razón del engranaje	$Mg=Ng/Np$	#¡REF!
paso circular	$Pc=pi/Pd$	0,247369 in

adendum	$a=1/m$	0,07874	in
dedendum	$b=1,25/m$	0,09842	in
		5	
profundidad total	$ht=a+b$	0,17716	in
		5	
holgura	$c=b-a$	0,01968	in
		5	
diámetro exterior	$de=dp+2a$	2,59842	in
		5	
diámetro interior	$di=pd-$	2,24409	in
	$(2*1,667*m)$	4	
espesor diente	$e=pc/2$	0,12368	in
		5	
longitud de acción	$Z= \text{raiz}((Rp+ap)^2 - (Rp\text{Cos}(TETA))^2 + (Rg+ag)^2 - (Rg\text{Cos}(TETA))^2 - C\text{sen}(TETA))$	0,38604	1
distancia entre centros	$c=rp+rg$	2,44094	in
		5	
velocidad angular	$Mv=dp1/pd2$	1	
razón de torsión	$Mt=dp2/dp1$	1	

paso de base adendum	$Pb=Pc*\text{cos}(t\text{eta})$	0,232451	in
		294	
	$a=1/m$	0,078740	in
		157	
dedendum	$b=1,25/m$	0,098425	in
		197	
profundidad total	$ht=a+b$	0,177165	in
		354	
holgura	$c=b-a$	0,019685	in
		039	
diámetro exterior	$de=dp+2a$	2,598425	in
		197	
diámetro interior	$di=pd-$	2,244094	in
	$(2*1,667*m)$	488	
espesor diente	$e=pc/2$	0,123684	in
		75	

cálculo de fuerzas

	inglesa	internacional	
potencia	0,1475	109,99075	W
velocidad angular	1300	136,1356817	rad/s
torque	7,15095402		lb*in
fuerza tangencial	5,859168778		lb
fuerza total	6,235197178		lb
fuerza radial	2,132563033		lb

cálculo de fuerzas

	inglesa	internacional	
Potencia	0,1475	109,99075	W
velocidad angular	1300	136,135682	rad/s
Torque	7,15095402		lb*in
fuerza tangencial	5,859168778		lb
fuerza total	6,235197178		lb
fuerza radial	2,132563033		lb

cálculo de esfuerzo engrane

cálculo de esfuerzo engrane

wt	5,859	lb/				Wt	5,85	lb			
	1687	in					9168	/i			
	78						78	n			
F	0,157	in				F	0,15	in			
	4803						7480				
	15						31				
J	0,372					J	0,37				
	222						2222				
Ka	1,25					Ka	1,25				
Km	1,6	Vt	830,			Km	1,6	Vt	830,		
			7492						7492		
			38						38		
Kv	0,847	A	76,8	B	0,52	Kv	0,84	A	76,8	B	0,52
	4114		7882		0020		7411		7882		0020
	16		65		96		42		65		96
Ks	1	tr	1			Ks	1	tr	1		
Kb	1	M	5,64			Kb	1	M	5,64		
		b	4444					b	4444		
			44						44		
						Ki	1				
Ki	1					Qv	9				
Qv	9					Esfuerzo	2996	lb			
esfuerzo	2996,	lb/					,036	/i			
	0365	in					51	n^			
	1	^2						2			
punto de	6400,	psi				punto de	6.40	ps			
fluencia del	5					fluencia del	1	i			
material						material					
factor de	2,136					factor de	2,13				
seguridad	3224					seguridad	6322				
	31						43				

13.6.3. Engrane cónico.

ENGRANE CÓNICO

dientes	20		
modulo	16,93	1/in	
angulo	45		
dp	1,18133491	in	
angulo paso cono	45		
longitud de cono	0,83532992		
flanco	0,27844331		
rp	0,59066745		

CÁLCULO DE FUERZAS			
	inglesa	internacional	
potencia	0,1475	109,99075	W
velocidad angular	2000	209,43951	rad/s
torque	4,648120113		lb*in
Wt	7,869267351		
wa	2,691447947		
wr	7,394692461		
W	11,1288246		

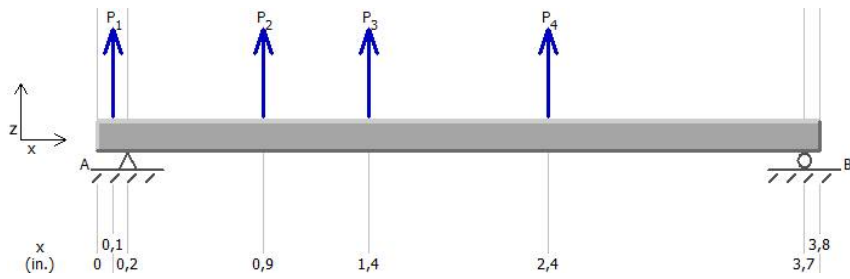
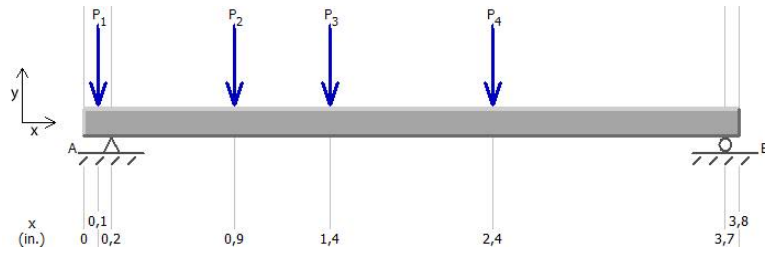
ESFUERZO DE ENGRANAJE					
J	0,2				
Ka	1,25				
Km	1,6				
Ks	1				
Qv	9	Vt	618,545512		
Kv	0,8643714	A	76,8788265	B	0,52002096
Kx	1				
esfuerzo	5535,46471	psi			
punto de fluencia del material	12.038	psi			
factor de seguridad	2,17472782				

13.7. ANEXO 7 CALCULOS DE LOS EJES.

13.7.1. Esfuerzos del primer eje.

datos de la barra		
a=b	0,375	in
h	0,375	in
sut	81.900	psi
	81,9	ksi

Diagrama de cuerpo libre de los planos Y-X y Z-X

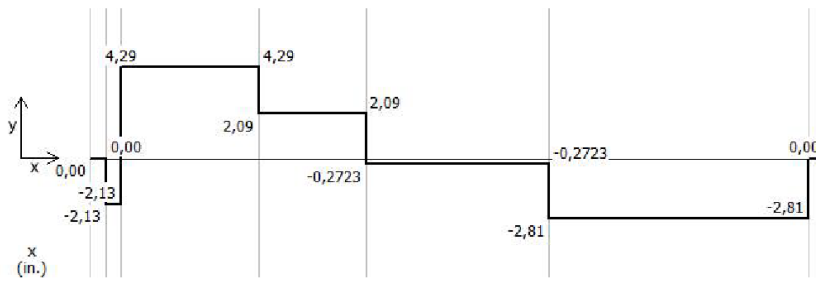


esfuerzo a torsión

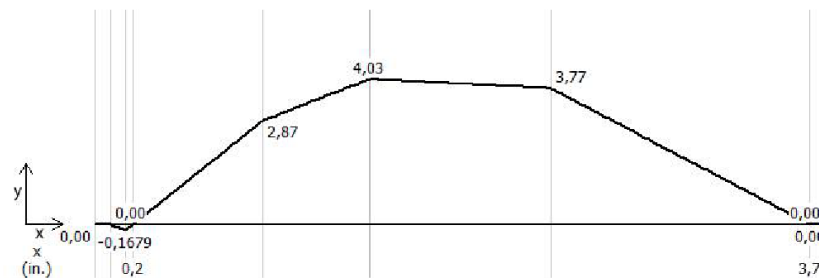
base=a	0,375 in
torque	7,15095402 lb
esfuerzo a torsión	978,377638

Graficas de vector cortante y momento flector de los planos Y-X y Z-X

Grafica de Vector cortante



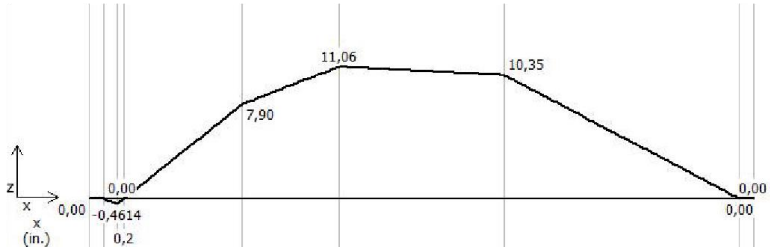
Grafica de Momento flector



Grafica de Vector cortante



Grafica de Momento flector



esfuerzo a flexión

M	10,3975622	lb
c	0,1875	in
I	0,00164795	in ⁴
esfuerzo a flexión	2011,11959	lb/in ³

Se

Ka	0,134692536	a	2,7	B	-0,265
Kb	0,998790755	de	0,303		
Kc	1				
Kd	1				
Ke	1				
Kf					
Kf	1,7				
Kfs	1,5				
S'e	33				
Se	7,492225815	Kpsi	7492,22581	Psi	

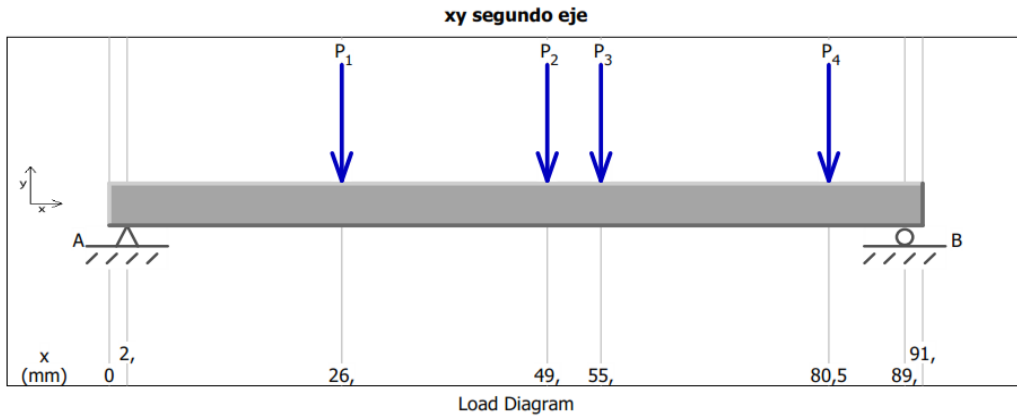
factor de seguridad de flechas

σ'a	$(\sigma^2a+3\tau^2a)^{1/2}$	2011,11959	σa	2011,119588	τα	0
σ'm	$(\sigma^2m+3\tau^2m)^{1/2}$	1694,59978	σm	0	τm	978,377638
	Se	7492,22581				
	Sut	81900				
1/n	0,289118603					
n	3,458788155					

13.7.2. Esfuerzos del segundo eje.

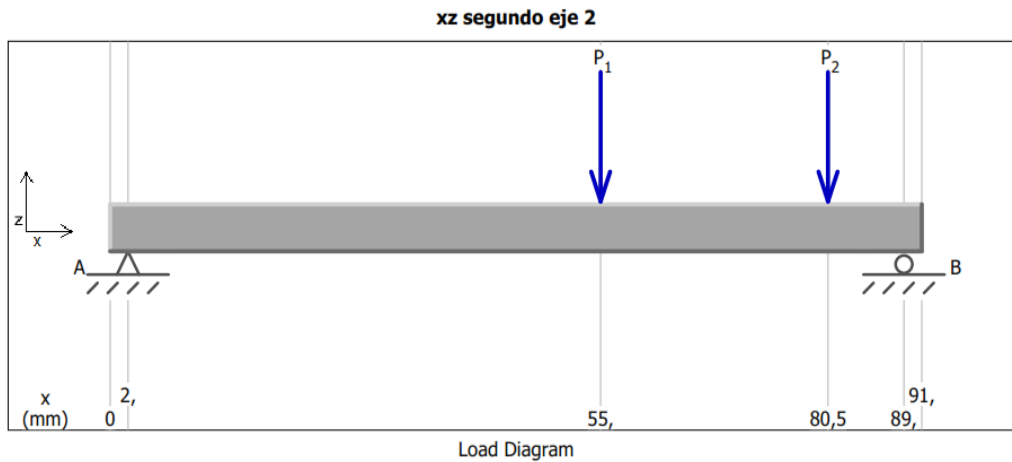
datos de la barra	
a=b	0,25 in
h	0,25 in
Sut	81.900 psi
	81,9 ksi

Diagrama de cuerpo libre de los planos Y-X y Z-X



$P_1 = 2,2036 \text{ lb (down)}$
 $P_2 = 2,387 \text{ lb (down)}$
 $P_3 = 2,5417 \text{ lb (down)}$
 $P_4 = 2,1486 \text{ lb (down)}$

$A_y = 3,90 \text{ lb (up)}$
 $B_y = 5,38 \text{ lb (up)}$

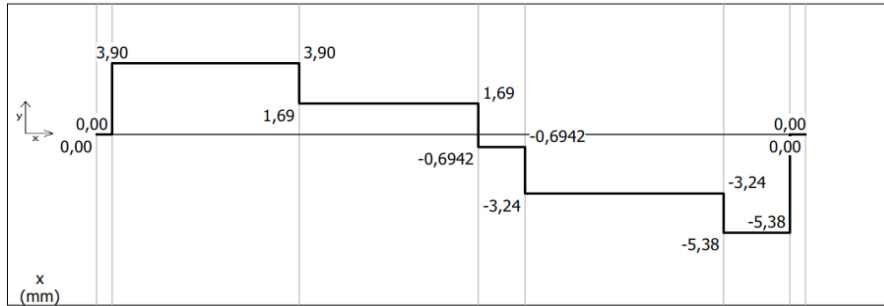


$P_1 = 6,9832 \text{ lb (down)}$
 $P_2 = 5,9031 \text{ lb (down)}$

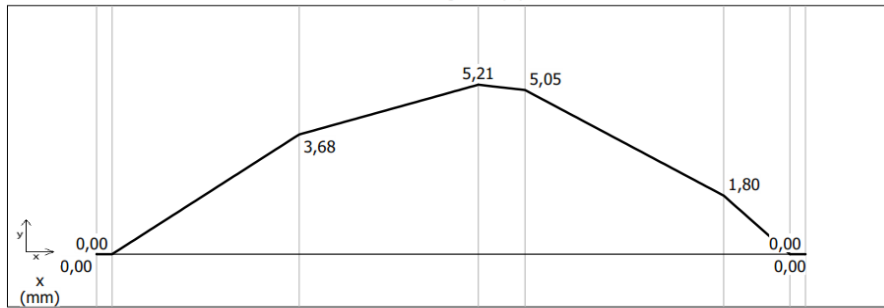
$A_y = 3,31 \text{ lb (up)}$
 $B_y = 9,58 \text{ lb (up)}$

esfuerzo a torsión	
base=a	0,25 in
Torque	4,648120113 lb
esfuerzo a torsión	2146,315943

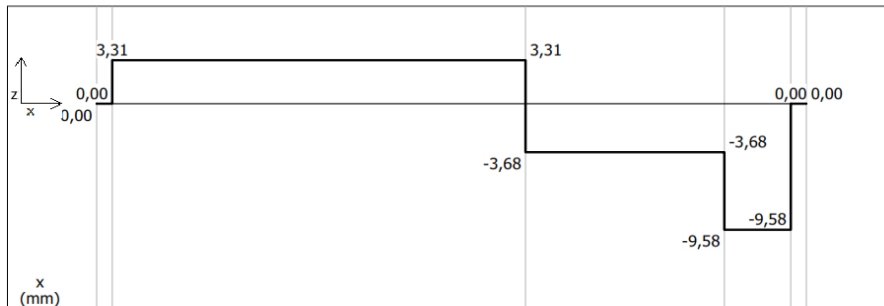
Graficas de vector cortante y momento flector de los planos Y-X y Z-X



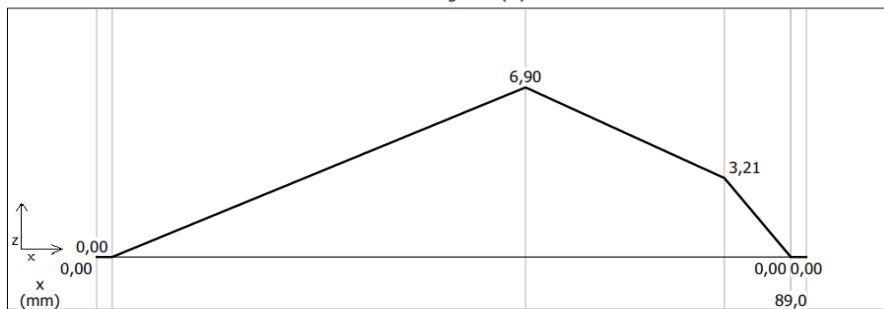
Shear Diagram (lb)



Moment Diagram (lb-in.)



Shear Diagram (lb)



Moment Diagram (lb-in.)

esfuerzo a flexión

M	8,64604534	lb
c	0,125	in
I	0,00032552	in ⁴
esfuerzo a flexión	5644,1384	lb/in ³

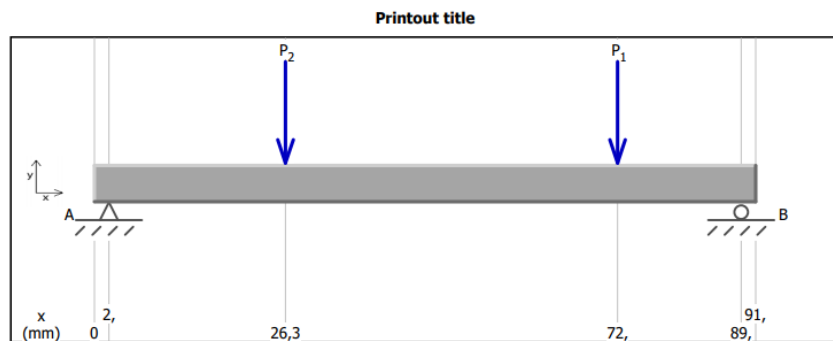
Se						
Ka	0,134692536	a	2,7	B		-0,265
Kb	1,043076782	de	0,202			
Kc	1					
Kd	1					
Ke	1					
Kf						
Kf	1,7					
Kfs	1,5					
S'e	33					
Se	7,824428444	Kpsi	7824,42844	psi		

factor de seguridad de flechas						
$\sigma'a$	$(\sigma^2a+3\tau^2a)^{1/2}$	5644,1384	σa	5644,138397	τa	0
$\sigma'm$	$(\sigma^2m+3\tau^2m)^{1/2}$	3717,52826	σm	0	τm	2146,31594
	Se	7824,42844				
	Sut	81900				
1/n	0,766739396					
n	1,304224101					

13.7.3. Esfuerzos del tercer eje.

datos de la barra		
a=b	0,3125	in
h	0,3125	in
sut	81.900	psi
	81,9	ksi

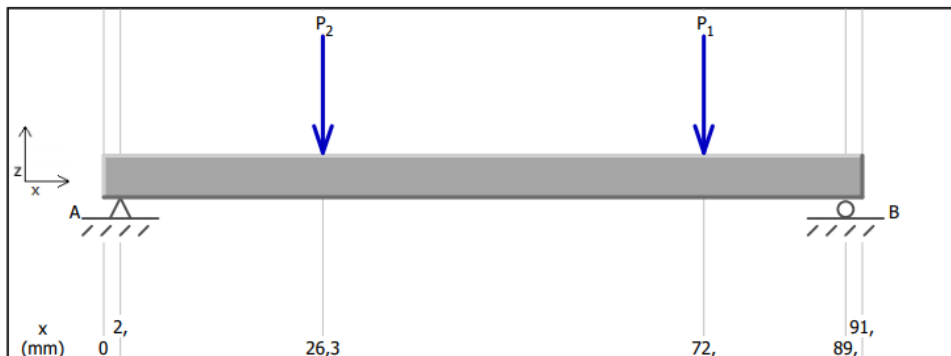
Diagrama de cuerpo libre de los planos Y-X y Z-X



$P_1 = 2,1486$ lb (down)
 $P_2 = 7,3947$ lb (down)

$A_y = 5,75$ lb (up)
 $B_y = 3,79$ lb (up)

Printout title



Load Diagram

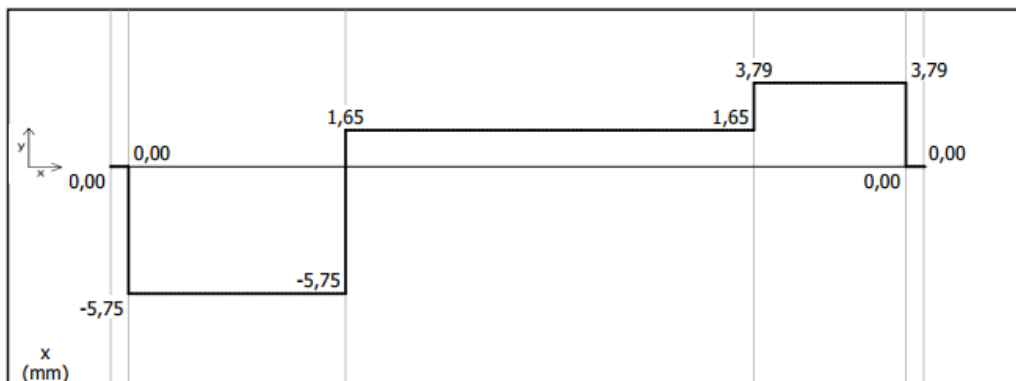
P₁ = 5,9031 lb (down)
 P₂ = 7,8693 lb (down)

A_y = 6,82 lb (up)
 B_y = 6,95 lb (up)

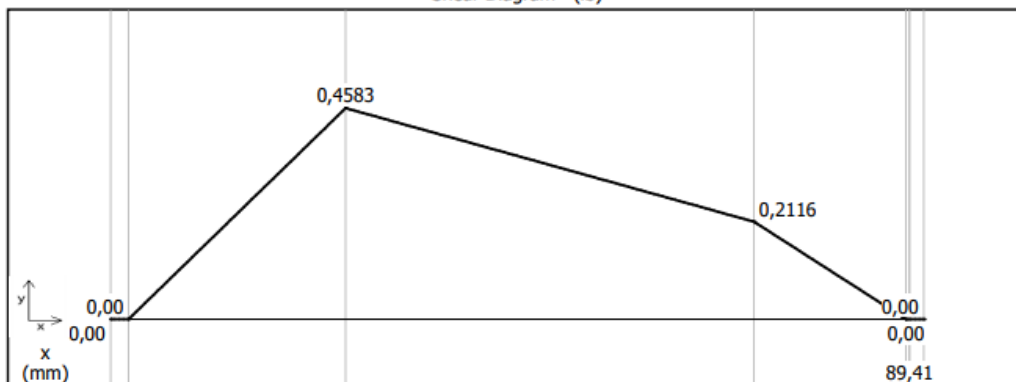
esfuerzo a torsión

base=a	0,3125 in
torque	4,648120113 lb
esfuerzo a torsión	1098,913763

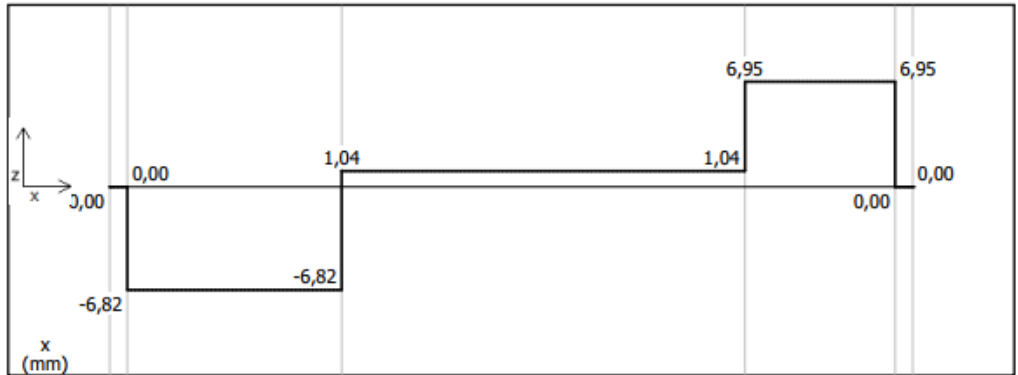
Graficas de vector cortante y momento flector de los planos Y-X y Z-X



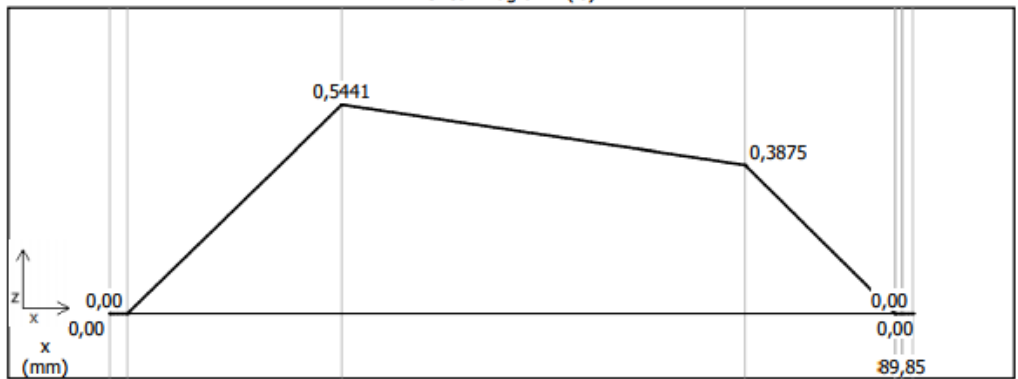
Shear Diagram (lb)



Moment Diagram (lb-ft)



Shear Diagram (lb)



Moment Diagram (lb-ft)

esfuerzo a flexión

M	8,5367472	lb
c	0,15625	in
I	0,00079473	in ⁴
esfuerzo a flexión	2853,26775	lb/in ³

Se

Ka	0,134692536	a	2,7	B	-0,265
Kb	1,018466872	de	0,2525		
Kc	1				
Kd	1				
Ke	1				
Kf					
Kf	1,7				
Kfs	1,5				
S'e	33				
Se	7,639822206	Kpsi	7639,82221	Psi	

factor de seguridad de flechas

σ'a	$(\sigma^2 a + 3\tau^2 a)^{1/2}$	2853,26775	σa	2853,267749	τa	0
σ'm	$(\sigma^2 m + 3\tau^2 m)^{1/2}$	1903,37447	σm	0	τm	1098,91376

	Se	7639,82221
	Sut	81900
1/n	0,396713282	
n	2,520712176	

13.8. ANEXO 8 CALCULOS DE RODAMIENTOS

PRIMER EJE							
rodamiento 1				rodamiento 2			
c	161	lbf		C	161	lbf	
p	2,13	lbf		P	2,81	lbf	
velocidad	56000	rev/m		velocidad	56000	rev/m	
limite				limite			
Kr	0,65			Kr	0,65		
vida a la fatiga				vida a la fatiga			
L10	(C/P) ³	431855,86	rev/m	L10	(C/P) ³	188086,95	rev/m
		1				2	
vida a la fatiga con porcentaje de error				vida a la fatiga con porcentaje de error			
Lp	Kr*L10	280706,30	REV/MI	Lp	Kr*L10	122256,51	REV/MI
		9	N			9	N
SEGUNDO EJE							
rodamiento 1				rodamiento 2			
c	91	lbf		c	91	lbf	
p	3,9	lbf		p	5,38	lbf	
velocidad	32000	rev/m		velocidad	32000	rev/m	
limite				limite			
Kr	0,65			Kr	0,65		
vida a la fatiga				vida a la fatiga			
L10	(C/P) ³	12703,703	rev/m	L10	(C/P) ³	4839,2421	rev/m
		7					
vida a la fatiga con porcentaje de error				vida a la fatiga con porcentaje de error			
Lp	Kr*L10	8257,4074	REV/MI	Lp	Kr*L10	3145,5073	REV/MI
		1	N			7	N
TERCER EJE							
rodamiento 1				rodamiento 2			
c	91	lbf		c	91	lbf	
p	5,75	lbf		p	3,79	lbf	
velocidad	32000	rev/m		velocidad	32000	rev/m	
limite				limite			

Kr		0,65			Kr		0,65		
vida a la fatiga					vida a la fatiga				
L10	$(C/P)^{\wedge}$	3963,8813	rev/m		L10	$(C/P)^{\wedge}3$	13842,245	rev/m	
	3		2					5	
vida a la fatiga con porcentaje de error					vida a la fatiga con porcentaje de error				
Lp	Kr*L10	2576,5228	REV/MI		Lp	Kr*L10	8997,4595	REV/MI	
		6	N				7	N	