

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**“IMPLEMETACIÓN DE UN SISTEMA CONTRA ROTATORIO PARA
LA MAQUETA DIDÁCTICA DEL MOTOR ROLLS ROYCE RB 3011”**

POR:

LUIS ORLANDO JÁCOME MAILA

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título
de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES**

2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el **Sr. LUIS ORLANDO JÁCOME MAILA**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA - MOTORES**.

Tlgo. Alejandro Proaño.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, Enero 6 del 2014.

DEDICATORIA

El presente trabajo de graduación está dedicado a mis padres ya que gracias a su apoyo y esfuerzo hicieron posible que este sueño se convierta en una realidad además a todas aquellas personas que directa o indirectamente aportaron su grano de arena para la culminación del presente trabajo.

Luis Orlando Jácome Maila.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico el cual con su planta de docentes contribuyen con sus conocimientos en el aprendizaje de sus estudiantes formándolos para lograr un buen desempeño en todos los aspectos de su vida.

Al Ing. Ernesto Quinatoa quien gracias a su apoyo y valiosa contribución hizo posible la realización y culminación del presente trabajo.

Luis Orlando Jácome Maila.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	ix
Índice de anexos	xi
Introducción.....	xii
Resumen.....	1
Summary.....	2

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Definición del problema	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. General	4
1.4.2. Específicos.....	4
1.5. Alcance.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Engranaje.....	6
2.1.1. Historia y evolución	6
2.2. Tipos de engranajes.....	11
2.2.1. Engranajes rectos	12
2.2.1.1. Fórmulas constructivas de los engranajes rectos.....	15
2.2.2. Helicoidales	16

2.2.2.1. Helicoidales dobles.....	17
2.2.3. Cónicos	18
2.2.3.1. Engranajes cónicos de dientes rectos.....	19
2.2.3.2. Engranaje cónico helicoidal.....	19
2.2.3.3. Engranaje cónico hipoide	19
2.2.4. Tornillo sin fin y corona.....	20
2.3. Trenes de engranajes.....	21
2.3.1. Tren ordinario simple.....	21
2.3.2. Tren ordinario compuesto.....	21
2.3.3. Tren epicicloidal	22
2.4. Acero	24
2.4.1. Propiedades del acero.....	24
2.4.2. Sistema de designación de los aceros	24
2.4.3. Clasificación	26
2.4.3.1. Por su utilización	26
2.4.3.2. Por su calidad.....	26
2.4.3.2.1. Aceros para construcción	26
2.4.3.2.2. Aceros para herramientas	27
2.4.3.2.3. Aceros inoxidables	27
2.5. Torno	27
2.5.1. Historia	28
2.5.2. Tipos de tornos.....	29
2.5.2.1. Torno paralelo	29
2.5.2.2. Torno copiador	30
2.5.2.3. Torno revolver	31
2.5.2.4. Torno automático	32
2.5.2.5. Torno vertical.....	33
2.5.2.6. Torno CNC	34
2.5.3. Estructura del torno	35
2.5.4. Herramientas de torneado.....	36
2.5.4.1. Características de las plaquitas de metal duro.....	36
2.5.5. Movimientos de trabajo en la operación de torneado.....	38
2.5.6. Operaciones de torneado	39
2.5.6.1. Cilindrado	39

2.5.6.2. Refrentado.....	40
2.5.6.3. Ranurado.....	41
2.5.6.4. Roscado	42
2.5.6.5. Chaflanado.....	42
2.5.6.6. Taladrado	42
2.5.7. Parámetros de corte del torneado	43
2.5.7.1. Velocidad de corte.....	43
2.5.7.2. Velocidad de rotación de la pieza.....	44
2.5.7.3. Velocidad de avance	44
2.5.8. Factores que influyen en las condiciones tecnológicas del torneado	45
2.5.9. Normas de seguridad en el torneado	46
2.6. Soldadura.....	47
2.6.1. Soldadura por arco eléctrico.....	47
2.6.2. Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido.....	48
2.6.3. Los electrodos	49
2.6.4. Norma AWS para electrodos de baja aleación.....	50
2.6.5. Posiciones de soldadura	51
2.7. Eje	52
2.8. Rodamientos	53
2.8.1 Rodamiento rígido de bolas.....	53
2.8.2 Rodamiento de agujas.....	53
2.8.3 Chumacera.....	54
2.8.4. Lubricación	55
2.9. Anillo de sujeción	55
2.10. Taladro eléctrico.....	55
2.11. Normas de seguridad	56

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Preliminares	59
3.2. Análisis del funcionamiento	60
3.3. Diseño de componentes.....	60
3.4. Adquisición de los materiales	61

3.5. Dimensiones.....	61
3.6. Construcción de los componentes	62
3.6.1. Rectificación de eje	62
3.6.2. Corte del sistema de engranajes.....	64
3.6.3. Construcción de bocines	66
3.6.4. Construcción del eje fijo	68
3.6.5. Construcción del hub delantero.....	70
3.6.6. Construcción del hub posterior.....	72
3.7. Ensamblaje.....	74
3.8. Pruebas de funcionamiento.....	74
3.9. Acabado	75
3.9.1. Lijado.....	75
3.9.2. Pintado	75
3.10. Diagrama de procesos	76
3.10.1. Diagrama de procesos para la rectificación del eje.....	77
3.10.2. Diagrama de procesos del corte del sistema de engranajes.....	79
3.10.3. Diagrama de procesos de la construcción de bocines	81
3.10.4. Diagrama de procesos para la construcción del eje fijo	83
3.10.5. Diagrama de procesos para la construcción del hub delantero.....	85
3.10.6. Diagrama de procesos para la construcción del hub posterior.....	87
3.10.7. Diagrama de procesos del ensamblaje total del sistema contra rotatorio.	89
3.11. Pruebas y análisis de movimiento	90
3.12. Manuales.....	90
3.12.1. Manual de operación.....	90
3.12.2. Manual de montaje y desmontaje.....	94
3.12.3. Manual de mantenimiento	105
3.13. Estudio económico	109
3.13.1. Análisis económico.....	109
3.13.1.1. Costo de la investigación.....	109
3.13.1.2. Costo de materiales.....	110
3.13.1.3. Costo de mano de obra	111
3.13.1.4. Gastos varios	111
3.13.2. Gastos totales	111

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	113
4.2 Recomendaciones.....	115
Glosario.....	116
Bibliografía	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Materiales de herramientas para torneado.....	37
Tabla 2.2. Calidades de plaquitas	38
Tabla 3.1. componentes adquiridos	61
Tabla 3.2. dimensiones originales	61
Tabla 3.3. Simbología del diagrama de procesos	76
Tabla 3.4. Proceso de rectificación del eje	78
Tabla 3.5. Proceso de corte del sistema de engranajes.....	80
Tabla 3.6. Proceso de construcción de bocines	82
Tabla 3.7. Proceso de construcción del eje fijo	84
Tabla 3.8. Proceso de construcción del hub delantero.....	86
Tabla 3.9. Proceso de construcción del hub posterior.....	88
Tabla 3.10. Pruebas de funcionamientos de componentes del sistema.....	90
Tabla 3.11. costos de la investigación.....	109
Tabla 3.12. Cantidad y costo de materiales	110
Tabla 3.13. gastos varios	111
Tabla 3.14. costo total	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Molde chino para engranajes (siglos II a. C. a III d. C.).....	7
Figura 2.2. Mecanismo de anticitera	8
Figura 2.3. Engranaje helicoidal de Leonardo	9
Figura 2.4. Transmisión antigua	10
Figura 2.5. Engranaje recto	13

Figura 2.6. Elementos de un engranaje	15
Figura 2.7. Juego de engranajes helicoidales	16
Figura 2.8. Engranajes helicoidales dobles.....	17
Figura 2.9. Engranaje cónico.....	18
Figura 2.10. Engranaje cónico hipoide	20
Figura 2.11. Tornillo sin fin de montacargas.....	20
Figura 2.12. Tren de engranajes	21
Figura 2.13. Tren ordinario compuesto	22
Figura 2.14. Tren epicicloidal	22
Figura 2.15. Designación AISI.....	25
Figura 2.16. Torno paralelo de 1911	28
Figura 2.17. Torno paralelo moderno	30
Figura 2.18. Esquema funcional de torno copiador.....	31
Figura 2.19. Operaria manejando un torno revolver.....	32
Figura 2.20. Torno vertical.....	33
Figura 2.21. Torno CNC	34
Figura 2.22. Torno paralelo en funcionamiento.....	36
Figura 2.23. Herramienta de torneado exterior.....	37
Figura 2.24. Esquema de torneado cilíndrico	40
Figura 2.25. Esquema funcional del refrentado.....	41
Figura 2.26. Poleas torneadas	42
Figura 2.27. Contrapunto para taladros.....	43
Figura 2.28. Diagrama de soldadura	48
Figura 2.29. Partes de un electrodo	49
Figura 2.30. Eje de transmisión de un camión	32
Figura 2.31. Rodamiento rígido de bolas.....	33
Figura 2.32. Rodamiento de agujas	34
Figura 2.33. Chumacera.....	36
Figura 2.34. Anillo de retención.....	37
Figura 2.35. Taladro eléctrico.....	40
Figura 2.36. Overol.....	41
Figura 2.37. Gafas protectoras.....	42
Figura 2.38. Guantes de cuero.....	43
Figura 2.39. Zapatos de trabajo	48

Fig. 3. 1: componentes principales del sistema contra rotatorio.....	60
Fig. 3. 2: Eliminación de dientes.....	63
Fig. 3. 3: Eje terminado.	63
Fig. 3. 4: Sistema de engranajes original.	65
Fig. 3. 5: Sistema de engranajes modificado.....	65
Fig. 3. 6: Construcción de bocines.	67
Fig. 3. 7: bocines terminados.	67
Fig. 3. 8: Construcción del eje fijo.	69
Fig. 3. 9: Construcción del eje fijo.	70
Fig. 3. 10: Construcción del hub delantero.....	72
Fig. 3. 11: Construcción del hub posterior.....	74
Fig. 3. 12: Sistema terminado.....	75

INTRODUCCIÓN

La aspiración del ser humano por transportarse a grandes distancias en periodos cortos de tiempo lo ha llevado a buscar varios medios para conseguir sus metas tales como los aviones.

Para la propulsión de los mismos el hombre ha desarrollado y construido fuentes de poder como son los motores. Su principio de funcionamiento como ya conocemos se basa en las leyes de Newton y en reacciones termodinámicas que estos generan.

Uno de los ejemplos más importantes en cuanto al desarrollo de los motores de aviación son los llamados “*open rotor*” los cuales prometen ventajas significativas en cuanto a emisiones y consumo de combustible se refiere, es por ello que importantes compañías fabricantes tales como GENERAL ELECTRIC, ROLLS ROYCE Y SNECMA se encuentran desarrollando este tipo de motores.

Por esta razón en este trabajo de graduación, se propuso realizar un ejemplo del Sistema Contra rotatorio que se prestan para impulsar a una nueva generación de motores el mismo que ahora servirá como base para el conocimiento de los futuros estudiantes de mecánica.

El en presente documento se especificara la forma y construcción del sistema contra rotatorio del motor Rolls Royce RB 3011 tomando como base los diseños elaborados por las compañías constructoras de motores sin exceder el presupuesto preestablecido para su elaboración.

RESUMEN

El diseño y la construcción del sistema contra rotatorio del motor Rolls Royce RB 3011 fue elaborado para el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, este proyecto tiene como finalidad ser herramienta de apoyo para que los estudiantes de la carrera de mecánica puedan adquirir nuevos conocimientos.

El presente trabajo brinda información detallada de los recursos utilizados para su elaboración tales como; componentes de un sistema contra rotatorio, principio de funcionamiento, los tipos de engranajes, además se proporciona adecuada información sobre aceros, procesos de torneado y soldadura.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó programas de apoyo como SolidWorks necesario para conocer el funcionamiento del sistema antes del proceso de fabricación. También se detalla los procesos de construcción y ensamblaje del sistema contra rotatorio dando seguimiento de la construcción del proyecto hasta su culminación, adicional a esto se proporciona un presupuesto económico detallado, necesario para la elaboración del presente sistema.

Como complemento se cuenta con los principios de funcionamiento de los prototipos de motor propfan de la compañía Rolls Royce en los cuales se basa la realización del presente tema.

El sistema contra rotatorio puede realizar el movimiento mencionado a cabalidad, brindando de esta manera mayor realismo para los estudiantes y el personal que la utilice.

SUMMARY

The design and construction of the Rolls Royce RB3011 counter rotating system engine was made for the Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, this project is intended as a support tool for students of mechanical to obtain new knowledge.

This project provides details of the resources used for processing such as: components of the system with rotary principle of operation, types of gears, and this document provided adequate information on steels, turning and welding processes.

For project development support programs such as Solid works necessary for the operation of the system before the manufacturing process was used. Construction processes and assembly system from rotating to monitor the construction of the project until its completion, in addition to this an economic budget is detailed, necessary for the development of the project.

As a complement, has operating principles of Rolls Royce prototype engine in which the completion of this topic is based.

Counter rotating system is fully operative, thus providing greater realism for students and staff who use it.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1. Antecedentes

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico como tal se forma en el año de 1999 constituyéndose como el único centro de formación tecnológica el cual prepara a personal civil y militar para el desempeño en las labores correspondientes al campo de la aviación con carreras técnicas como mantenimiento de aviones.

El material didáctico que es utilizado en la materia de ventiladores sin ducto para la enseñanza de sus estudiantes es escaso, lo cual ocasiona grandes dificultades en el proceso de enseñanza aprendizaje y una falta de conocimientos en los estudiantes en el principio de funcionamiento de los motores udf.

Tomando como base lo anteriormente mencionado, se realizó una investigación exhaustiva del problema presentado el cual arroja como resultado realizar la IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTRA ROTATORIO PARA LA MAQUETA DEL MOTOR ROLLS ROYCE RB 3011 el cual tiene como finalidad mejorar y ampliar los conocimientos sobre la operación de los motores contra rotatorios.

1.2. Definición del problema

Implementación de un sistema contra rotatorio para maqueta del motor Rolls Royce RB 3011.

1.3. Justificación

Considerando el continuo avance tecnológico en aviación y el gran potencial que los motores propfan poseen en cuanto a eficiencia en el consumo de combustible se considera indispensable la implementación de material didáctico que permita ampliar el conocimiento sobre este tipo de motores.

El conocimiento sobre los motores contra rotatorios es importante debido a que los principales fabricantes de motores están apostando nuevamente por estos debido a los beneficios y al ahorro económico que estos pueden ofrecer.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad contribuir a una mejora en el conocimiento de los motores UHB y de esta manera aportar al aprendizaje de los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica.

Debido a la poca información expuesta sobre el funcionamiento de los motores contra rotatorios la implementación de un sistema contra rotatorio para la maqueta del motor Rolls Royce RB 3011 servirá de apoyo para la enseñanza en las aulas.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Construir e implementar un sistema contra rotatorio para la maqueta del motor Rolls Royce RB 3011 que mejore el aprendizaje del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y contribuya con la enseñanza de los estudiantes de la carrera de mecánica.

1.4.2. Específicos

- Investigar y recopilar toda la información necesaria la cual servirá como herramienta para el desarrollo del proyecto.
- Analizar los principios de funcionamiento del sistema contra rotatorio de los motores propfan.
- Realizar el diseño del sistema contra rotatorio y sus componentes.

- Elegir el material para la elaboración del proyecto.
- Realizar los planos respectivos.
- Ejecutar la construcción de los componentes.
- Realizar pruebas de comprobación de funcionamiento.

1.5. Alcance

El presente trabajo de investigación está orientado a complementar el proceso enseñanza-aprendizaje, e ilustrar a los estudiantes de la carrera de mecánica en la descripción y operación del sistema contra rotatorio del motor Rolls Royce RB 3011 y de los motores open rotor en general, para ampliar su conocimiento en este tipo de motores.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Engranaje

Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y la menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocida como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.

2.1.1. Historia y evolución

Desde épocas muy remotas se han utilizado cuerdas y elementos fabricados en madera para solucionar los problemas de transporte, impulsión, elevación y movimiento. Nadie sabe a ciencia cierta dónde ni cuándo se inventaron los

engranajes. La literatura de la antigua China, Grecia, Turquía y Damasco mencionan engranajes pero no aportan muchos detalles de los mismos.



Figura 2.1. Molde chino para engranajes (siglos II a. C. a III d. C.)

Fuente: www.wikipedia.com

El mecanismo de engranajes más antiguo de cuyos restos disponemos es el mecanismo de Anticitera. Se trata de una calculadora astronómica datada entre el 150 y el 100 a. C. y compuesta por al menos 30 engranajes de bronce con dientes triangulares. Presenta características tecnológicas avanzadas como por ejemplo trenes de engranajes epicicloidales que, hasta el descubrimiento de este mecanismo, se creían inventados en el siglo XIX. Por citas de Cicerón se sabe que el de Anticitera no fue un ejemplo aislado sino que existieron al menos otros dos mecanismos similares en esa época, construidos por Arquímedes y por Posidonio. Por otro lado, a Arquímedes se le suele considerar uno de los inventores de los engranajes porque diseñó un tornillo sin fin.



Figura 2.2. Mecanismo de anticitera

Fuente: www.wikipedia.com

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

"No está claro cómo se transmitió la tecnología de los engranajes en los siglos siguientes. Es posible que el conocimiento de la época del mecanismo de Anticitera sobreviviese y contribuyese al florecimiento de la ciencia y la tecnología en el mundo islámico de los siglos IX al XIII. Por ejemplo, un manuscrito andalusí del siglo XI menciona por vez primera el uso en relojes mecánicos tanto de engranajes epicíclicos como de engranajes segmentados. Los trabajos islámicos sobre astronomía y mecánica pueden haber sido la base que permitió que volvieran a fabricarse calculadoras astronómicas en la Edad Moderna. En los inicios del Renacimiento esta tecnología se utilizó en Europa para el desarrollo de

¹ Tulio Piovan, op.cit.

sofisticados relojes, en la mayoría de los casos destinados a edificios públicos como catedrales.”²

“Leonardo da Vinci, muerto en Francia en 1519, dejó numerosos dibujos y esquemas de algunos de los mecanismos utilizados hoy diariamente, incluido varios tipos de engranajes de tipo helicoidal.

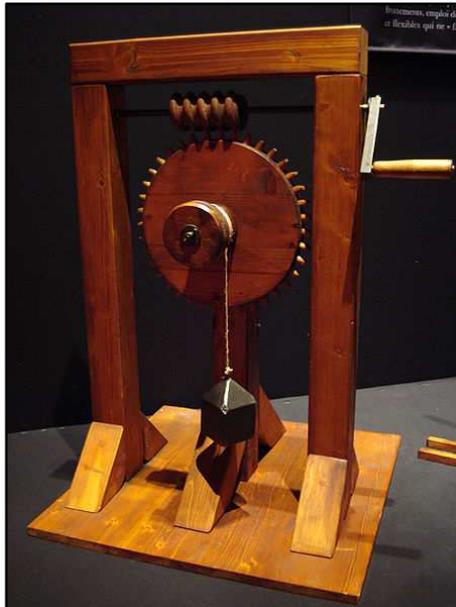


Figura 2.3. Engranaje helicoidal de Leonardo

Fuente: www.wikipedia.com

Los primeros datos que existen sobre la transmisión de rotación con velocidad angular uniforme por medio de engranajes, corresponden al año 1674, cuando el famoso astrónomo danés Olaf Roemer (1644-1710) propuso la forma o perfil del diente en epicicloide.

Robert Willis (1800-1875), considerado uno de los primeros ingenieros mecánicos, fue el que obtuvo la primera aplicación práctica de la epicicloide al emplearla en la construcción de una serie de engranajes intercambiables. De la misma manera, de los primeros matemáticos fue la idea del empleo de la evolvente de círculo en el perfil del diente, pero también se deben a Willis las

² DE SOLLA PRICE, Derek J. (Junio 1959). «An Ancient Greek Computer». *Scientific American*.

realizaciones prácticas. A Willis se le debe la creación del odontógrafo, aparato que sirve para el trazado simplificado del perfil del diente de evolvente.

Es muy posible que fuera el francés Phillipe de Lahire el primero en concebir el diente de perfil en evolvente en 1695, muy poco tiempo después de que Roemer concibiera el epicicloidal.

La primera aplicación práctica del diente en evolvente fue debida al suizo Leonhard Euler (1707). En 1856, Christian Schiele descubrió el sistema de fresado de engranajes rectos por medio de la fresa madre, pero el procedimiento no se llevaría a la práctica hasta 1887, a base de la patente Grant.

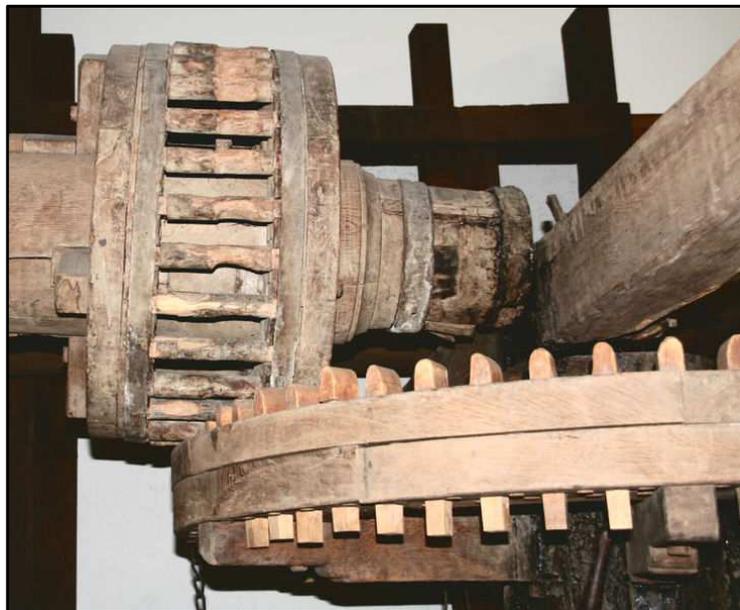


Figura 2.4. Transmisión antigua

Fuente: www.wikipedia.com

En 1874, el norteamericano William Gleason inventó la primera fresadora de engranajes cónicos y gracias a la acción de sus hijos, especialmente su hija Kate Gleason (1865-1933), convirtió a su empresa Gleason Works, radicada en Rochester (Nueva York, EEUU) en una de los fabricantes de máquinas herramientas más importantes del mundo.

En 1897, el inventor alemán Robert Hermann Pfauter (1885-1914), inventó y patentó una máquina universal de dentar engranajes rectos y helicoidales por fresa madre. A raíz de este invento y otros muchos inventos y aplicaciones que realizó sobre el mecanizado de engranajes, fundó la empresa Pfauter Company que, con el paso del tiempo, se ha convertido en una multinacional fabricante de todo tipo de máquinas-herramientas.

En 1906, el ingeniero y empresario alemán Friedrich Wilhelm Lorenz (1842-1924) se especializó en crear maquinaria y equipos de mecanizado de engranajes y en 1906 fabricó una talladora de engranajes capaz de mecanizar los dientes de una rueda de 6 m de diámetro, módulo 100 y una longitud del dentado de 1,5 m.

A finales del siglo XIX, coincidiendo con la época dorada del desarrollo de los engranajes, el inventor y fundador de la empresa Fellows Gear Shaper Company, Edwin R. Fellows (1846-1945), inventó un método revolucionario para mecanizar tornillos sin fin glóbcicos tales como los que se montaban en las cajas de dirección de los vehículos antes de que fuesen hidráulicas.

En 1905, M. Chambon, de Lyon (Francia), fue el creador de la máquina para el dentado de engranajes cónicos por procedimiento de fresa madre. Aproximadamente por esas fechas André Citroën inventó los engranajes helicoidales dobles.”³

2.2. Tipos de engranajes⁴

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes:

Ejes paralelos

- Cilíndricos de dientes rectos
- Cilíndricos de dientes helicoidales

³ Development of Gear Technology and Theory of Gearing (inglés)

⁴ *Enciclopedia de Ciencia y Técnica. Tomo 5 Engranaje*. Salvat Editores S.A.

- Doble helicoidales

Ejes perpendiculares

- Helicoidales cruzados
- Cónicos de dientes rectos
- Cónicos de dientes helicoidales
- Cónicos hipoides
- De rueda y tornillo sin fin

Por aplicaciones especiales se pueden citar

- Planetarios
- Interiores
- De cremallera

Por la forma de transmitir el movimiento se pueden citar

- Transmisión simple
- Transmisión con engranaje loco
- Transmisión compuesta. Tren de engranajes

Transmisión mediante cadena o polea dentada

- Mecanismo piñón cadena
- Polea dentada

2.2.1. Engranajes rectos

Los engranajes cilíndricos rectos son el tipo de engranaje más simple y corriente que existe. Se utilizan generalmente para velocidades pequeñas y medias.



Figura 2.5. Engranaje recto

Fuente: Solidworks 2013

- **Diente de un engranaje:** son los que realizan el esfuerzo de empuje y transmiten la potencia desde los ejes motrices a los ejes conducidos. El perfil del diente, o sea la forma de sus flancos, está constituido por dos curvas evolventes de círculo, simétricas respecto al eje que pasa por el centro del mismo.
- **Módulo:** el módulo de un engranaje es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes. En los países anglosajones se emplea otra característica llamada Diametral Pitch, que es inversamente proporcional al módulo. El valor del módulo se fija mediante cálculo de resistencia de materiales en virtud de la potencia a transmitir y en función de la relación de transmisión que se establezca. El tamaño de los dientes está normalizado. El módulo está indicado por números. Dos engranajes que engranen tienen que tener el mismo módulo.
- **Circunferencia primitiva:** es la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes. Con relación a la circunferencia primitiva se determinan todas las características que definen los diferentes elementos de los dientes de los engranajes.

- **Paso circular:** es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivos.
- **Espesor del diente:** es el grosor del diente en la zona de contacto, o sea, del diámetro primitivo.
- **Número de dientes:** es el número de dientes que tiene el engranaje. Es fundamental para calcular la relación de transmisión. El número de dientes de un engranaje no debe estar por debajo de 18 dientes cuando el ángulo de presión es 20° ni por debajo de 12 dientes cuando el ángulo de presión es de 25° .
- **Diámetro exterior:** es el diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior del engranaje.
- **Diámetro interior:** es el diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente.
- **Pie del diente:** también se conoce con el nombre de *dedendum*. Es la parte del diente comprendida entre la circunferencia interior y la circunferencia primitiva.
- **Cabeza del diente:** también se conoce con el nombre de *adendum*. Es la parte del diente comprendida entre el diámetro exterior y el diámetro primitivo.
- **Flanco:** es la cara interior del diente, es su zona de rozamiento.
- **Altura del diente:** es la suma de la altura de la cabeza (*adendum*) más la altura del pie (*dedendum*).
- **Ángulo de presión:** el que forma la línea de acción con la tangente a la circunferencia de paso, ϕ (20° ó 25° son los ángulos normalizados).
- **Largo del diente:** es la longitud que tiene el diente del engranaje
- **Distancia entre centro de dos engranajes:** es la distancia que hay entre los centros de las circunferencias de los engranajes.
- **Relación de transmisión:** es la relación de giro que existe entre el piñón conductor y la rueda conducida.

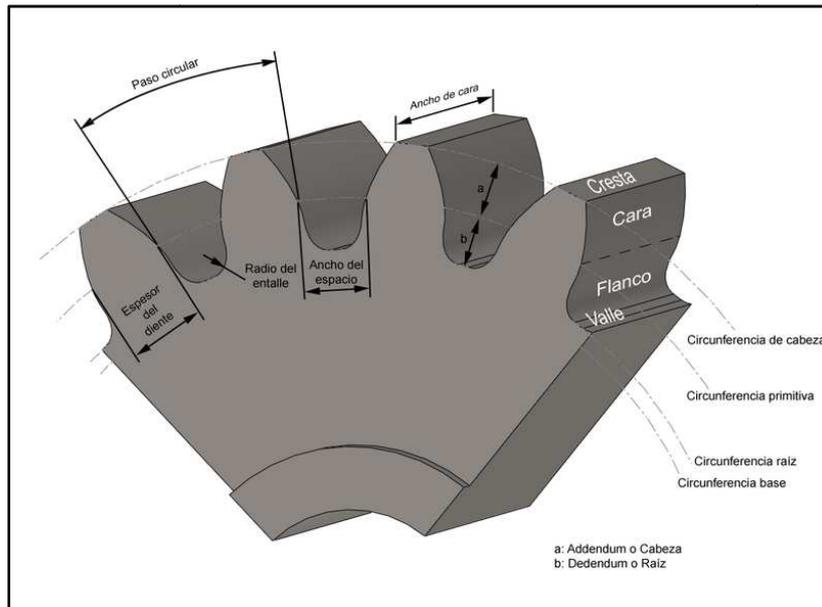


Figura 2.6. Elementos de un engranaje

Fuente: www.wikipedia.com

2.2.1.1. Fórmulas constructivas de los engranajes rectos

Diámetro primitivo: $D_p = Z \times M$

Módulo: $M = \frac{D_p}{Z}$

Paso circular: $P_c = \pi \times M$ $P_c = S + W$

Número de dientes: $Z = \frac{D_p}{M}$

Diámetro exterior: $D_e = D_p + 2M$

Grueso del diente: $S = \frac{P_c \cdot 19}{40}$

Hueco del diente: $W = \frac{P_c \cdot 21}{40}$

Diámetro interior: $D_i = D_p - 2 \cdot 1,25M$

Pie del diente: $1,25 \cdot M$

Cabeza del diente: M

Altura del diente: $(2,25 \cdot M)$

Distancia entre centros: $\frac{D_p + d_p}{2}$

Ecuación general de transmisión: $N \cdot Z = n \cdot z$

2.2.2. Helicoidales

Los engranajes cilíndricos de dentado helicoidal están caracterizados por su dentado oblicuo con relación al eje de rotación. En estos engranajes el movimiento se transmite de modo igual que en los cilíndricos de dentado recto, pero con mayores ventajas. Los ejes de los engranajes helicoidales pueden ser paralelos o cruzarse, generalmente a 90°. Para eliminar el empuje axial el dentado puede hacerse doble helicoidal.

Los engranajes helicoidales tienen la ventaja que transmiten más potencia que los rectos, y también pueden transmitir más velocidad, son más silenciosos y más duraderos; además, pueden transmitir el movimiento de ejes que se corten. De sus inconvenientes se puede decir que se desgastan más que los rectos, son más caros de fabricar y necesitan generalmente más engrase que los rectos.



Figura 2.7. Juego de engranajes helicoidales

Fuente: www.wikipedia.com

Lo más característico de un engranaje cilíndrico helicoidal es la hélice que forma, siendo considerada la hélice como el avance de una vuelta completa del diámetro primitivo del engranaje. De esta hélice deriva el ángulo β que forma el dentado

con el eje axial. Este ángulo tiene que ser igual para las dos ruedas que engranan pero de orientación contraria, o sea: uno a derechas y el otro a izquierda. Su valor se establece a priori de acuerdo con la velocidad que tenga la transmisión, los datos orientativos de este ángulo son los siguientes:

Velocidad lenta: $\beta = (5^\circ - 10^\circ)$

Velocidad normal: $\beta = (15^\circ - 25^\circ)$

Velocidad elevada: $\beta = 30^\circ$

2.2.2.1. Helicoidales dobles

Este tipo de engranajes fueron inventados por el fabricante de automóviles francés André Citroën, y el objetivo que consiguen es eliminar el empuje axial que tienen los engranajes helicoidales simples. Los dientes de los dos engranajes forman una especie de V.



Figura 2.8. Engranajes helicoidales dobles

Fuente: www.wikipedia.com

Los engranajes dobles son una combinación de hélice derecha e izquierda. El empuje axial que absorben los apoyos o cojinetes de los engranajes helicoidales

es una desventaja de ellos y ésta se elimina por la reacción del empuje igual y opuesto de una rama simétrica de un engrane helicoidal doble.

Un engrane de doble hélice sufre únicamente la mitad del error de deslizamiento que el de una sola hélice o del engranaje recto. Toda discusión relacionada a los engranes helicoidales sencillos (de ejes paralelos) es aplicable a los engranajes helicoidales dobles, exceptuando que el ángulo de la hélice es generalmente mayor para los helicoidales dobles, puesto que no hay empuje axial.

2.2.3. Cónicos

Se fabrican a partir de un tronco de cono, formándose los dientes por fresado de su superficie exterior. Estos dientes pueden ser rectos, helicoidales o curvos. Esta familia de engranajes soluciona la transmisión entre ejes que se cortan y que se entrecruzan.

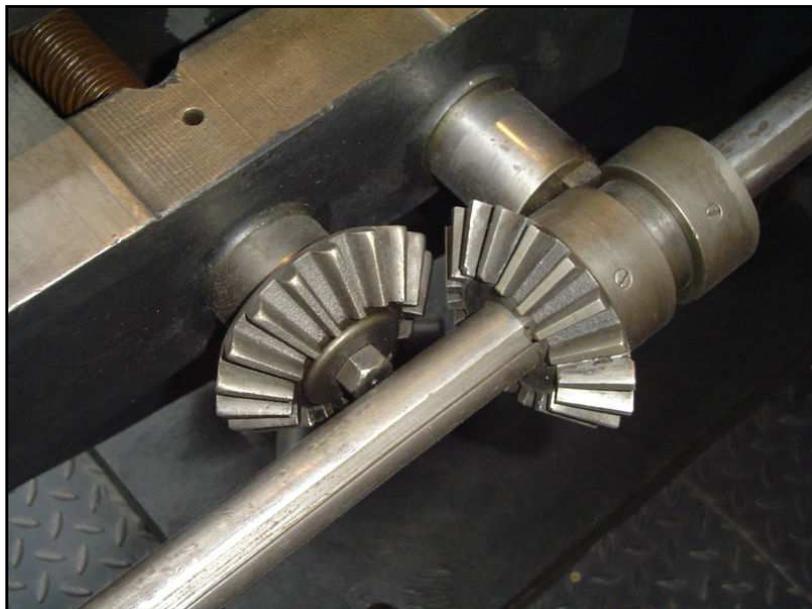


Figura 2.9. Engranaje cónico
Fuente: www.wikipedia.com

2.2.3.1. Engranajes cónicos de dientes rectos

Efectúan la transmisión de movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, generalmente en ángulo recto aunque no es el único ángulo pues puede variar dicho ángulo como por ejemplo 45, 60, 70, etc., por medio de superficies cónicas dentadas. Los dientes convergen en el punto de intersección de los ejes. Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en 90°. Estos engranajes generan más ruido que los engranajes cónicos helicoidales. En la actualidad se usan muy poco.

2.2.3.2. Engranaje cónico helicoidal

Se utilizan para reducir la velocidad en un eje de 90°. La diferencia con el cónico recto es que posee una mayor superficie de contacto. Es de un funcionamiento relativamente silencioso. Además pueden transmitir el movimiento de ejes que se corten. Los datos constructivos de estos engranajes se encuentran en prontuarios técnicos de mecanizado. Se mecanizan en fresadoras especiales, en la actualidad se utilizan en las transmisiones posteriores de camiones y automóviles.

2.2.3.3. Engranaje cónico hipoide

Un engranaje hipoide es un grupo de engranajes cónicos helicoidales formados por un piñón reductor de pocos dientes y una rueda de muchos dientes, que se instala principalmente en los vehículos industriales que tienen la tracción en los ejes traseros. Tiene la ventaja de ser muy adecuado para las carrocerías de tipo bajo, ganando así mucha estabilidad el vehículo. Por otra parte la disposición helicoidal del dentado permite un mayor contacto de los dientes del piñón con los de la corona, obteniéndose mayor robustez en la transmisión. Su mecanizado es muy complicado y se utilizan para ello máquinas talladoras especiales (Gleason)



Figura 2.10. Engranaje cónico hipoide

Fuente: www.wikipedia.com

2.2.4. Tornillo sin fin y corona

Es un mecanismo diseñado para transmitir grandes esfuerzos, que también se utiliza como reductor de velocidad aumentando la potencia de transmisión. Generalmente trabaja en ejes que se cruzan a 90° .



Figura 2.11. Tornillo sin fin de montacargas

Fuente: www.wikipedia.com

2.3. Trenes de engranajes

2.3.1. Tren ordinario simple

En un tren de engranajes ordinario simple, las ruedas externas del tren giran sobre los ejes entre los que ha de establecerse la relación de transmisión deseada. En el tren de engranajes, todos los ejes de las ruedas que lo componen (tanto externas como intermedias) apoyan sobre un mismo soporte fijo.

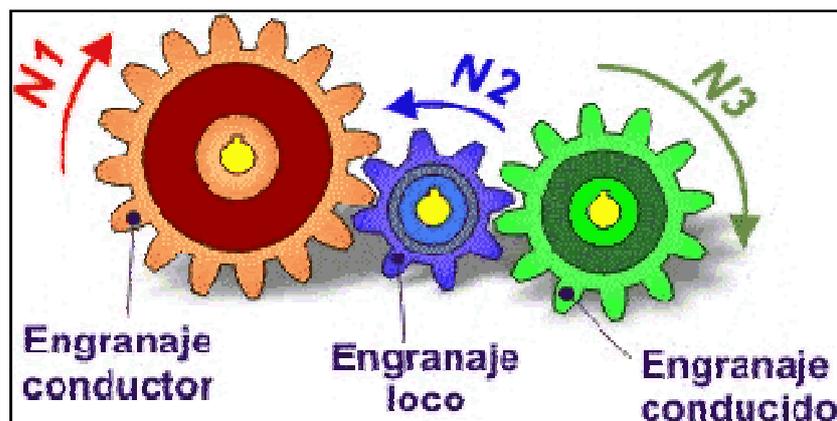


Figura 2.12. Tren de engranajes

Fuente: www.wikipedia.com

2.3.2. Tren ordinario compuesto

El tren de engranajes compuesto está formado, como mínimo, por una rueda dentada doble. La rueda dentada doble consta de dos ruedas dentadas de distinto tamaño que están unidas y, por tanto, a la misma velocidad.

La relación de transmisión global del tren se obtiene multiplicando las dos relaciones de transmisión simples.

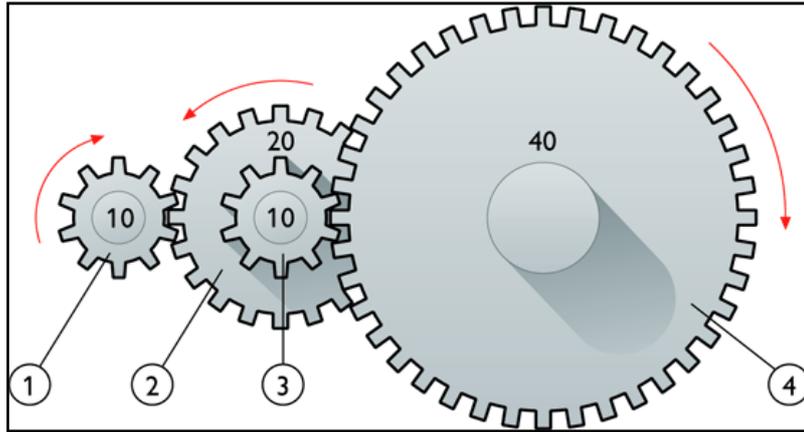


Figura 2.13. Tren ordinario compuesto
 Fuente: www.wikipedia.com

2.3.3. Tren epicicloidial

Engranaje planetario o epicicloidial. Es un sistema que permite hacer varias desmultiplicaciones con un solo juego de engranajes. Se utiliza de muy diversas maneras: por ejemplo, es el diferencial de casi todos los coches de motor y cambio transversal; también es el engranaje común en las cajas de cambio automáticas con convertidor hidráulico de par.

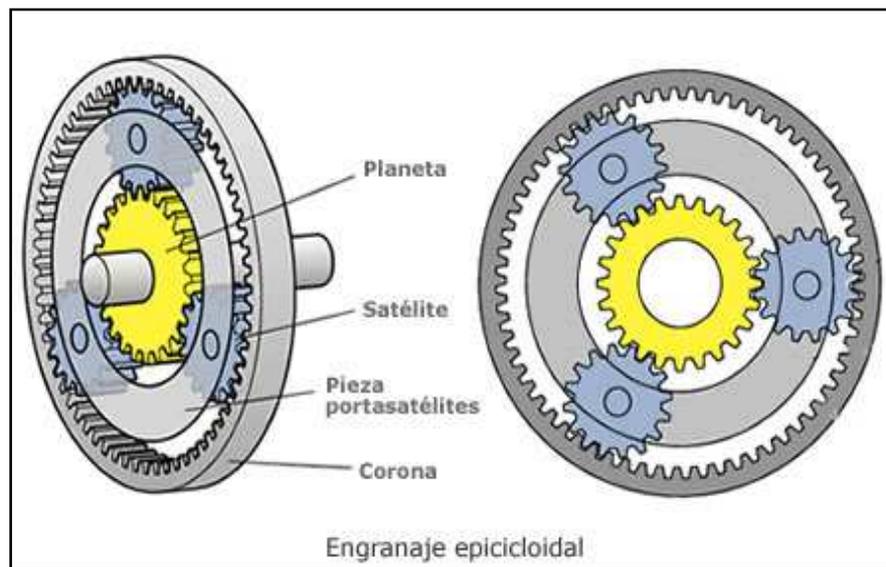


Figura 2.14. Tren epicicloidial
 Fuente: www.wikipedia.com

Un tren epicicloidal está formado por cuatro elementos: planeta, satélites, porta satélites, y corona.

El planeta es una rueda con dentado exterior. Constituye el engranaje interior del sistema.

Los satélites son varias ruedas con dentado exterior (generalmente tres o cuatro) que pueden estar fijas con relación al planeta y la corona, o bien pueden girar sobre ellos.

El porta satélite es una pieza que une los ejes de giro de los satélites. Si no hay movimiento relativo entre el planeta y del porta satélites (por ejemplo, cuando giran sincrónicamente), los satélites no se giran alrededor del planeta. Si hay giro relativo entre el planeta y el porta satélites, los satélites giran alrededor del planeta (el sentido de giro del los satélites es siempre inverso al del planeta). Si el planeta y porta satélites se mueven sincrónicamente (por tanto, sin giro de los satélites), puede haber transmisión de par entre el planeta y el porta satélites, o viceversa.

La corona es una rueda con dentado interior, engranada en los satélites. Si hay giro relativo entre la corona y el porta satélites, los satélites giran a lo largo de la corona. (El sentido de giro del los satélites es siempre inverso al de la corona). Si la corona y porta satélites se mueven sincrónicamente (por tanto, sin giro de los satélites), puede haber transmisión de par entre la corona y el porta satélites, o viceversa.

En una transmisión, hay un semieje conectado al planeta, otro al porta satélites y otro a la corona. Estos tres elementos pueden impulsar, ser impulsados o girar solidariamente. Las distintas relaciones de transmisión dependen solo de los dientes que tengan el planeta y la corona, el número de dientes de los satélites no influye en las relaciones de transmisión.

2.4. Acero⁵

El acero es una aleación de hierro y carbono (máximo 2.11% de carbono), al cual se le adicionan variados elementos de aleación, los cuales le confieren propiedades mecánicas específicas para su diferente utilización en la industria.

Los principales elementos de aleación son: Cromo, Tungsteno, Manganeso, Níquel, Vanadio, Cobalto, Molibdeno, Cobre, Azufre y Fósforo. Los productos ferrosos con más de 2.11% de carbono denominan fundiciones de hierro.

2.4.1. Propiedades del acero

El acero es un producto cuya característica principal es la de asegurar unas excelentes propiedades mecánicas tales como:

- **Ductilidad:** capacidad del acero para deformarse, al soportar esfuerzos de tracción sin llegar a la rotura.
- **Dureza:** propiedad del acero a oponerse a la penetración de otro material.
- **Resistencia:** particularmente resistencia a la tracción, fuerza máxima por unidad de área, que puede soportar el acero al ser estirado.
- **Maleabilidad:** capacidad que presenta el acero de soportar la deformación, sin romperse, al ser sometido a un esfuerzo de compresión.
- **Tenacidad:** correlación de dos propiedades: ductilidad y resistencia. Un material tenaz será aquel que posee al mismo tiempo una buena ductilidad y una buena resistencia.

2.4.2. Sistema de designación de los aceros

En 1912, la Sociedad Americana de Ingenieros Automotores (SAE) promovió una reunión de productores y consumidores de acero, con el fin de establecer una nomenclatura de la composición de los aceros. Más tarde, el Instituto Americano de Hierro y del Acero (AISI) tomó esa nomenclatura y la expandió.

⁵ Valencia, Asdrúbal. Tecnología del tratamiento térmico de los metales. Ed. Universidad de Antioquia.

En el sistema AISI / SAE, los aceros para partes de maquinaria se clasifican con cuatro dígitos. El primer dígito especifica la aleación principal, el segundo modifica al primero y los dos últimos dígitos dan la cantidad de carbono en centésimas más 0.02 % o menos 0.03 %. En algunos aceros al cromo de alto carbono hay números de cinco dígitos, los tres últimos dan el porcentaje de carbono.

Las convenciones para el primer dígito son:

1. Carbono
2. Níquel
3. Níquel - Cromo. Principal aleante el Níquel
4. Molibdeno
5. Cromo
6. Cromo - Vanadi
7. acero al tungsteno.
9. Silice magnesio

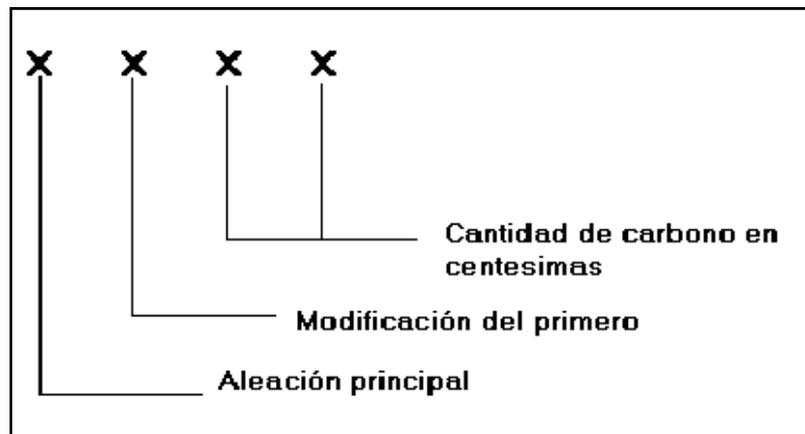


Figura 2.15. Designación AISI

Fuente: Clasificación AISI.pdf

Se observa que si el primer dígito es 1 se sabe que es un acero al carbono; si el dígito siguiente es el cero, se trata de un acero sin aleación. Así AISI 1030 es un acero al carbono con 0.3 % C. Si el segundo dígito es 1, la designación es 11XX y significa que se trata de un acero resultado, es decir que se le añadió azufre

para hacerlo más maquinable. Si el segundo dígito es 3, la designación es 13XX y se trata de un acero con manganeso entre 1.5 y 2.0.

2.4.3. Clasificación

Los aceros se pueden clasificar de acuerdo a su utilización, su calidad y su composición.

2.4.3.1. Por su utilización

- Aceros estructurales al carbono
- Aceros estructurales de alta resistencia
- Aceros al carbono para herramientas matrices

2.4.3.2. Por su calidad

De acuerdo con la calidad, los aceros se clasifican según el proceso de producción y van desde los aceros de calidad ordinaria obtenidos por proceso Bessemer, los Siemens Martín, los de hornos eléctrico, etc.; hasta los aceros obtenidos por electro - refinación de escorias, desgasificación en vacío y procesos de pulvimetalurgia, para obtener aceros calidad herramienta.

Los aceros se dividen en tres aplicaciones: Aceros para construcción de partes de maquinaria, Aceros para herramientas y Aceros resistentes al calor y a la oxidación.

2.4.3.2.1. Aceros para construcción

Los aceros de construcción generalmente se emplean para la fabricación de piezas, órganos o elementos de maquinas y de construcción de instalaciones. En ellos son fundamentales ciertas propiedades de orden mecánico, como la resistencia a la tracción, tenacidad, resistencia a la fatiga y alargamiento.

- Aceros al carbono que se usan en bruto de laminación para construcciones metálicas y para piezas de maquinaria en general.
- Aceros de baja aleación y alto límite elástico para grandes construcciones metálicas, puentes, torres etc.
- Aceros de fácil mecanización en tornos automáticos.

2.4.3.2.2. Aceros para herramientas

Un acero de herramientas es el que es capaz de ser templado y revenido. La diferencia importante con los aceros de maquinaria es que los de herramientas son fabricados bajo condiciones cuidadosamente controladas para garantizar su calidad.

2.4.3.2.3. Aceros inoxidables

Los Aceros Inoxidables son una gama de aleaciones que contienen un mínimo de 11% de Cromo. El Cromo forma en la superficie del acero una película pasivante, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte a las reacciones químicas. Esta es la característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables.

2.5. Torno⁶

Se denomina torno a un conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Estas máquinas-herramienta operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de centraje) mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas.

⁶ www.monografias.com

Desde el inicio de la Revolución industrial, el torno se ha convertido en una máquina básica en el proceso industrial de mecanizado.

2.5.1. Historia⁷

La existencia de tornos está atestiguada desde al menos el año 850 a.C. La imagen más antigua conocida se conserva en la tumba de un sumo sacerdote egipcio llamado Petosiris (siglo IV a.C.).

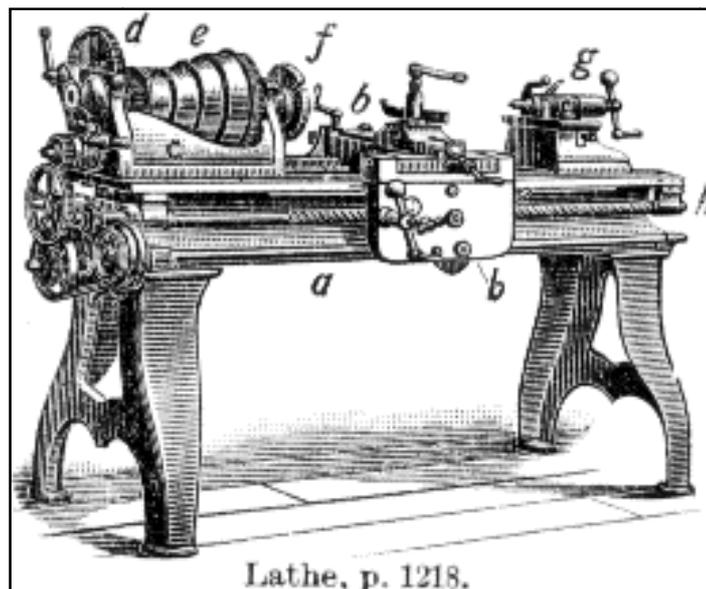


Figura 2.16. Torno paralelo de 1911

Fuente: www.wikipedia.com

Durante siglos los tornos funcionaron según el sistema de "arco de violín". En el siglo XIII se inventó el torno de pedal y pértiga flexible, que tenía la ventaja de ser accionado con el pie en vez de con las manos, con lo cual estas quedaban libres para otras tareas. En el siglo XV surgieron otras dos mejoras: la transmisión por correa y el mecanismo de biela-manivela.

⁷ Patxi Aldabaldetrecu. Reseña histórica de la máquina-herramienta

2.5.2. Tipos de tornos⁸

Actualmente se utilizan en la industria del mecanizado varios tipos de tornos, cuya aplicación depende de la cantidad de piezas a mecanizar por serie, de la complejidad de las piezas y de la envergadura de las piezas.

2.5.2.1. Torno paralelo

El torno paralelo o mecánico es el tipo de torno que evolucionó partiendo de los tornos antiguos cuando se le fueron incorporando nuevos equipamientos que lograron convertirlo en una de las máquinas herramientas más importante que han existido. Sin embargo, en la actualidad este tipo de torno está quedando relegado a realizar tareas poco importantes, a utilizarse en los talleres de aprendices y en los talleres de mantenimiento para realizar trabajos puntuales o especiales.

Para la fabricación en serie y de precisión han sido sustituidos por tornos copiadores, revólver, automáticos y de CNC. Para manejar bien estos tornos se requiere la pericia de profesionales muy bien calificados, ya que el manejo manual de sus carros puede ocasionar errores a menudo en la geometría de las piezas torneadas

⁸ Sandvik Coromant (2006), Guía Técnica de Mecanizado, AB Sandvik Coromant 2005.10

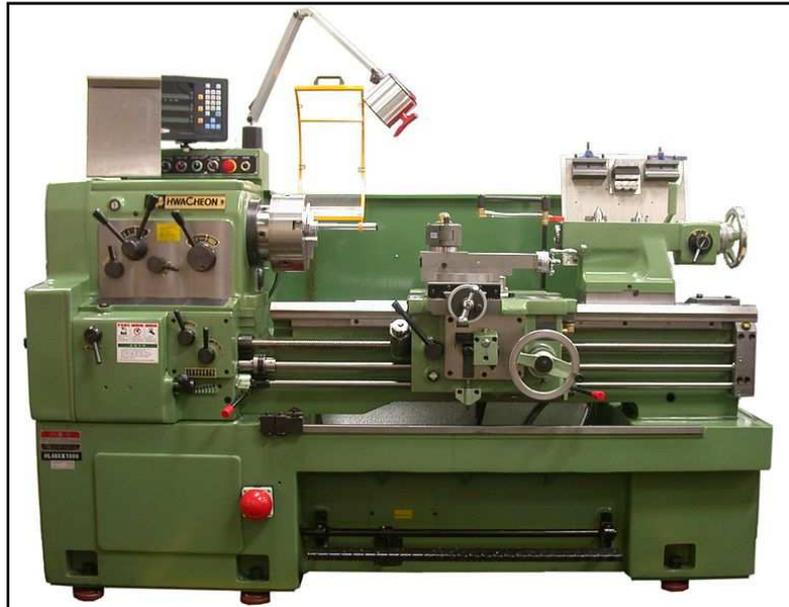


Figura 2.17. Torno paralelo moderno

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.2.2. Torno coprador

Se llama torno coprador a un tipo de torno que operando con un dispositivo hidráulico y electrónico permite el torneado de piezas de acuerdo a las características de la misma siguiendo el perfil de una plantilla que reproduce una réplica igual a la guía.

Este tipo de tornos se utiliza para el torneado de aquellas piezas que tienen diferentes escalones de diámetros, que han sido previamente forjadas o fundidas y que tienen poco material excedente. También son muy utilizados estos tornos en el trabajo de la madera y del mármol artístico para dar forma a las columnas embellecedoras. La preparación para el mecanizado en un torno coprador es muy sencilla y rápida y por eso estas máquinas son muy útiles para mecanizar lotes o series de piezas que no sean muy grandes.

Las condiciones tecnológicas del mecanizado son comunes a las de los demás tornos, solamente hay que prever una herramienta que permita bien la evacuación

de la viruta y un sistema de lubricación y refrigeración eficaz del filo de corte de las herramientas mediante abundante aceite de corte o taladrina.

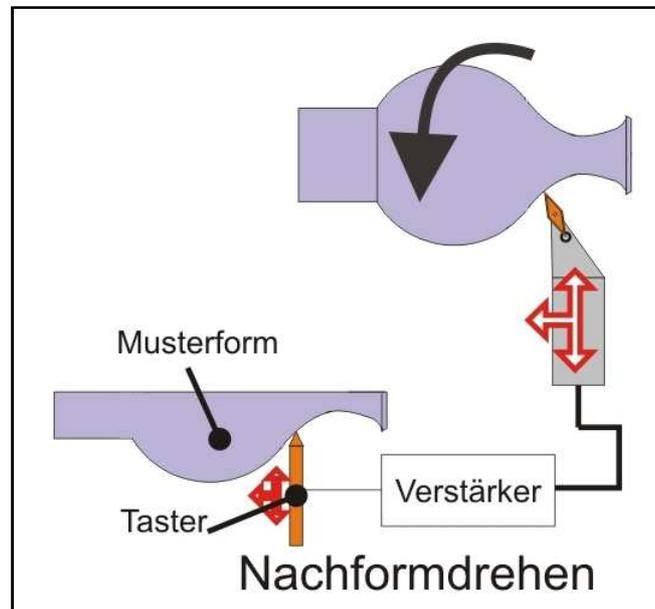


Figura 2.18. Esquema funcional de torno copiador

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.2.3. Torno revolver

El torno revólver es una variedad de torno diseñado para mecanizar piezas sobre las que sea posible el trabajo simultáneo de varias herramientas con el fin de disminuir el tiempo total de mecanizado. Las piezas que presentan esa condición son aquellas que, partiendo de barras, tienen una forma final de casquillo o similar. Una vez que la barra queda bien sujeta mediante pinzas o con un plato de garras, se va taladrando, mandrinando, roscando o escariando la parte interior mecanizada y a la vez se puede ir cilindrando, refrentando, ranurando, roscando y cortando con herramientas de torneado exterior.

El torno revólver lleva un carro con una torreta giratoria en la que se insertan las diferentes herramientas que realizan el mecanizado de la pieza. También se pueden mecanizar piezas de forma individual, fijándolas a un plato de garras de accionamiento hidráulico.



Figura 2.19. Operaria manejando un torno revolver

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.2.4. Torno automático

Se llama torno automático a un tipo de torno cuyo proceso de trabajo está enteramente automatizado. La alimentación de la barra necesaria para cada pieza se hace también de forma automática, a partir de una barra larga que se inserta por un tubo que tiene el cabezal y se sujeta mediante pinzas de apriete hidráulico.

Estos tornos pueden ser de un solo husillo o de varios husillos:

- Los de un solo husillo se emplean básicamente para el mecanizado de piezas pequeñas que requieran grandes series de producción.
- Cuando se trata de mecanizar piezas de dimensiones mayores se utilizan los tornos automáticos multihusillos donde de forma programada en cada husillo se va realizando una parte del mecanizado de la pieza. Como los husillos van cambiando de posición, el mecanizado final de la pieza resulta muy rápido porque todos los husillos mecanizan la misma pieza de forma simultánea.

La puesta a punto de estos tornos es muy laboriosa y por eso se utilizan principalmente para grandes series de producción. El movimiento de todas las herramientas está automatizado por un sistema de excéntricas y reguladores electrónicos que regulan el ciclo y los topes de final de carrera.

2.5.2.5. Torno vertical

El torno vertical es una variedad de torno, de eje vertical, diseñado para mecanizar piezas de gran tamaño, que van sujetas al plato de garras u otros operadores y que por sus dimensiones o peso harían difícil su fijación en un torno horizontal.

Los tornos verticales no tienen contrapunto sino que el único punto de sujeción de las piezas es el plato horizontal sobre el cual van apoyadas. La manipulación de las piezas para fijarlas en el plato se hace mediante grúas de puente o polipastos.



Figura 2.20. Torno vertical

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.2.6. Torno CNC

El torno CNC es un torno dirigido por control numérico por computadora. Ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y porque la trayectoria de la herramienta de torneado es controlada por un ordenador que lleva incorporado, el cual procesa las órdenes de ejecución contenidas en un software que previamente ha confeccionado un programador conocedor de la tecnología de mecanizado en torno.

Es una máquina que resulta rentable para el mecanizado de grandes series de piezas sencillas, sobre todo piezas de revolución, y permite mecanizar con precisión superficies curvas coordinando los movimientos axial y radial para el avance de la herramienta.



Figura 2.21. Torno CNC

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.3. Estructura del torno

El torno tiene cinco componentes principales:

- **Bancada:** sirve de soporte para las otras unidades del torno. En su parte superior lleva unas guías por las que se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal.
- **Cabezal fijo:** contiene los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Incluye el motor, el husillo, el selector de velocidad, el selector de unidad de avance y el selector de sentido de avance. Además sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se apoya en el husillo.
- **Contrapunto:** el contrapunto es el elemento que se utiliza para servir de apoyo y poder colocar las piezas que son torneadas entre puntos, así como otros elementos tales como portabrocas o brocas para hacer taladros en el centro de los ejes. Este contrapunto puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo de la bancada.
- **Carro portátil:** consta del carro principal, que produce los movimientos de la herramienta en dirección axial; y del carro transversal, que se desliza transversalmente sobre el carro principal en dirección radial. En los tornos paralelos hay además un carro superior orientable, formado a su vez por tres piezas: la base, el charriot y la torreta portaherramientas. Su base está apoyada sobre una plataforma giratoria para orientarlo en cualquier dirección.
- **Cabezal giratorio o chuck:** su función consiste en sujetar la pieza a mecanizar. Hay varios tipos, como el chuck independiente de cuatro mordazas o el universal, mayoritariamente empleado en el taller mecánico, al igual que hay chucks magnéticos y de seis mordazas.

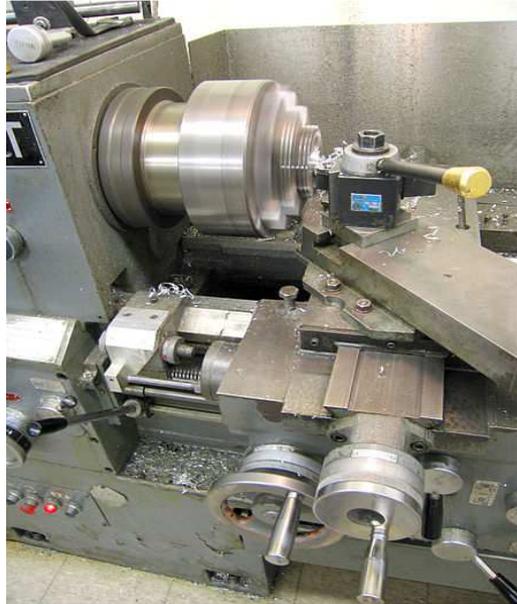


Figura 2.22. Torno paralelo en funcionamiento

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.4. Herramientas de torneado

Las herramientas de torneado se diferencian en dos factores, el material del que están constituidas y el tipo de operación que realizan. Según el material constituyente, las herramientas pueden ser de acero rápido, metal duro soldado o plaquitas de metal duro (widia) intercambiables.

2.5.4.1. Características de las plaquitas de metal duro

La calidad de las plaquitas de metal duro (widia) se selecciona teniendo en cuenta el material de la pieza, el tipo de aplicación y las condiciones de mecanizado.

La variedad de las formas de las plaquitas es grande y está normalizada. Asimismo la variedad de materiales de las herramientas modernas es considerable y está sujeta a un desarrollo continuo.



Figura 2.23. Herramienta de torneado exterior

Fuente: www.wikipedia.com

Los principales materiales de herramientas para torneado son los que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 2.1. Materiales de herramientas para torneado

Materiales	Símbolos
Metales duros recubiertos	HC
Metales duros	H
Cermets	HT, HC
Cerámicas	CA, CN, CC
Nitruro de boro cúbico	BN
Diamantes policristalinos	DP, HC

Fuente: www.wikipedia.com.

Elaborado por: Luis Jácome.

La adecuación de los diferentes tipos de plaquitas según sea el material a mecanizar se indican a continuación y se clasifican según una Norma ISO/ANSI para indicar las aplicaciones en relación a la resistencia y la tenacidad que tienen.

Tabla 2.2. Calidades de plaquitas.

Código de calidades de plaquitas		
Serie	ISO	Características
Serie P	ISO 01, 10, 20, 30, 40, 50	Ideales para el mecanizado de acero, acero fundido, y acero maleable de viruta larga.
Serie M	ISO 10, 20, 30, 40	Ideales para torneado de acero inoxidable, ferrítico y martensítico, acero fundido, acero al manganeso, fundición aleada, fundición maleable y acero de fácil mecanización.
Serie K	ISO 01, 10, 20, 30	Ideal para el torneado de fundición gris, fundición en coquilla, y fundición maleable de viruta corta.
Serie N	ISO 01, 10, 20, 30	Ideal para el torneado de metales no-férreos
Serie S		Pueden ser de base de níquel o de base de titanio. Ideales para el mecanizado de aleaciones termorresistentes y súperaleaciones.
Serie H	ISO 01, 10, 20, 30	Ideal para el torneado de materiales endurecidos.

Fuente: www.wikipedia.com.

Elaborado por: Luis Jácome.

2.5.5. Movimientos de trabajo en la operación de torneado

- Movimiento de corte:** por lo general se imparte a la pieza que gira rotacionalmente sobre su eje principal. Este movimiento lo imprime un motor eléctrico que transmite su giro al husillo principal mediante un sistema de poleas o engranajes. El husillo principal tiene acoplado a su extremo distintos sistemas de sujeción (platos de garras, pinzas, mandrinos auxiliares u otros), los cuales sujetan la pieza a mecanizar. Los tornos tradicionales tienen una gama fija de velocidades de giro, sin embargo los tornos modernos de Control Numérico la velocidad de giro del cabezal es variable y programable y se adapta a las condiciones óptimas que el mecanizado permite.

- **Movimiento de avance:** es el movimiento de la herramienta de corte en la dirección del eje de la pieza que se está trabajando. En combinación con el giro impartido al husillo, determina el espacio recorrido por la herramienta por cada vuelta que da la pieza. Este movimiento también puede no ser paralelo al eje, produciéndose así conos. En ese caso se gira el carro charriot, ajustando en una escala graduada el ángulo requerido, que será la mitad de la conicidad deseada. Los tornos convencionales tiene una gama fija de avances, mientras que los tornos de Control Numérico los avances son programables de acuerdo a las condiciones óptimas de mecanizado y los desplazamientos en vacío se realizan a gran velocidad.
- **Profundidad de pasada:** movimiento de la herramienta de corte que determina la profundidad de material arrancado en cada pasada. La cantidad de material factible de ser arrancada depende del perfil del útil de corte usado, el tipo de material mecanizado, la velocidad de corte, potencia de la máquina, avance, etc.

Nonios de los carros: para regular el trabajo de torneado los carros del torno llevan incorporado unos nonios en forma de tambor graduado, donde cada división indica el desplazamiento que tiene el carro, ya sea el longitudinal, el transversal o el charriot. La medida se va conformando de forma manual por el operador de la máquina por lo que se requiere que sea una persona muy experta quien lo manipule si se trata de conseguir dimensiones con tolerancias muy estrechas. Los tornos de control numérico ya no llevan nonios sino que las dimensiones de la pieza se introducen en el programa y estas se consiguen automáticamente.

2.5.6. Operaciones de torneado

2.5.6.1. Cilindrado

Esta operación consiste en el mecanizado exterior o interior al que se someten las piezas que tienen mecanizados cilíndricos. Para poder efectuar esta operación,

con el carro transversal se regula la profundidad de pasada y, por tanto, el diámetro del cilindro, y con el carro paralelo se regula la longitud del cilindro. El carro paralelo avanza de forma automática de acuerdo al avance de trabajo deseado. En este procedimiento, el acabado superficial y la tolerancia que se obtenga puede ser un factor de gran relevancia. Para asegurar calidad al cilindrado el torno tiene que tener bien ajustada su alineación y concentricidad.

El cilindrado se puede hacer con la pieza al aire sujeta en el plato de garras, si es corta, o con la pieza sujeta entre puntos, o apoyada en luneta fija o móvil si la pieza es de grandes dimensiones y peso. Para realizar el cilindrado de piezas o ejes sujetos entre puntos, es necesario previamente realizar los puntos de centraje en los ejes.

Cuando el cilindrado se realiza en el hueco de la pieza se llama mandrinado.

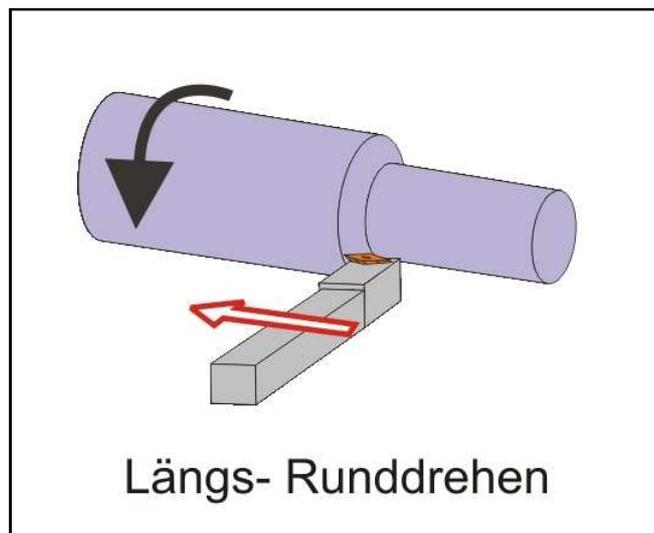


Figura 2.24. Esquema de torneado cilíndrico

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.6.2. Refrentado

La operación de refrentado consiste en un mecanizado frontal y perpendicular al eje de las piezas que se realiza para producir un buen acoplamiento en el montaje posterior de las piezas torneadas. Esta operación también es conocida como

fronteado. La problemática que tiene el refrentado es que la velocidad de corte en el filo de la herramienta va disminuyendo a medida que avanza hacia el centro, lo que ralentiza la operación. Para mejorar este aspecto muchos tornos modernos incorporan variadores de velocidad en el cabezal de tal forma que se puede ir aumentando la velocidad de giro de la pieza.

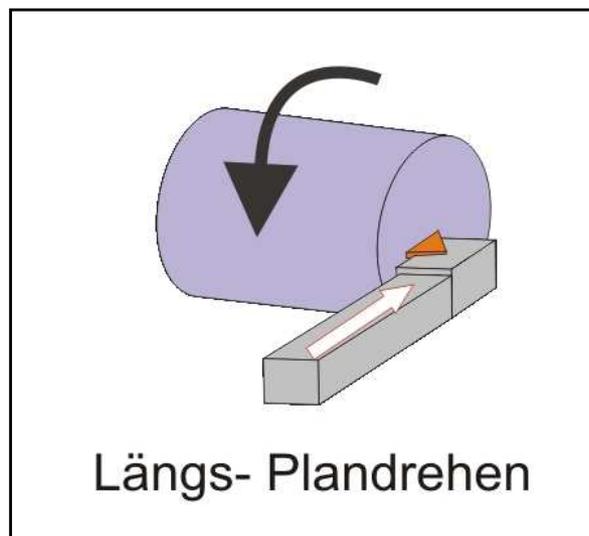


Figura 2.25. Esquema funcional del refrentado

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.6.3. Ranurado

El ranurado consiste en mecanizar unas ranuras cilíndricas de anchura y profundidad variable en las piezas que se tornean, las cuales tienen muchas utilidades diferentes. Por ejemplo, para alojar una junta tórica, para salida de rosca, para arandelas de presión, etc. En este caso la herramienta tiene ya conformado el ancho de la ranura y actuando con el carro transversal se le da la profundidad deseada. Los canales de las poleas son un ejemplo claro de ranuras torneadas.

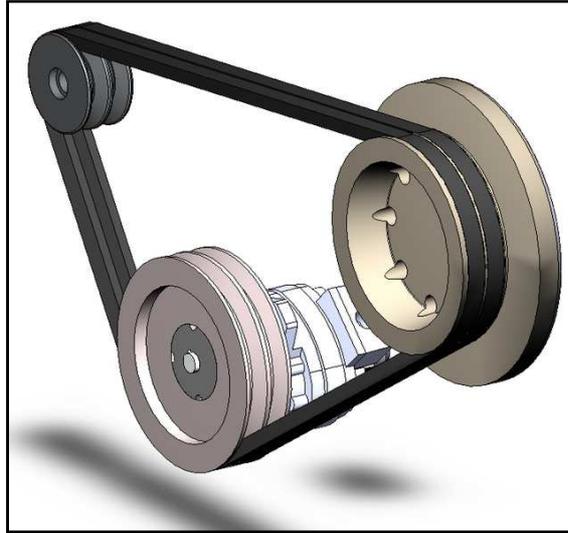


Figura 2.26. Poleas torneadas

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.6.4. Roscado

Hay dos sistemas de realizar roscados en los tornos, de un lado la tradicional que utilizan los tornos paralelos, mediante la Caja Norton, y de otra la que se realiza con los tornos CNC, donde los datos de la roscas van totalmente programados y ya no hace falta la caja Norton para realizarlo.

2.5.6.5. Chaflanado

Es una operación de torneado muy común que consiste en matar los cantos tanto exteriores como interiores para evitar cortes con los mismos y a su vez facilitar el trabajo y montaje posterior de las piezas. El chaflanado más común suele ser el de 1mm por 45°. Este chaflán se hace atacando directamente los cantos con una herramienta adecuada.

2.5.6.6. Taladrado

Muchas piezas que son torneadas requieren ser taladradas con brocas en el centro de sus ejes de rotación. Para esta tarea se utilizan brocas normales, que se sujetan en el contrapunto en un portabrocas o directamente en el alojamiento

del contrapunto si el diámetro es grande. Las condiciones tecnológicas del taladrado son las normales de acuerdo a las características del material y tipo de broca que se utilice. Mención aparte merecen los procesos de taladrado profundo donde el proceso ya es muy diferente sobre todo la constitución de la broca que se utiliza.

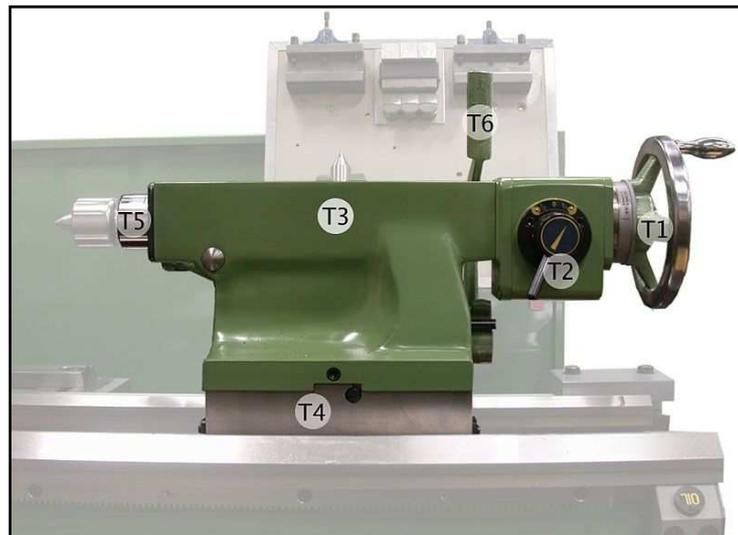


Figura 2.27. Contrapunto para taladros

Fuente: www.wikipedia.com

2.5.7. Parámetros de corte del torneado

2.5.7.1. Velocidad de corte

Se define como velocidad de corte la velocidad lineal de la periferia de la pieza que está en contacto con la herramienta. La velocidad de corte, tiene que ser elegida antes de iniciar el mecanizado y su valor adecuado depende de muchos factores, especialmente de la calidad y tipo de herramienta que se utilice, de la profundidad de pasada, de la dureza y la maquinabilidad que tenga el material que se mecanice y de la velocidad de avance empleada. Las limitaciones principales de la máquina son su gama de velocidades, la potencia de los motores y de la rigidez de la fijación de la pieza y de la herramienta.

La velocidad de corte excesiva puede dar lugar a:

- Desgaste muy rápido del filo de corte de la herramienta.
- Deformación plástica del filo de corte con pérdida de tolerancia del mecanizado.
- Calidad del mecanizado deficiente; acabado superficial ineficiente.

La velocidad de corte demasiado baja puede dar lugar a:

- Formación de filo de aportación en la herramienta.
- Efecto negativo sobre la evacuación de viruta.
- Baja productividad.
- Coste elevado del mecanizado.

2.5.7.2. Velocidad de rotación de la pieza

La velocidad de rotación del cabezal del torno se expresa habitualmente en revoluciones por minuto (rpm). En los tornos convencionales hay una gama limitada de velocidades, que dependen de la velocidad de giro del motor principal y del número de velocidades de la caja de cambios de la máquina.

La velocidad de rotación de la herramienta es directamente proporcional a la velocidad de corte e inversamente proporcional al diámetro de la pieza.

2.5.7.3. Velocidad de avance

El avance o velocidad de avance en el torneado es la velocidad relativa entre la pieza y la herramienta, es decir, la velocidad con la que progresa el corte. El avance de la herramienta de corte es un factor muy importante en el proceso de torneado.

Cada herramienta puede cortar adecuadamente en un rango de velocidades de avance por cada revolución de la pieza, denominado *avance por revolución*. Este rango depende fundamentalmente del diámetro de la pieza, de la profundidad de pasada, y de la calidad de la herramienta. Este rango de velocidades se determina experimentalmente. Además esta velocidad está limitada por las

rigideces de las sujeciones de la pieza y de la herramienta y por la potencia del motor de avance de la máquina. El grosor máximo de viruta en mm es el indicador de limitación más importante para una herramienta. El filo de corte de las herramientas se prueba para que tenga un valor determinado entre un mínimo y un máximo de grosor de la viruta.

Efectos de la velocidad de avance

- Decisiva para la formación de viruta
- Afecta al consumo de potencia
- Contribuye a la tensión mecánica y térmica

La elevada velocidad de avance da lugar a:

- Buen control de viruta
- Menor tiempo de corte
- Menor desgaste de la herramienta
- Riesgo más alto de rotura de la herramienta
- Elevada rugosidad superficial del mecanizado.

La velocidad de avance baja da lugar a:

- Viruta más larga
- Mejora de la calidad del mecanizado
- Desgaste acelerado de la herramienta
- Mayor duración del tiempo de mecanizado
- Mayor coste del mecanizado

2.5.8. Factores que influyen en las condiciones tecnológicas del torneado

- Diseño y limitaciones de la pieza: tamaño, tolerancias del torneado, tendencia a vibraciones, sistemas de sujeción, acabado superficial, etc.
- Operaciones de torneado a realizar: cilindrados exteriores o interiores, refrentados, ranurados, desbaste, acabados, optimización para realizar varias operaciones de forma simultánea, etc.

- Estabilidad y condiciones de mecanizado: cortes intermitentes, voladizo de la pieza, forma y estado de la pieza, estado, potencia y accionamiento de la máquina, etc.
- Disponibilidad y selección del tipo de torno: posibilidad de automatizar el mecanizado, poder realizar varias operaciones de forma simultánea, serie de piezas a mecanizar, calidad y cantidad del refrigerante, etc.
- Material de la pieza: dureza, estado, resistencia, maquinabilidad, barra, fundición, forja, mecanizado en seco o con refrigerante, etc.
- Disponibilidad de herramientas: calidad de las herramientas, sistema de sujeción de la herramienta, acceso al distribuidor de herramientas, servicio técnico de herramientas, asesoramiento técnico.
- Aspectos económicos del mecanizado: optimización del mecanizado, duración de la herramienta, precio de la herramienta, precio del tiempo de mecanizado.

2.5.9. Normas de seguridad en el torneado

- Utilizar equipo de seguridad: gafas de seguridad, caretas, etc.
- No utilizar ropa holgada o muy suelta. Se recomiendan las mangas cortas.
- Utilizar ropa de algodón.
- Utilizar calzado de seguridad.
- Mantener el lugar siempre limpio.
- Si se mecanizan piezas pesadas utilizar polipastos adecuados para cargar y descargar las piezas de la máquina.
- Es preferible llevar el pelo corto. Si es largo debe estar recogido.
- No vestir joyería, como collares, pulseras o anillos.
- Siempre se deben conocer los controles y funcionamiento del torno. Se debe saber como detener su operación.
- Es muy recomendable trabajar en un área adecuadamente iluminada.

2.6. Soldadura⁹

La soldadura es un proceso en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico), para conseguir un baño de material fundido (el *baño de soldadura*) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

2.6.1. Soldadura por arco eléctrico¹⁰

El procedimiento de soldadura por arco consiste en provocar la fusión de los bordes que se desea soldar mediante el calor intenso desarrollado por un arco eléctrico. Los bordes en fusión de las piezas y el material fundido que se separa del electrodo se mezclan íntimamente, formando, al enfriarse, una pieza única, resistente y homogénea.

Al ponerse en contacto los polos opuestos de un generador se establece una corriente eléctrica de gran intensidad. Si se suministra la intensidad necesaria, la sección de contacto entre ambos polos -por ser la de mayor resistencia eléctrica- se pone incandescente. Esto puede provocar la ionización de la atmósfera que rodea a la zona de contacto y que el aire se vuelva conductor, de modo que al separar los polos el paso de corriente eléctrica se mantenga de uno a otro a través del aire.

El arco eléctrico genera un cráter en la pieza. Es fundamental, para que la soldadura presente una penetración eficaz, tener en cuenta la longitud del arco (distancia entre el extremo del electrodo y la superficie del baño fundido). Si el arco es demasiado pequeño, la pieza se calienta exageradamente y la penetración resulta excesiva; en ese caso, puede llegar a producirse una perforación peligrosa. Por el contrario, si el arco es demasiado largo, se dispersa parte de su calor, y la penetración resulta insuficiente. El operario soldador ha de

⁹ www.wikipedia.com

¹⁰ I.E.S. "Cristóbal de Monroy". Dpto. de Tecnología

ser lo bastante hábil como para mantener el arco a la longitud adecuada. Las temperaturas que se generan son del orden de 3 500 °C.

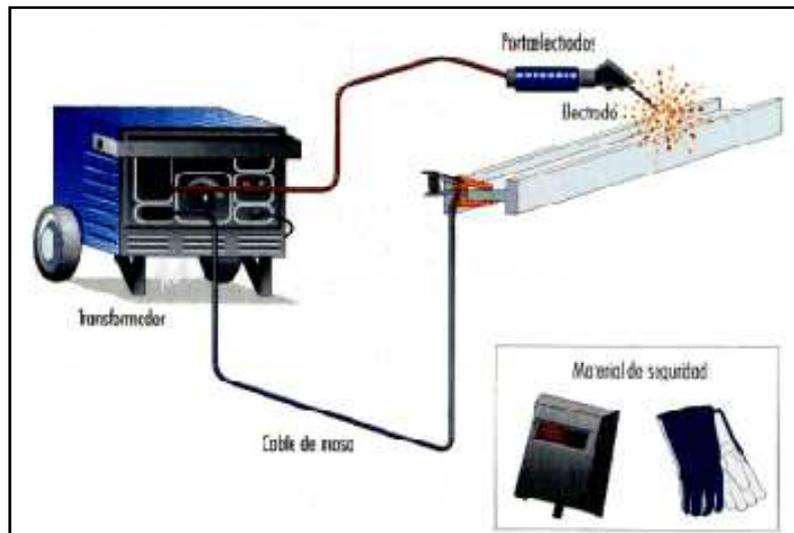


Figura 2.28. Diagrama de soldadura

Fuente: I.E.S. "Cristóbal de Monroy". Dpto. de Tecnología

2.6.2. Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido¹¹

En este proceso de soldadura, también llamado Manual Metal Arc (MMA), se caracteriza porque se produce un arco eléctrico entre la pieza a soldar y un electrodo metálico recubierto.

Con el calor producido por el arco, se funde el extremo del electrodo y se quema el revestimiento, produciéndose la atmósfera adecuada para que se produzca la transferencia de las gotas del metal fundido desde el alma del electrodo hasta el baño de fusión en el material de base.

En el arco las gotas del metal fundido se proyectan recubiertas de escoria fundida procedente del recubrimiento que por efecto de la tensión superficial y de la viscosidad flota en la superficie, solidificando y formando una capa de escoria protectora del baño fundido.

¹¹ <http://www.monografias.com/trabajos7/soel/soel.shtml>

2.6.3. Los electrodos

Tiene un núcleo metálico, un revestimiento a base de sustancias químicas y un extremo no revestido para fijarlo en el porta electrodo.

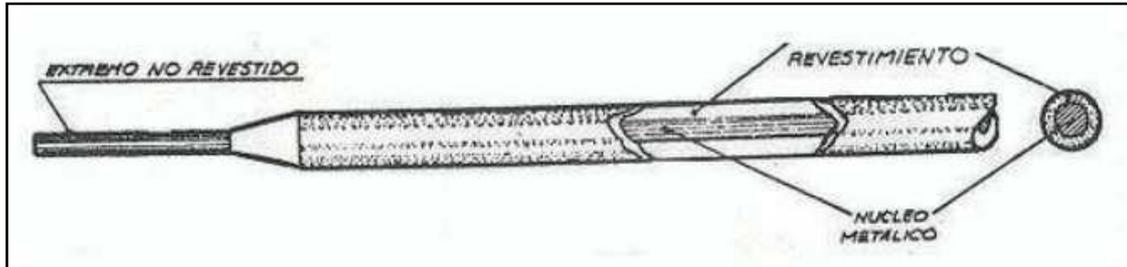


Figura 2.29. Partes de un electrodo

Fuente: www.wikipedia.com

El electrodo está compuesto de las siguientes partes:

Núcleo: es la parte metálica del electrodo que sirve como material de aporte. Su composición química varía de acuerdo a las características del material a soldar.

Revestimiento: es un material que está compuesto por distintas sustancias químicas. Tiene las siguientes funciones:

- a. Dirige el arco conduciendo a una fusión equilibrada y uniforme.
- b. Crea gases que actúan como protección evitando el acceso del Oxígeno y el Nitrógeno.
- c. Produce una escoria que cubre el metal de aporte, evitando el enfriamiento brusco y también el contacto del Oxígeno y del Nitrógeno.
- d. Contiene determinados elementos para obtener una buena fusión con los distintos tipos de materiales.
- e. Aporta al baño de fusión elementos químicos que darán al metal depositado las distintas características para las cuáles fue formulado.
- f. Estabiliza el arco eléctrico.

2.6.4. Norma AWS para electrodos de baja aleación

Este sistema de clasificar los electrodos es numérico, para cada electrodo corresponde un determinado número. Las cifras en cada tipo de electrodo pueden constar de 4 o 5 números, según señalan la descripción aplicativa de un electrodo.

Las cifras presentadas a continuación, E 60-10, E 60-11, E 60-12, E 60-13, E-70 18, E- 110 18

Para la lectura de la norma AWS en este tipo de electrodos, podemos darnos cuenta que está precedida por una letra o prefijo “E” que significa el producto, un electrodo para soldadura eléctrica manual convencional y móvil.

En el caso de los dos primeros dígitos (60) en un código de 4 dígitos según ejemplo E-6011, en el caso de tres dígitos (110) siguiendo el ejemplo E-110 18, en un código de 5 dígitos; nos indica la resistencia mínima, a la tracción de depósito de material de aportación efectuado en un cordón de soldadura, dicha resistencia es medida en miles de libras por pulgadas cuadradas.

E- <u>60</u> -10	60.000 Lbs/pulgs2 mínimo
E- <u>60</u> -11	60.000 Lbs/pulgs2 mínimo
E- <u>60</u> -12	60.000 Lbs/pulgs2 mínimo
E- <u>60</u> -13	60.000 Lbs/pulgs2 mínimo
E- <u>70</u> 18	70.000 Lbs/pulgs2 mínimo
E- <u>110</u> 18	110.000 Lbs/pulgs2 mínimo

El penúltimo número en el caso del (1) señala la posición en que debe utilizarse un electrodo.

El siguiente ejemplo sirve de guía para su lectura e identificación del penúltimo número.

E-XX <u>1</u> X	TODA POSICIÓN
E-XX <u>2</u> X	PLANA Y HORIZONTAL
E-XX <u>3</u> X	PLANA Y HORIZONTAL EN FILETE
E-XX <u>4</u> X	SOLO PLANA

El último número nos da una serie de información, la detallaremos de la siguiente manera.

El 0: E-6010. El electrodo trabaja únicamente con corriente continua, en polaridad (invertida) Conectando el cable del porta electrodo al polo positivo, el revestimiento del electrodo es celulósico nos da como resultado un arco enérgico y posee una penetración profunda de depósito de soldadura.

El 1: E-6011: indica que el electrodo trabaja con corriente alterna y continua, conectando el cable de la porta electrodo al polo positivo (polaridad invertida). Señala que el revestimiento del electrodo es celulósico, arco potente y la penetración profunda.

2.6.5. Posiciones de soldadura

Las posiciones de soldadura, se refieren exclusivamente a la posición del eje de la soldadura en los diferentes planos a soldar. Básicamente son cuatro las posiciones de soldar y todas exigen un conocimiento y dominio perfecto del soldador para la ejecución de una unión soldadura.

En la ejecución del cordón de soldadura eléctrica, aparecen piezas que no pueden ser colocadas en posición cómoda.

Según el plano de referencia fueron establecidas las cuatro posiciones siguientes:

- a) Posición plana o de nivel:** Es aquella en que la pieza recibe la soldadura colocada en posición plana a nivel. El material adicional viene del electrodo que está con la punta para abajo, depositando el material en ese sentido.

- b) Posición horizontal:** Es aquella en que las aristas o cara de la pieza a soldar está colocada en posición horizontal sobre un plano vertical. El eje de la soldadura se extiende horizontalmente.
- c) Posición vertical:** Es aquella en que la arista o eje de la zona a soldar recibe la soldadura en posición vertical, el electrodo se coloca aproximadamente horizontal y perpendicular al eje de la soldadura.
- d) Posición sobre la cabeza:** La pieza colocada a una altura superior a la de la cabeza del soldador, recibe la soldadura por su parte inferior. El electrodo se ubica con el extremo apuntando hacia arriba verticalmente. Esta posición es inversa a la posición plana o de nivel.

2.7. Eje¹²

En ingeniería mecánica se conoce como eje de transmisión a todo objeto axisimétrico especialmente diseñado para transmitir potencia. Estos elementos de máquinas constituyen una parte fundamental de las transmisiones mecánicas y son ampliamente utilizados en una gran diversidad de máquinas debido a su relativa simplicidad. Un árbol de transmisión es un eje que transmite un esfuerzo motor y está sometido a solicitaciones de torsión debido a la transmisión de un par de fuerzas y puede estar sometido a otros tipos de solicitaciones mecánicas al mismo tiempo.



Figura 2.30.Eje de transmisión de un camión

Fuente: www.wikipedia.com

¹² www.wikipedia.com

2.8. Rodamientos¹³

Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

2.8.1 Rodamiento rígido de bolas

Son usados en una gran variedad de aplicaciones. Son fáciles de diseñar, no separables, capaces de operar en altas e incluso muy altas velocidades y requieren poca atención o mantenimiento en servicio. Estas características, unidas a su ventaja de precio, hacen a estos rodamientos los más populares de todos los rodamientos.

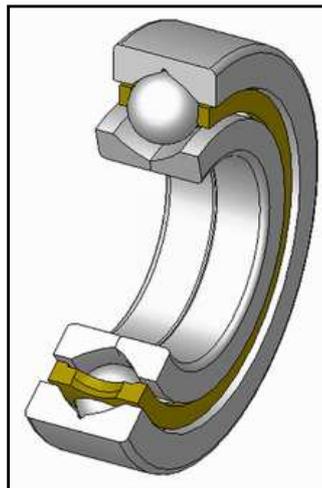


Figura 2.31. Rodamiento rígido de bolas

Fuente: www.wikipedia.com

2.8.2 Rodamiento de agujas

Los rodamientos de agujas tienen una sección transversal más pequeña, mayor capacidad de carga, mayor rigidez y fuerzas de inercia menores que facilitan la

¹³ <http://rodamientos.wordpress.com/cojinetes/rodamientos/>

reducción del tamaño y del peso de la maquinaria. Están diseñados para soportar la oscilación, funcionar en condiciones rigurosas.



Figura 2.32. Rodamiento de agujas

Fuente: www.wikipedia.com

2.8.3 Chumacera

La chumacera es una combinación de un rodamiento radial de bolas, sello y un alojamiento de hierro colado de alto grado o de acero prensado, suministrado de varias formas. La superficie exterior del rodamiento y la superficie interior del alojamiento son esféricas para que la unidad sea autoalineable.



Figura 2.33. Chumacera

Fuente: www.wikipedia.com

2.8.4. Lubricación¹⁴

La mayoría de los usuarios de rodamientos eligen una familia de grasas que pueden servir para casi cualquier aplicación o situación que puedan encontrar. La grasa “multiuso” (grasa de temperatura media) está recomendada para rodamientos que funcionan a una temperatura de -30 a 120°C.

2.9. Anillo de sujeción¹⁵

Es un tipo de sujetador que consiste en un anillo de metal semi-flexible con extremos abiertos que puede ser encajado en una ranura mecanizada en una clavija, para permitir la rotación y así evitar el movimiento lateral. Hay dos tipos básicos: internos y externos. los anillos de seguridad se suelen utilizar para cubrir conexiones seguras.

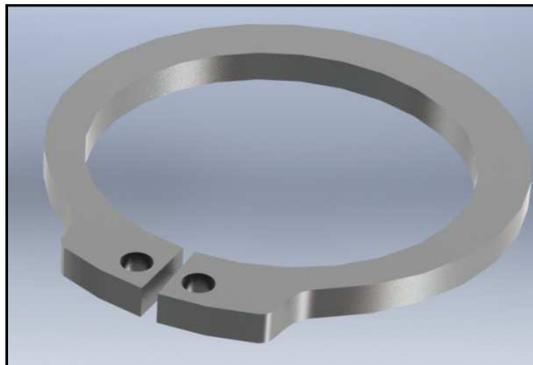


Figura 2.34. Anillo de retención

Fuente: Solidworks 2013

2.10. Taladro eléctrico

El taladro eléctrico es una herramienta con una estructura parecida a un arma de fuego mayormente vienen con una estructura exterior plástica, que protege al motor y en su extremo contiene piezas adaptables. Son especiales para realizar

¹⁴ www.monografias.com.htm

¹⁵ <http://www.arqhys.com/articulos/anillo-deseguridad.html>

cualquier tipo de labor, un taladro se mantiene en funcionamiento constante aun cuando su desempeño se encuentre con algún impedimento.



Figura 2.35. Taladro eléctrico

Fuente: www.olx.com

2.11. Normas de seguridad¹⁶

Para la ejecución de todo proyecto de construcción es necesario y obligatorio usar un equipo de seguridad que cuide la integridad física del operario.



Figura 2.36. Overol

Fuente: www.wikipedia.com

¹⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Equipo_de_protecci%C3%B3n_individual

Una adecuada vestimenta evita quemaduras y cortes, esta debe ser de una tela gruesa y de preferencia anti flama.

Las gafas de protección son un elemento muy importante para evitar que los ojos tomen contacto con agentes nocivos



Figura 2.37. Gafas protectoras

Fuente: www.wikipedia.com

Los guantes son un elemento muy importante en el trabajo ya que protege las manos de cortaduras, la flexibilidad del material del que están hechos ayuda a la comodidad al realizar algunos trabajos.



Figura 2.38. Guantes de cuero

Fuente: www.prunex.com.ec/guantescuero.html

Los zapatos adecuados para el trabajo en talleres son los que en su punta tienen acero que resiste a los golpes y recubiertos de cuero para aislar de la electricidad, calor evitando quemaduras.



Figura 2.39. Zapatos de trabajo

Fuente: www.slideshare.net/ladycorpse/epp-tipos-de-botas-de-seguridad

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Preliminares

Luego de adquirir, analizar y determinar las condiciones en las que se encontraban los engranajes que iban a ser utilizados para el sistema contra rotatorio se procedió a realizar la limpieza de los mismos y se tomo los valores de las dimensiones de estos para poder determinar el tamaño adecuado de las piezas donde estos iban a ser colocados.

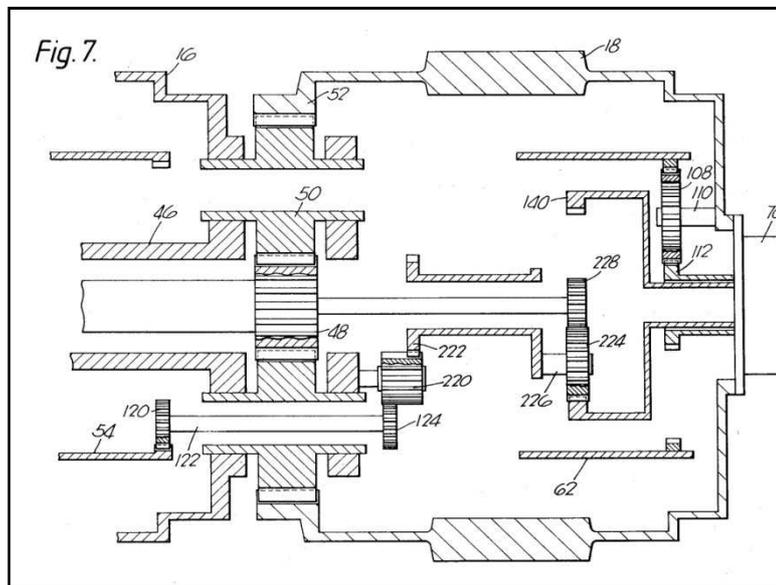
Después se procedió a la planificación sobre la construcción de los componentes que permitiesen realizar el movimiento contra rotatorio en las siguientes fases:

1. Análisis de funcionamiento.
2. Diseño de componentes.
3. Adquisición de los componentes.
4. Dimensiones.
5. Construcción de los componentes.
6. Ensamblaje.
7. Pruebas de funcionamiento.
8. Acabados.
9. Diagrama de procesos.
10. Estudio económico.

3.2. Análisis del funcionamiento

Para conocer el funcionamiento del sistema contra rotatorio se realizó una búsqueda minuciosa ya que el acceso a la información a este tipo de motor es bastante limitada debido a que se encuentra fuera del mercado y en otros casos se encuentra aún en fase de experimentación.

De toda la información recopilada de los motores propfan como son Progress D-27, Rolls Royce, y Snecma mostraron que todos presentaban el mismo principio básico de funcionamiento, de igual manera todos estos motores poseían los mismos componentes básicos. (Ver anexo A)



Fuente: Propeller module for an aero gas turbine engine.

Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 1: componentes principales del sistema contra rotatorio.

3.3. Diseño de componentes

La finalidad de los cálculos es conseguir estructuras funcionales que resulten adecuadas desde el punto de vista de la resistencia de materiales. (Ver anexo B)

3.4. Adquisición de los materiales

Durante la adquisición de los materiales la prioridad fue la de encontrar un sistema de engranajes que tuviese un tamaño adecuado para nuestra necesidad.

Los materiales adquiridos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3.1: componentes adquiridos.

Cantidad	Descripción
2	Cojinete de rodillos
3	Cojinete de bolas
3	Engranajes planetarios
1	Engranaje de corona
1	Engranaje sol
1	eje

Fuente: investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.5. Dimensiones

Las dimensiones del sistema de engranajes adquirido fueron modificadas para que se ajusten a nuestra necesidad es así que a continuación se presenta una tabla con las dimensiones originales y las modificadas.

Tabla 3.2: dimensiones originales.

Componentes	Anchura de cara	
	Originales	Modificadas
Corona	80 mm	25 mm
Planetas	80 mm	25 mm
Sol	80 mm	25 mm
Porta planetas	80 mm	12 mm

Fuente: investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.6. Construcción de los componentes

La construcción de los componentes se los planificó de la siguiente forma:

- Rectificación del eje.
- Corte del sistema de engranajes.
- Construcción de bocines.
- Construcción del eje fijo.
- Construcción del hub delantero.
- Construcción del hub posterior.

3.6.1. Rectificación de eje

El objetivo de rectificar el eje es centrar el giro con el resto de componentes ya que el sistema contra rotatorio requiere de una gran precisión y si existe una ligera obstrucción entre los componentes todo el sistema empezaría a girar en un mismo sentido.

Para la rectificación del eje se utilizó los siguientes recursos:

- Cuchilla de widia (Ver anexo C)
- Torno.

Con los datos de las dimensiones ya establecidas por mi compañero se procedió a rectificar el eje en las partes que serían utilizadas se eliminó los dientes de uno de los extremos del mismo los cuales impedirían la colocación del resto de los componentes.

Una vez rectificado el eje se procedió a realizar pequeños desbastes en lugares establecidos en los planos los cuales servirían para fijar el eje y el resto de los componentes en su estructura base.



Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 2: Eliminación de dientes.



Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 3: Eje terminado.

3.6.2. Corte del sistema de engranajes

El propósito de cortar el sistema de engranajes consiste en reducir el peso de los componentes debido a que los mismos van a estar soportados por el eje.

Los materiales utilizados para el corte de los engranajes son los siguientes:

- Moladora.
- Cuchilla de widia.
- Torno.

Para iniciar con el proceso de corte de los engranajes primero se marca el tamaño apropiado tomando en cuenta que en el proceso de corte y el proceso de torneado se pierde material. Con las consideraciones anteriores se realiza el corte de los engranajes tomando en cuenta que siempre se debe utilizar un equipo de protección adecuado.

Una vez cortados todos los componentes se verifica las dimensiones para realizar el refrentado en el torno. Para realizar el refrentado en el torno primero se coloca la pieza a mecanizar en el cabezal giratorio y se la centra en el mismo.

Cuando la pieza ya está correctamente ubicada se procede a colocar la chuchilla de widia la cual debe estar bien afilada ya que los engranajes poseen un recubrimiento de acero duro, el refrentado de los engranajes se lo realiza en baja velocidad ya que a una alta velocidad el equipo utilizado puede sufrir alguna avería, la cantidad de desbaste se lo realiza unas pocas décimas de milímetro en cada pasada se debe estar pendiente de las dimensiones con un calibrador.

Una vez terminado el proceso de refrentado se ajusta el torno a una velocidad mayor para proceder a la limpieza de las virutas con el uso de una lija la cual permitirá dejar un mejor acabado evitando cualquier riesgo al manipular los engranajes.

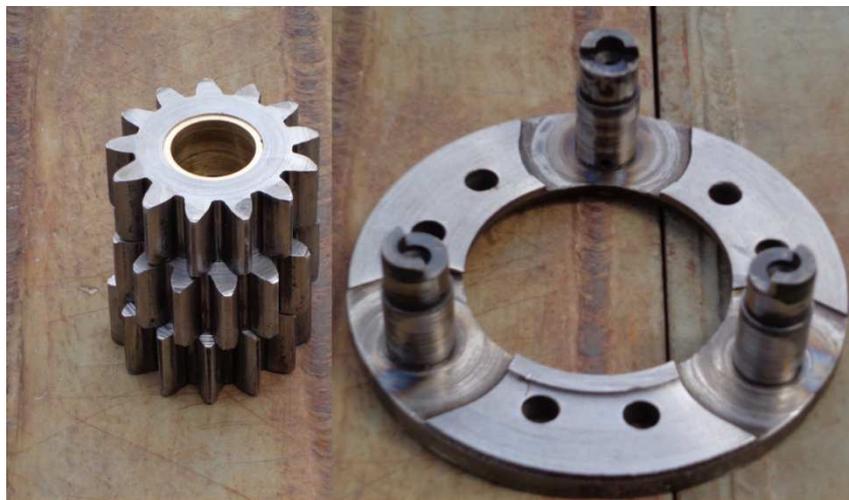
El proceso de refrentado de todos los componentes es similar pero se debe tomar en cuenta las dimensiones de las piezas ya que una pieza de mayor diámetro requerirá una menor velocidad.



Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 4: Sistema de engranajes original.



Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 5: Sistema de engranajes modificado.

3.6.3. Construcción de bocines

El propósito de los bocines es encajar correctamente en las chumaceras, centrar el movimiento del eje con estas y fijar al eje para evitar su desplazamiento lateral.

Los materiales utilizados para la fabricación de los bocines son:

- 30cm de tubo de acero AISI 1213 de 55mm de diámetro externo y 35mm de diámetro interno.
- Cuchillas de acero rápido.

Al tubo de acero se lo coloca en el torno y se lo sujeta levemente al cabezal procurando centrarlo lo mejor posible, después con la ayuda de la punta de la cuchilla como referencia se lo va centrando dando ligeros golpes en las partes que lo necesite, una vez centrado con respecto a la punta de la cuchilla se procede a ajustar las ruedas del cabezal giratorio.

Con el tubo ya centrado se procede a refrentar el extremo del tubo para poder medir la cantidad exacta de tubo a tornearse, después se realiza el cilindrado de toda la superficie tanto interior como exterior del tubo, dejando unas pocas décimas de milímetro en el diámetro interior del tubo se procede a darle la forma de cono en la parte exterior ya que las chumaceras que sostienen al eje tienen esa forma.

Una vez que está dada la medida externa del bocín se procede a cilindrar la medida exacta de la parte interna del mismo, para terminar se realiza una marca en la medida que se debe cortar, se saca al tubo del torno y se corta en la marca con la ayuda de una sierra para después eliminar cualquier tipo de escoria se utiliza un esmeril.



Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 6: Construcción de bocines.



Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 7: bocines terminados.

3.6.4. Construcción del eje fijo

La finalidad del eje fijo o lay shaft es la de separar los movimientos del eje principal y del hub delantero ya que estos componentes giran a diferentes velocidades.

Los materiales utilizados para la fabricación de este eje fueron:

- 20cm de tubo de acero AISI 1213 de 60mm de diámetro externo y 50mm de diámetro interno.
- Lámina de tool de 20 x 20 cm y espesor de 1,5 mm.
- Cuchilla de acero rápido.

Debido a que no se encontró un tubo que se ajuste a las dimensiones requeridas se optó por adquirir un tubo lo suficientemente grueso para poder utilizarlo en el torno.

El tubo fue cortado por la mitad con la ayuda de una moladora hasta una dimensión determinada para después ser cerrado con la ayuda de una prensa hidráulica, con la ayuda de un calibrador se comprueba que la medida tanto interna como externa estén unos pocos milímetros por debajo de las medidas que necesitamos.

Una vez que las dimensiones del tubo son apropiadas se procede a realizar un cordón de soldadura con electrodo E6013, posteriormente se elimina la escoria y exceso de material con un esmeril.

A este tubo se lo coloca en el torno se lo centra con respecto a la punta de la cuchilla, después se procede a refrentar el un extremo del tubo y cilindrar la parte interna y externa del tubo hasta la mitad ya que la otra parte se encuentra sujeta al cabezal giratorio.

Una vez cilindrado y refrentado los extremos del tubo se proceden a dejar las medidas de los cojinetes que van acoplados desbastando pocas décimas por

pasada y al final de cada pasada verificando la medida con el uso de un calibrador. A la pieza ya terminada se la lija completamente para eliminar residuos de material. Se debe tomar en cuenta los puntos de la pieza que van a realizar el trabajo ya que estos deben tener prioridad en la fabricación, el costo de fabricación aumenta si mayor es el área a mecanizar.

A la lámina de tool se le dio la forma establecida para que fije el eje a la estructura para un fácil montaje y desmontaje de los componentes. Esta lámina está sujeta a la estructura mediante un perno y al eje fijo mediante una abrazadera.



Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 8: Construcción del eje fijo.



Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 9: Construcción del eje fijo.

3.6.5. Construcción del hub delantero

El objetivo del hub delantero es la de sostener a los engranajes planetarios y transmitir el movimiento giratorio de traslación del porta planetas a las hélices delanteras.

Para la fabricación del hub delantero se utilizó los siguientes materiales:

- 17 cm de tubo de acero AISI 1213 de 14 cm de diámetro exterior y 8.4 cm de diámetro interior.
- Lámina de acero AISI 1030 de 16 cm de lado y 4 mm de espesor.

El hub delantero se encarga de centrar al hub trasero por esta razón las medidas del mismo deben ser exactas ya que un milímetro puede causar la falla del sistema.

Para la fabricación de esta pieza se realizaron los pasos siguientes:

- Se montó el tubo en el torno y se lo centró con respecto a la punta de la cuchilla con la ayuda de la luneta.
- Se refrentó el extremo del tubo y se desbastó todo el material en exceso hasta unos milímetros sobre la medida deseada.
- Una vez eliminado el exceso de material se procedió a darle las medidas externas e internas en los extremos donde van acoplados a presión los cojinetes de la pieza, verificando siempre la medida con el uso de un calibrador.
- Realizado lo anterior se cambio de lado a la pieza para realizar el procedimiento anterior.
- Terminado el mecanizado de la pieza se realizó la limpieza con una lija para un terminado más lizo.

La lámina de acero es la encargada de sujetar al porta satélites por tanto esta debe ser concéntrica con respecto al porta satélites y al hub a la cual va fijada, para lograr esta finalidad se siguieron los siguientes pasos:

- Se marco el centro de la lámina y sus demás dimensiones.
- Con el torno se taladro en el centro de la lámina un oficio, luego se cilindró el mismo hasta la medida especificada de 100 mm.
- Una vez centrada la pieza se marco un círculo exterior para su posterior corte, realizado esto se procedió a cortar a la lámina en una forma semicircular eliminando el material en exceso.
- Se marco los agujeros en los cuales se colocan los seis pernos que sostienen al porta planetas y se los taladró siempre verificando que la distancia existente entre ellos sea la adecuada.

Una vez terminados estas dos piezas se procedieron a montarlas en el torno para verificar que estén correctamente centradas, confirmado esto se soldó estos dos componentes con electrodo 6013 verificando que el centrado sea el correcto.

A la pieza ya soldada se la limpia y verifica que el acople con el porta satélites sea el correcto.



Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 10: Construcción del hub delantero.

3.6.6. Construcción del hub posterior

El objetivo del hub posterior es el se sujetar a la corona y transmitir el movimiento a las hélices traseras.

Para la fabricación de este componente se utilizaron los siguientes materiales:

- 10 cm de tubo de acero AISI 1213 de 19cm de diámetro exterior y 1,9 cm de espesor.
- 4 cm de tubo de acero AISI 1213 de 19 cm de diámetro exterior y 1,9 cm de espesor.
- Placa de acero AISI 1030 de 6,4 cm de lado y 10 mm de espesor.
- 35 cm de varilla de acero AISI 1213 de 4 mm de diámetro.

Para la fabricación de este componente primero se cortó una sección del tubo de 10cm de longitud para aumentar el diámetro externo debido a que en el mercado no se encontró un tubo con un diámetro de 22 cm aproximadamente.

Al tubo cortado se lo abrió con la ayuda de una prensa hidráulica hasta una medida de 22,5 cm de diámetro, se cortó la placa de acero para que encaje correctamente en el espacio faltante del tubo y se soldó con electrodo E6013 rellenando completamente todos los espacios.

A este tubo aumentado se le soldó con electrodo E6013 el tubo de 4cm de longitud centrándolos entre sí con la ayuda de un calibrador y verificando el mismo en el torno, el espacio vacío entre los tubos se los cubrió con la ayuda de la varilla la cual fue dada la forma circular.

Después que todos los espacios fueron cubiertos se procedió a soldar todo el componente con electrodo E6013 rellenando todos los espacios.

Una vez terminado el proceso de soldado se montó la pieza en el torno y se la centró con respecto a la punta de la cuchilla de acero rápido, los extremos de la pieza fueron refrentados y la pieza cilindrada tanto interna como externamente.

Con la pieza completamente centrada se realizó el desbaste en las partes donde el cojinete y la corona iban a ser acoplados. En el caso del cojinete se tomó la precaución de que el mismo entre a presión hidráulica al componente debido a que este soporta un peso considerable y si se descreta con respecto a los demás componentes ocasionaría una falla en el movimiento.

El último paso fue el de realizar chaflanes en los extremos de la pieza para evitar que tenga filos que puedan cortar, después se realizó la limpieza de la pieza con una lija.

Una vez limpiado el componente se procedió a taladrar tres agujeros de 1/8 de pulgada los cuales fueron roscados para que estos fijen la corona al hub y las hélices.



Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 11: Construcción del hub posterior.

3.7. Ensamblaje

El ensamblaje de todo el sistema contra rotatorio se encuentra detallado en el numeral 3.12.2 Manual de Montaje y desmontaje.

3.8. Pruebas de funcionamiento

Debido a que existen muy pocas referencias sobre el funcionamiento del sistema contra rotatorio las pruebas de funcionamiento fueron extensas, ventajosamente después de realizar una retroalimentación de la información y corregir una serie de inconvenientes que se iban presentando las pruebas funcionales resultaron completamente satisfactorias.

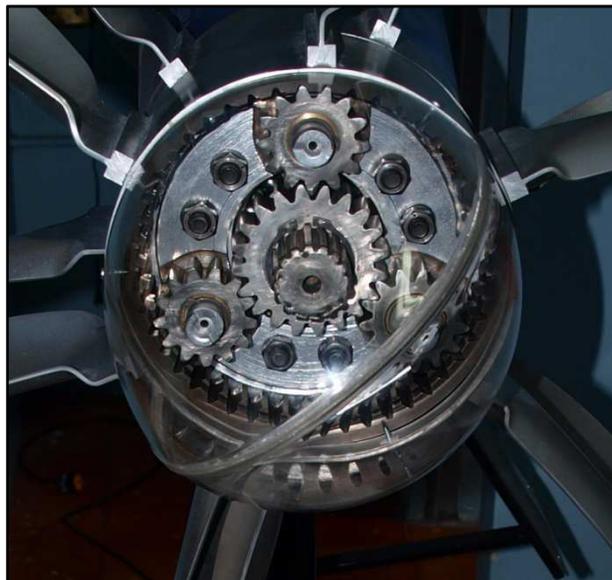
3.9. Acabado

3.9.1. Lijado

El lijado como mencionamos anteriormente se lo realizó una vez terminado el mecanizado, un exceso de lijado en los componentes produciría que las piezas no encajen apropiadamente ocasionando una falla en el funcionamiento del sistema.

3.9.2. Pintado

El proceso de pintura se lo realizó en las superficies que no intervienen con el acople de los componentes con el objetivo de prevenir que en estas partes el material se corra.



Fuente: Investigación de campo.

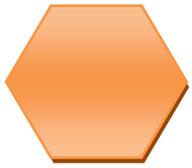
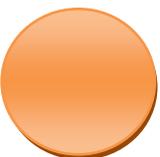
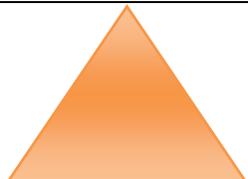
Elaborado por: Luis Jácome.

Fig. 3. 12: Sistema terminado.

3.10. Diagrama de procesos

El diagrama de procesos es la representación gráfica de todos los procesos productivos, los mismos que contienen pasos secuenciales y lógicos permitiendo visualizar el ensamblaje y sub - ensamblaje del sistema.

Tabla 3.3: simbología del diagrama de procesos.

Nº	Simbología	Significado
1		Operación
2		Inspección y comprobación
3		Pieza terminada
4		Producto terminado
5		Conector

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.10.1. Diagrama de procesos para la rectificación del eje

Materiales: eje AISI 4140

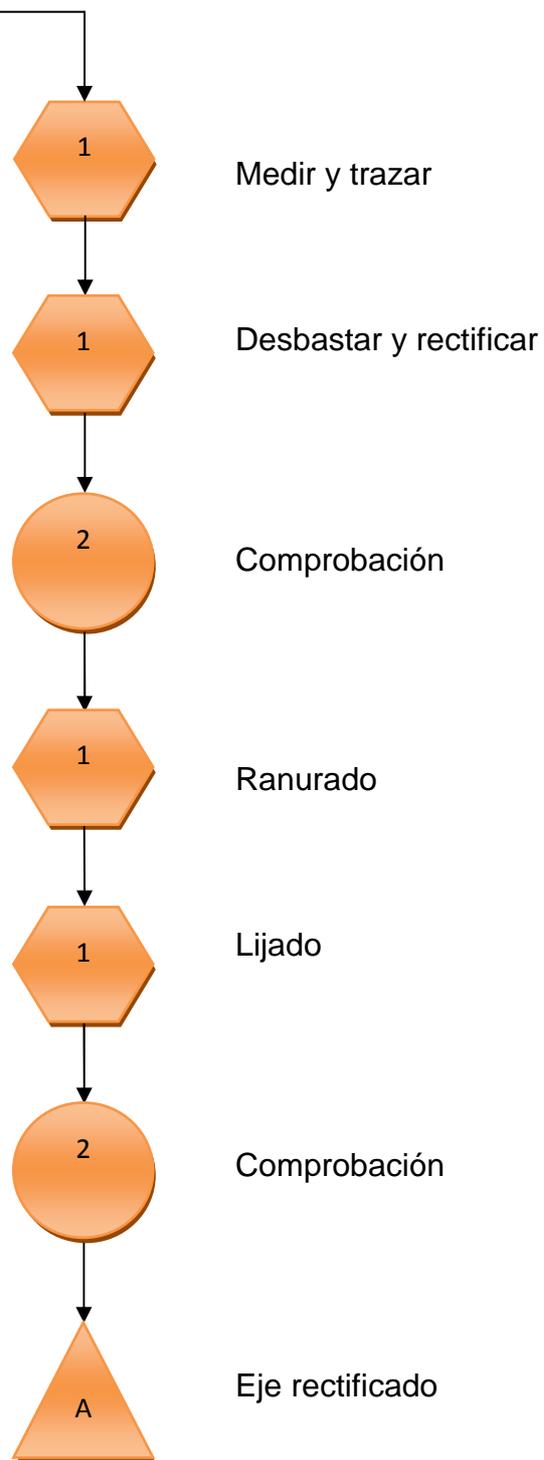


Tabla 3.4: Proceso de rectificación del eje.

Número		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas respectivas de los puntos a rectificar.
2		Desbastar el exceso de material, se cilindra y se rectifica.
	1	Comprobar las dimensiones
3		Se ranura los puntos establecidos.
4		Se lija para eliminar la viruta sobrante.
	2	Se comprueba la medida y se obtiene el eje rectificado.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.10.2. Diagrama de procesos del corte del sistema de engranajes

Materiales: planeta, satélites, corona. (AISI 4140)

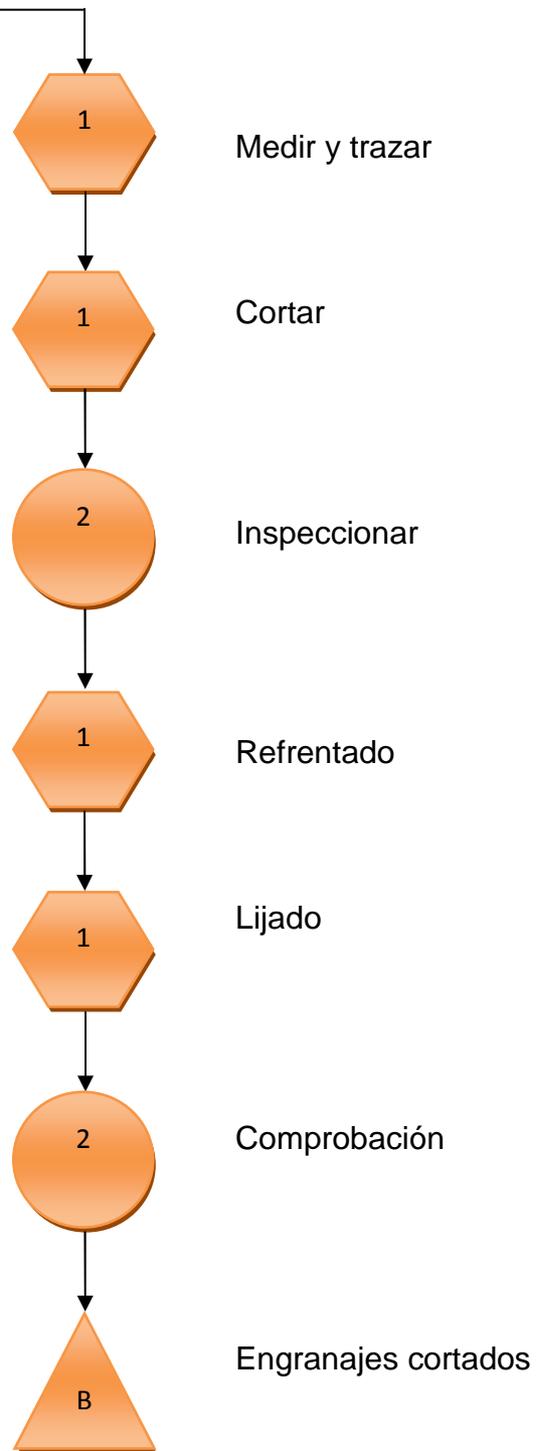


Tabla 3.5: Proceso de corte del sistema de engranajes.

Número		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas respectivas del sistema de engranajes para cortar.
2		Cortar el sistema de engranajes con una amoladora.
	1	Inspeccionar las dimensiones.
3		Se refrenta uno a uno el sistema de engranajes hasta que tengan las mismas dimensiones.
4		Se lija para eliminar la viruta sobrante.
	2	Se comprueba la medida y se obtiene los engranajes a la medida deseada.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.10.3. Diagrama de procesos de la construcción de bocines

Materiales: 30cm de tubo de acero AISI 1213 de 55mm de diámetro externo y 35mm de diámetro interno.

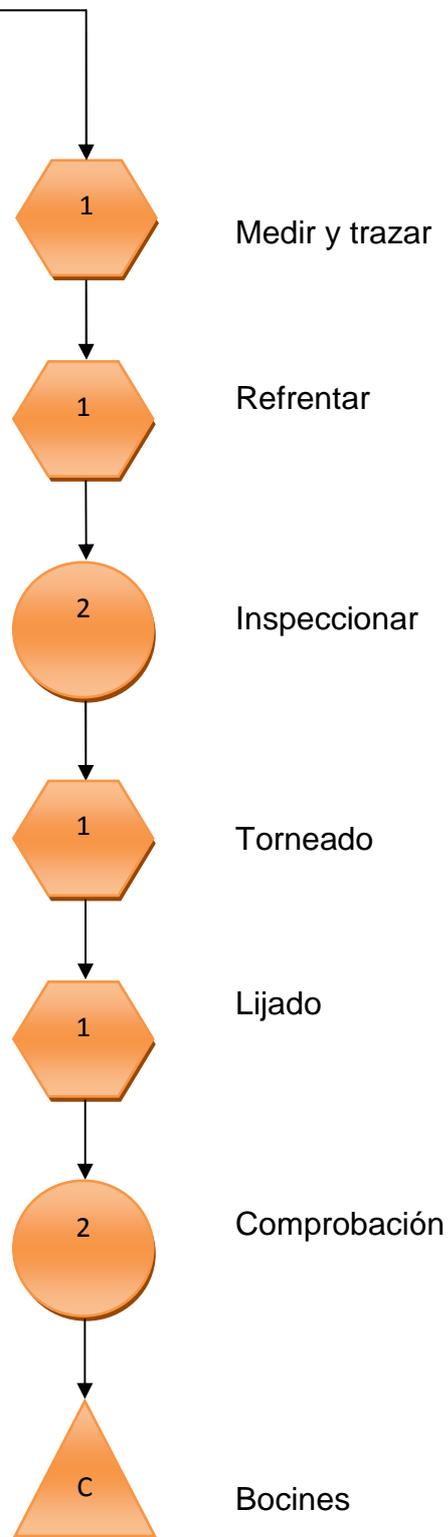


Tabla 3.6: Proceso de construcción de bocines.

Número		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas y se coloca el tubo en el torno.
2		Se refrenta los extremos del tubo
	1	Inspeccionar las dimensiones.
3		Se tornea el tubo hasta la medida deseada.
4		Se lija para eliminar la viruta sobrante.
	2	Se comprueba la medida, se corta y se obtiene los bocines.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.10.4. Diagrama de procesos para la construcción del eje fijo

Materiales: 20cm de tubo de acero AISI 1213 de 60mm de diámetro externo y 50mm de diámetro interno, lámina de tool 20 x 20 cm espesor 1,5 mm.

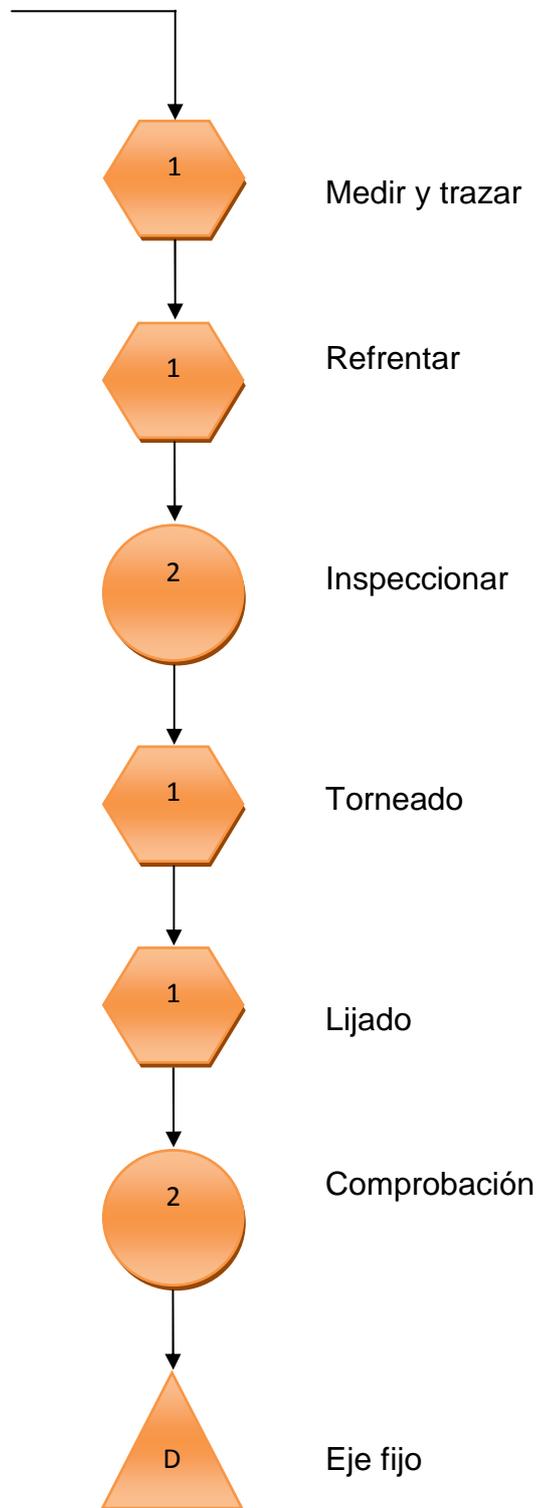


Tabla 3.7: Proceso de construcción del eje fijo.

Número		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas, se corta el tubo y se coloca el tubo en el torno y se corta la lámina.
2		Se refrenta los extremos del tubo y se cilindra todo el eje.
	1	Inspeccionar las dimensiones.
3		Se tornea el eje en los puntos especificados en los cuales se necesita el centrado.
4		Se lija para eliminar la viruta sobrante.
	2	Se comprueba la medida, y se pule.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.10.5. Diagrama de procesos para la construcción del hub delantero

Materiales: Tubo de acero AISI 1213, lámina de acero AISI 1030 de 4 mm de espesor.

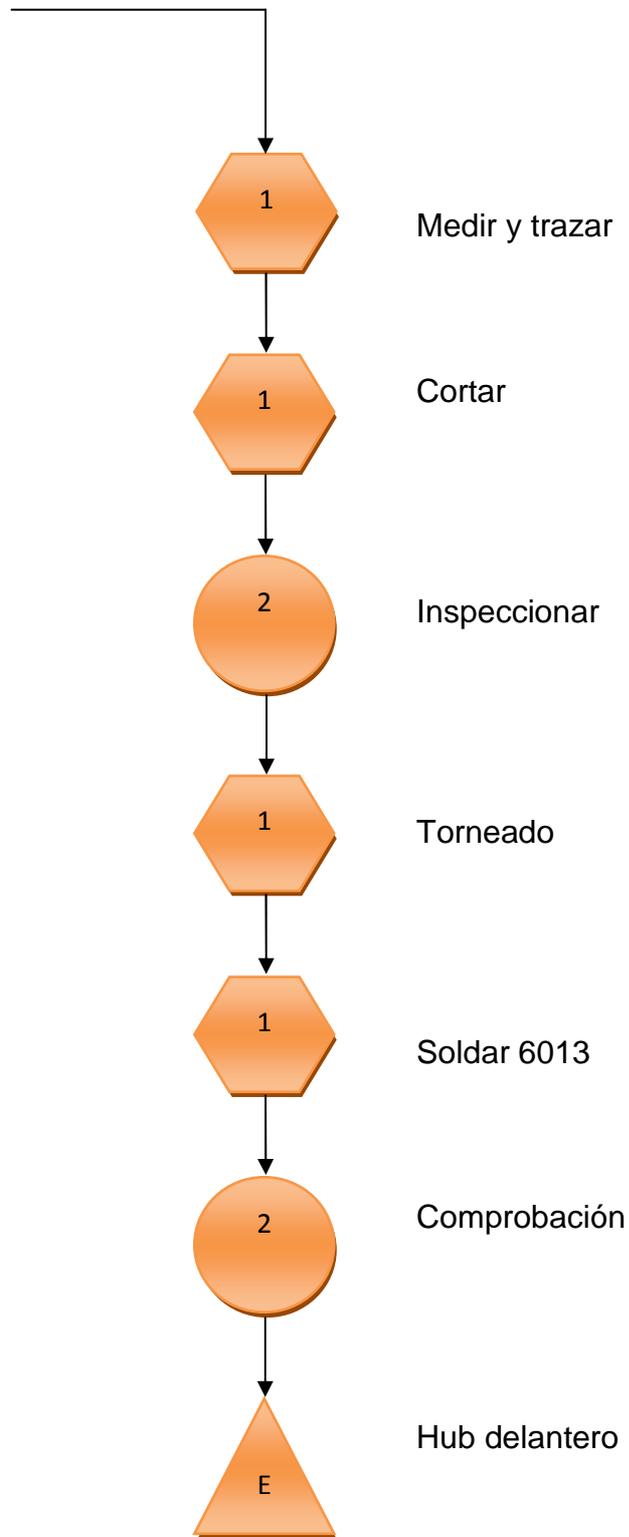


Tabla 3.8: Proceso de construcción del hub delantero.

Número		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas del tubo y de la placa.
2		Se corta el tubo y la placa.
	1	Inspeccionar las dimensiones.
3		Se tornea y se refrenta el tubo y se taladra la placa.
4		Se coloca la placa y el tubo en el torno y se suelda con electrodo 6013.
	2	Se comprueba que el componente este centrado.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.10.6. Diagrama de procesos para la construcción del hub posterior

Materiales: Tubo de acero AISI 1213, placa de acero AISI 1030 de 6,4 cm de 10 mm de espesor, varilla de acero AISI 1213 de 4 mm

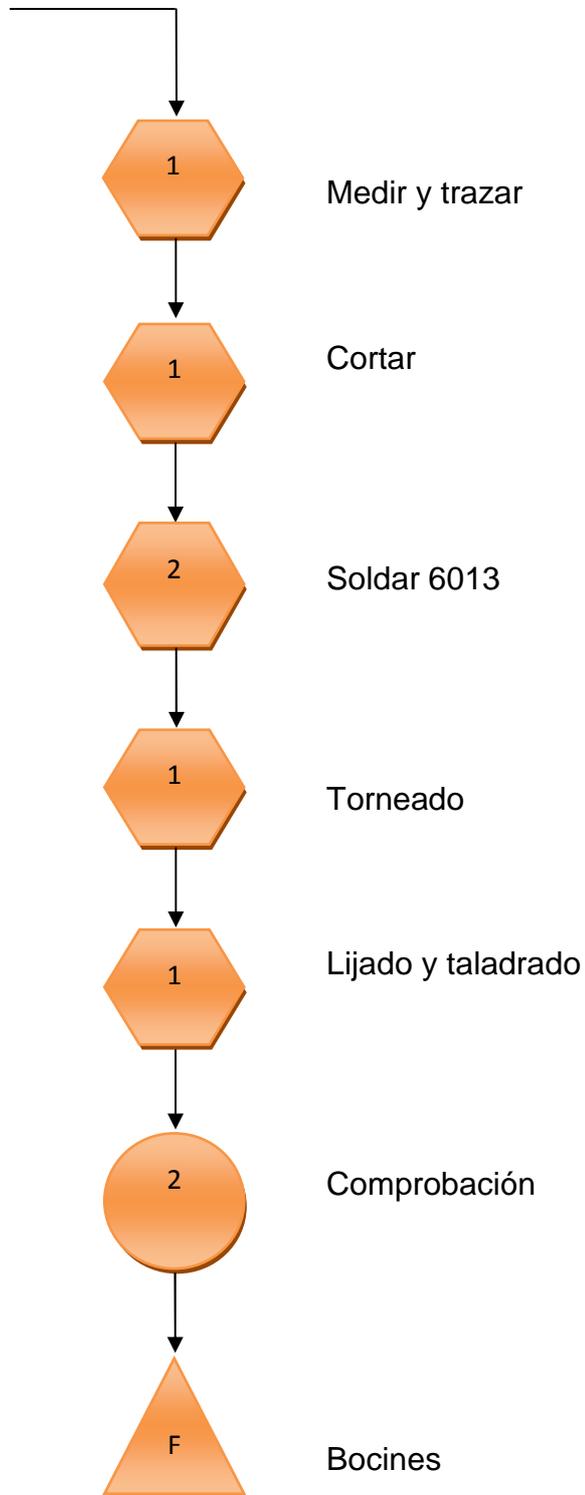


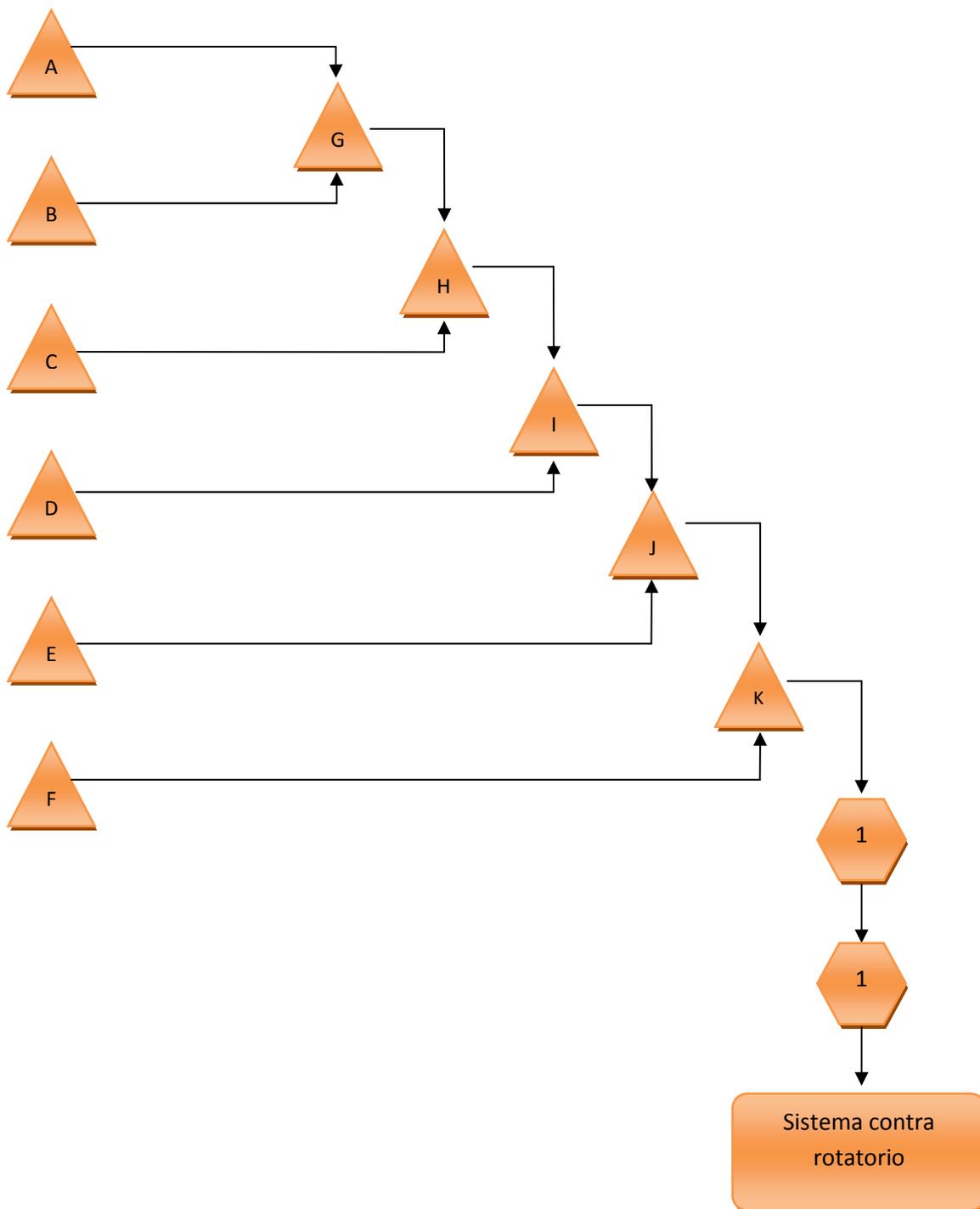
Tabla 3.9: Proceso de construcción del hub posterior.

Número		Descripción
Operación	Inspeccionar	
1		Se toma las medidas de los tubos y la placa.
2		Se corta el tubo y la placa.
3		Se suelda la placa al tubo, después se centra los tubos y se sueldan con 6013 relleno los espacios entre los tubos con la varilla.
4		Se tornea la pieza para centrarla y se le da dimensiones.
5		Se lija para eliminar la viruta sobrante y se taladra los agujeros de sujeción.
	2	Se comprueba la medida y se obtiene el hub posterior.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.10.7. Diagrama de procesos del ensamblaje total del sistema contra rotatorio



3.11. Pruebas y análisis de movimiento

Con el proceso de construcción del sistema contra rotatorio ya finalizado se comienza con las pruebas de funcionamiento con el fin de constatar que el funcionamiento sea el adecuado y cumpla con los requerimientos deseados.

Tabla 3.10: Prueba de funcionamientos de componentes del sistema.

Sistema contra rotatorio					SOLUCIÓN
Componentes	Mecanismo de movimientos				
	Obstrucción		Libre movimiento		
	Si	No	Si	No	
Engranaje sol		✓	✓		
Planetas	✓		✓		Pulir los dientes
Corona	✓			✓	Pulir los dientes
Hub delantero		✓	✓		
Hub posterior		✓	✓		

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.12. Manuales

Para un correcto uso y mantenimiento del sistema se han desarrollado manuales que permitirán garantizar un correcto funcionamiento y alargar la vida útil del sistema. Dichos manuales son de uso obligatorio para evitar cualquier tipo de inconveniente.

3.12.1. Manual de operación

Este manual contiene los procedimientos adecuados para una correcta y segura operación del sistema.

	MANUAL DE OPERACIÓN Y SEGURIDAD	Pág. 1 de 4
	SISTEMA CONTRA ROTATORIO DEL MOTOR PROPFAN RB 3011	Revisión N° 1
	Elaborado por: Sr. Luis Jácome	Fecha:
	Aprobado por: Tlgo: Alejandro Proaño	
ITSA	MECÁNICA AERONÁUTICA	
<p>1. Objetivo</p> <p>Conocer el procedimiento y normas de seguridad a seguir antes, durante y después del funcionamiento del sistema contra rotatorio de la maqueta ilustrativa del motor propfan RB 3011.</p> <p>2. Alcance</p> <p>Utilizar adecuadamente los procedimientos para un manejo seguro y correcto del sistema contra rotatorio dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.</p> <p>3. Normas de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ No exceder el tiempo de operación (10min aprox.) del sistema para prevenir daños estructurales. ➤ Alejarse de todos los componentes móviles para evitar cualquier daño personal y material. ➤ Mantenerse fuera del perímetro de las hélices y del fan durante el funcionamiento para prevenir accidentes (desprendimiento de las hélices). 		

4. Procedimientos para el encendido del sistema contra rotatorio.

Las personas que utilicen el sistema contra rotatorio deberán tomar en cuenta los siguientes procedimientos.

El área donde está ubicada la maqueta ilustrativa debe estar limpia y despejada de elementos ajenos a la misma.

4.1. Antes de la operación

- Realizar un chequeo visual de la estructura y todos los componentes para determinar si se encuentra o no en condiciones de ser operable.
- Verificar que los engranajes de cadena estén centrados.
- Comprobar que los componentes móviles del sistema (planetario y corona) se encuentren en libre movimiento y sin obstrucciones de ninguna clase mediante el giro de una de las hélices.
- Verificar que el switch de encendido se encuentre en la posición off y conectar el enchufe a una toma corriente de 110V.

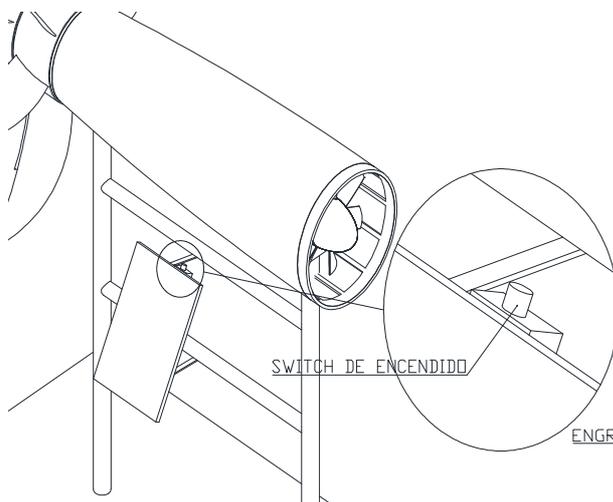


Fig. 1. UBICACIÓN DEL SWITCH DE ENCENDIDO

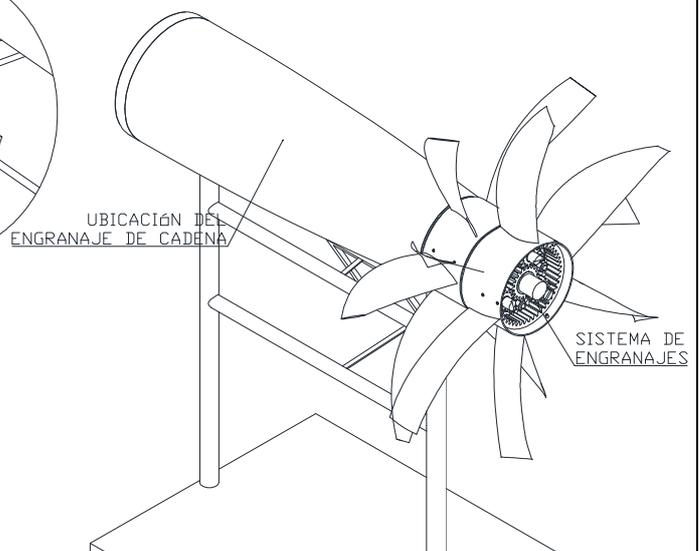
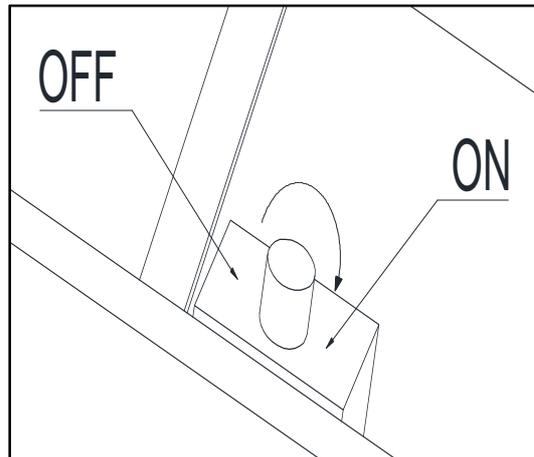


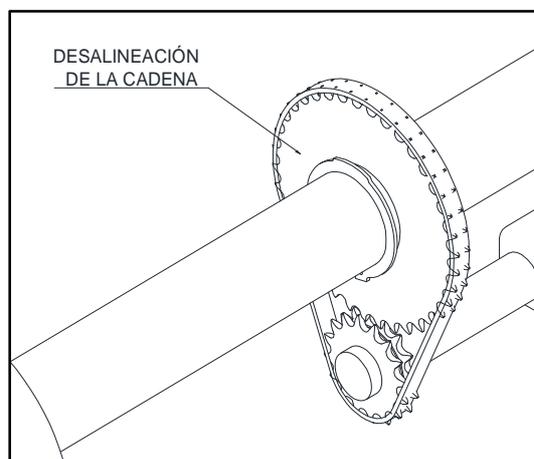
Fig. 2. UBICACIÓN DE LA PUERTA DE ACCESO DE ACCESO

4.2. Durante la operación

- Girar el switch de encendido lentamente hasta que el sistema comience a girar en forma contra rotatoria.

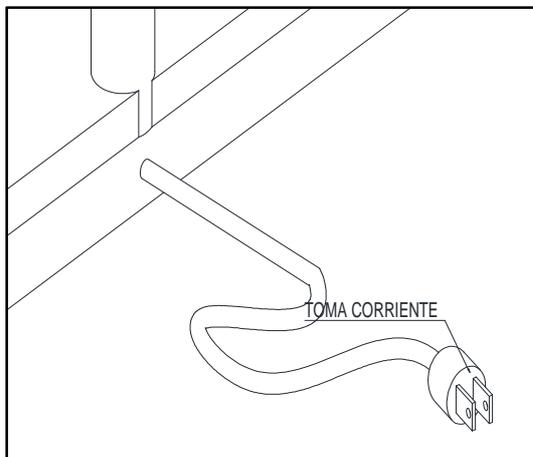


- Si el sistema presenta alguna falla durante su funcionamiento apagarlo o desconectarlo de la fuente de alimentación.

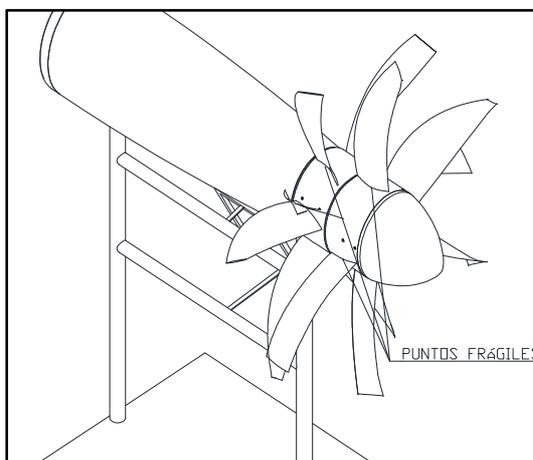


4.3. Después de la operación

- Apagar y desconectar la energía eléctrica.



- Verificar que el conjunto de hélices se encuentren en buen estado y que no existan fracturas en sus extremos inferiores.
- Verificar que los engranajes de cadena se encuentren en buenas condiciones de operación.



3.12.2. Manual de montaje y desmontaje

Contiene los pasos adecuados que se deben seguir para realizar un correcto montaje y desmontaje de los componentes con el objetivo de mantener un funcionamiento óptimo del sistema contra rotatorio.

	MANUAL DE MONTAJE, DESMONTAJE	Pág. 1 de 11
	SISTEMA CONTRA ROTATORIO DEL MOTOR PROPFAN RB 3011	Revisión N° 1
	Elaborado por: Sr. Luis Jácome	Fecha:
	Aprobado por: Tlgo. Alejandro Proaño	
ITSA	MECÁNICA AERONÁUTICA	

1. Objetivo

Conocer el procedimiento de montaje, desmontaje y mantenimiento de la maqueta ilustrativa del sistema contra rotatorio del motor propfan RB 3011.

2. Alcance

Utilizar adecuadamente los procedimientos para un correcto montaje y desmontaje del sistema contra rotatorio dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

3. Normas de seguridad

Las personas antes de realizar el montaje, desmontaje y mantenimiento deberán considerar las siguientes normas de seguridad:

- Utilizar ropa y calzado apropiado (overol y zapatos de trabajo)
- Utilizar la herramienta apropiada.
- Tener precaución con los componentes más vulnerables (hélices)

4. Herramientas

- Llaves de ½"
- Llave de 19 mm
- Pinza para anillos de retención
- Martillo de goma
- Destornillador plano (pequeño)
- Destornillados de estrella (pequeño)
- Llave hexagonal de 1/8"

5. Procedimientos

Las personas que realicen el desmontaje y montaje del sistema contra rotatorio deberán tomar en cuenta los siguientes procedimientos para una correcta manipulación de los componentes.

5.1. Desmontaje

- a. Destornillar con un destornillador de estrella los tornillos (46) que sujetan el domo (45) a la hélice posterior (43).
- b. Utilizando una pinza sacar los anillos de retención (42) que sujetan a los engranajes planetarios (41) y desmontarlos del porta planetas (39).
- c. Con una hexagonal de 1/8" sacar los prisioneros (44) que fijan la hélice posterior (43) y el engranaje de corona (32) al hub posterior (30).
- d. Deslizar hacia atrás con precaución la hélice posterior (43) y el engranaje de corona (32) de su alojamiento.
- e. Destornillar con un plano los tornillos (28) que sujetan la hélice delantera (29) a los discos (26, 27).
- f. Deslizar con cuidado la hélice delantera (29) hacia la parte posterior para desmontarla.
- g. Desmontar el fan (01) deslizándolo hacia adelante.
- h. Aflojar con una llave de 1/2" la tuerca (21) que sujeta el eje fijo (25) a la abrazadera (20) hasta que esta tenga libertad de movimiento.
- i. Con una llave de 1/2" aflojar las tuercas (16) que sujetan al motor (15) que impulsa al eje.
- j. Levantar ligeramente la parte delantera del motor para desacoplar la cadena (09) de los engranajes (11, 14).
- k. Con una pinza deslizar un poco hacia adelante el anillo de retención (10) que sujeta al engranaje de cadena del eje (11) y sacar la bola de retención (12).
- l. Sacar el anillo de retención (02) que fija el eje a la chumacera (04) y el bocín delantero (03).
- m. Deslizar ligeramente el eje (08) hacia atrás hasta sacarlo de la chumacera delantera sosteniéndolo del extremo posterior del eje.
Nota: No sostener el conjunto giratorio.
- n. Sacar la cadena (09), el anillo de retención (10), el engranaje de cadena del eje (11), y el anillo de retención (13).
- o. Desmontar el eje (08) de la estructura deslizándolo completamente hacia la parte posterior y colocarlo en posición vertical con la parte delantera hacia

arriba.

- p. Sacar del eje **(08)** el bocín posterior **(18)** y el anillo de retención **(19)** que lo fija a la chumacera posterior.
- q. Desmontar cuidadosamente el conjunto de hubs deslizándolos hacia la parte superior del eje **(08)**.
- r. Colocar el conjunto en una mesa como se indica en la figura 6.
- s. Desmontar los discos **(26, 27)** que se fijan al hub delantero **(34)**.
- t. Con un martillo de goma golpear el eje fijo **(25)** de manera concéntrica hasta que se desacople del hub delantero **(37)**.
- u. Desmontar el cojinete **(38)** del eje fijo **(25)**.
- v. Con mucha precaución desmontar los cojinetes de rodillos **(24)** del eje fijo **(25)**.
- w. Para el desmontaje del hub posterior **(30)** voltear el conjunto y presionar con precaución en puntos equidistantes del hub posterior hasta que se deslice hacia abajo.
- x. Con una llave 19mm aflojar los pernos **(35)** y tuercas **(37)** que fijan el porta planetas **(39)** al hub delantero **(34)**.
- y. Desmontar el cojinete **(33)** del hub delantero **(34)** con la ayuda de un martillo de goma.

Nota: no desmontar el cojinete **(31)** del hub posterior.

COMPONENTES DE LA MAQUETA ILUSTRATIVA

N°	Descripción
01	Fan
02	Anillo de retención
03	Bocín delantero
04	Chumacera
05	Perno chumacera
06	Arandela chumacera
07	Tuerca chumacera
08	Eje
09	Cadena
10	Anillo de retención
11	Engranaje de cadena eje
12	Bola de retención
13	Anillo de retención
14	Engranaje motor
15	Motor eléctrico
16	Perno motor
17	Fijador
18	Bocín posterior
19	Anillo de retención
20	Abrazadera
21	Tuerca abrazadera
22	Anillo de retención
23	Anillo de retención sol
24	Cojinete de rodillo
25	Eje fijo
26	Disco delantero
27	Disco posterior
28	Tornillos
29	Hélice delantera
30	Hub posterior
31	Cojinete 6219
32	Engranaje de corona
33	Cojinete 6210 delantero
34	Hub delantero
35	Perno planeta
36	Arandela de presión
37	Tuerca planeta
38	Cojinete 6210 posterior
39	Porta planetas
40	Engranaje sol
41	Engranaje planeta
42	Anillo de retención planetas
43	Hélice posterior
44	Prisioneros
45	Domo
46	Tornillos

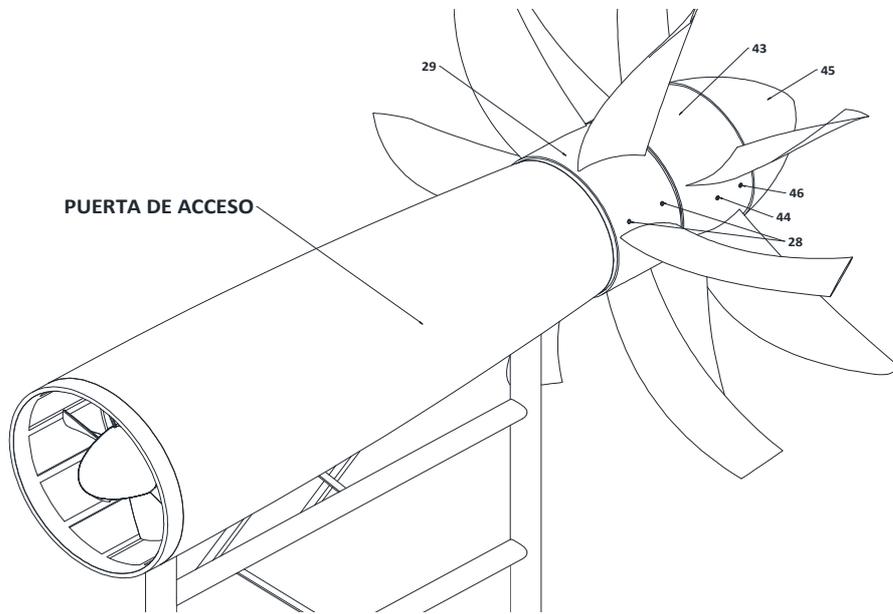


FIG. 1. VISTA DE LA MAQUETA

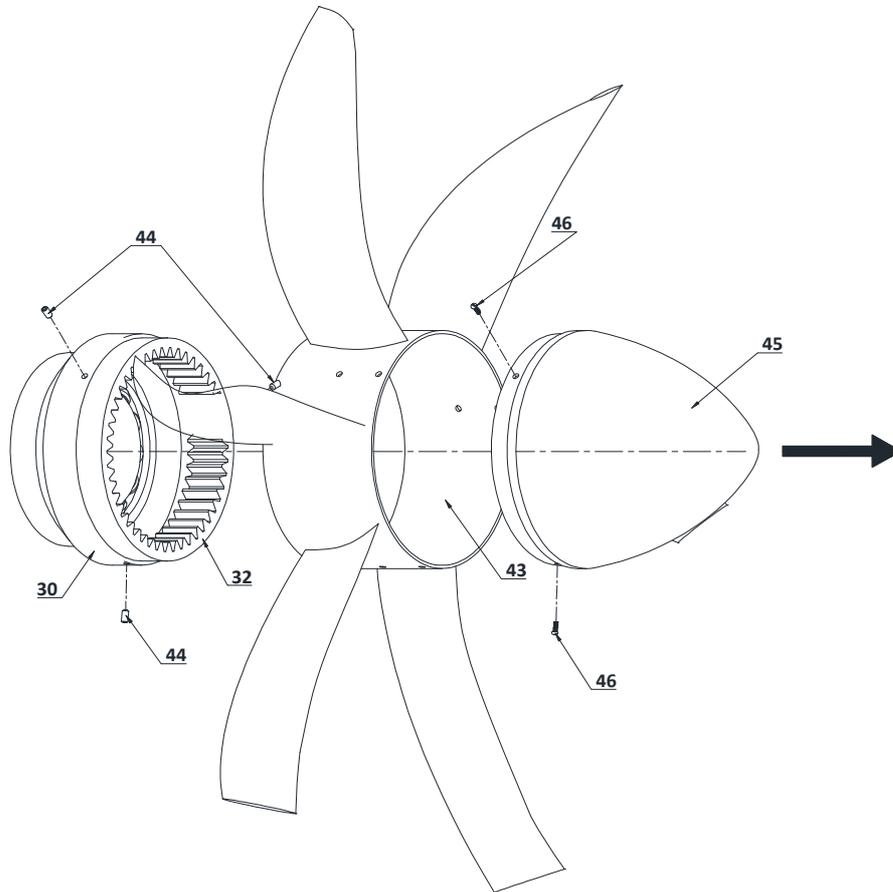


FIG. 2. HÉLICE POSTERIOR

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANDULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN N° 1	
								INTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO			
								TÍTULO: COMPONENTES DEL SISTEMA CONTRA ROTATORIO			
NOMBRE				FIRMA		FECHA		N.° DE DIBUJO			
DIBUJ.		Luis Jácome				Ene-06-14					
VERIF.		Tlgo. Alejandro Proaño									
APROB.		Tlgo. Alejandro Proaño									
FABR.											
CALID.						MATERIAL:					
						PESO:		ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 4	
								A4			

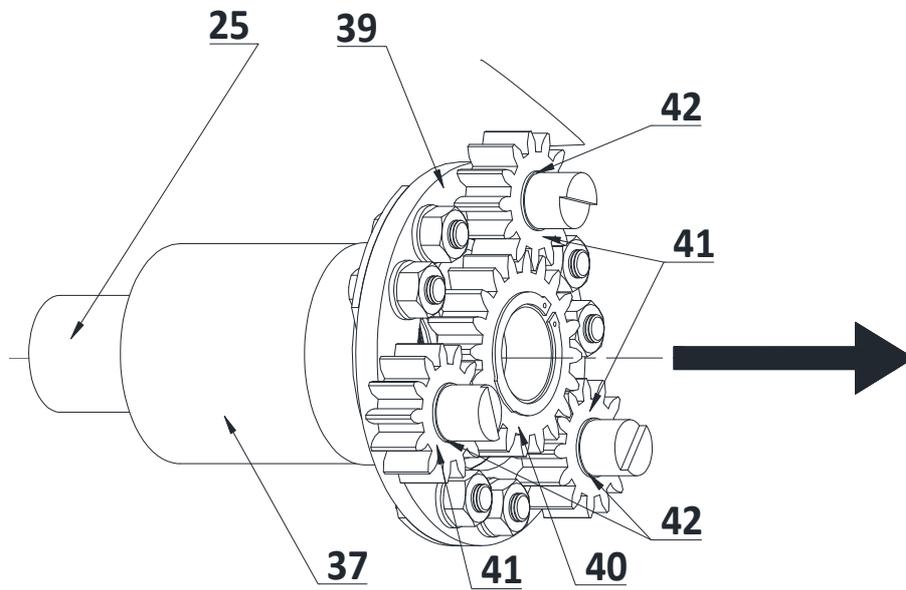


FIG. 3. CONJUNTO DE ENGRANAJES

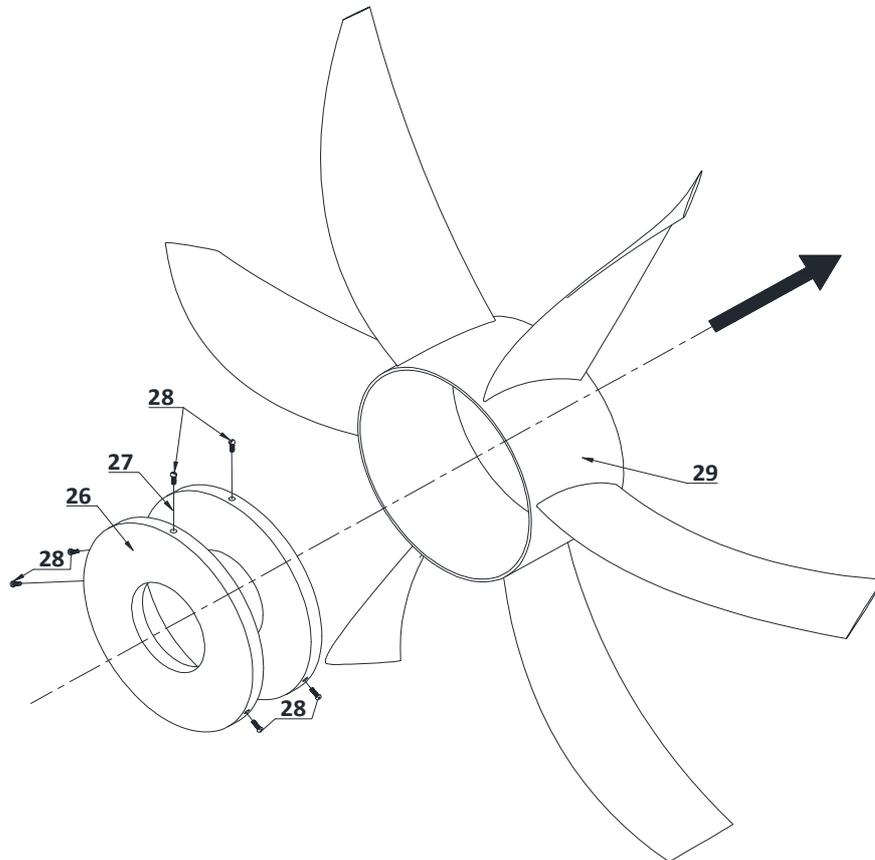


FIG. 2. HÉLICE DELANTERA

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN N°1	
								INTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO			
								TÍTULO: COMPONENTES DEL SISTEMA CONTRA ROTATORIO			
NOMBRE		FIRMA		FECHA				N.° DE DIBUJO			
DIBUJ.		Luis Jácome		Ene-06-14							
VERIF.		Tlgo. Alejandro Proaño									
APROB.		Tlgo. Alejandro Proaño									
FABR.											
CALID.						MATERIAL:					
						PESO:		ESCALA: 1:5		HOJA 2 DE 4	
										A4	

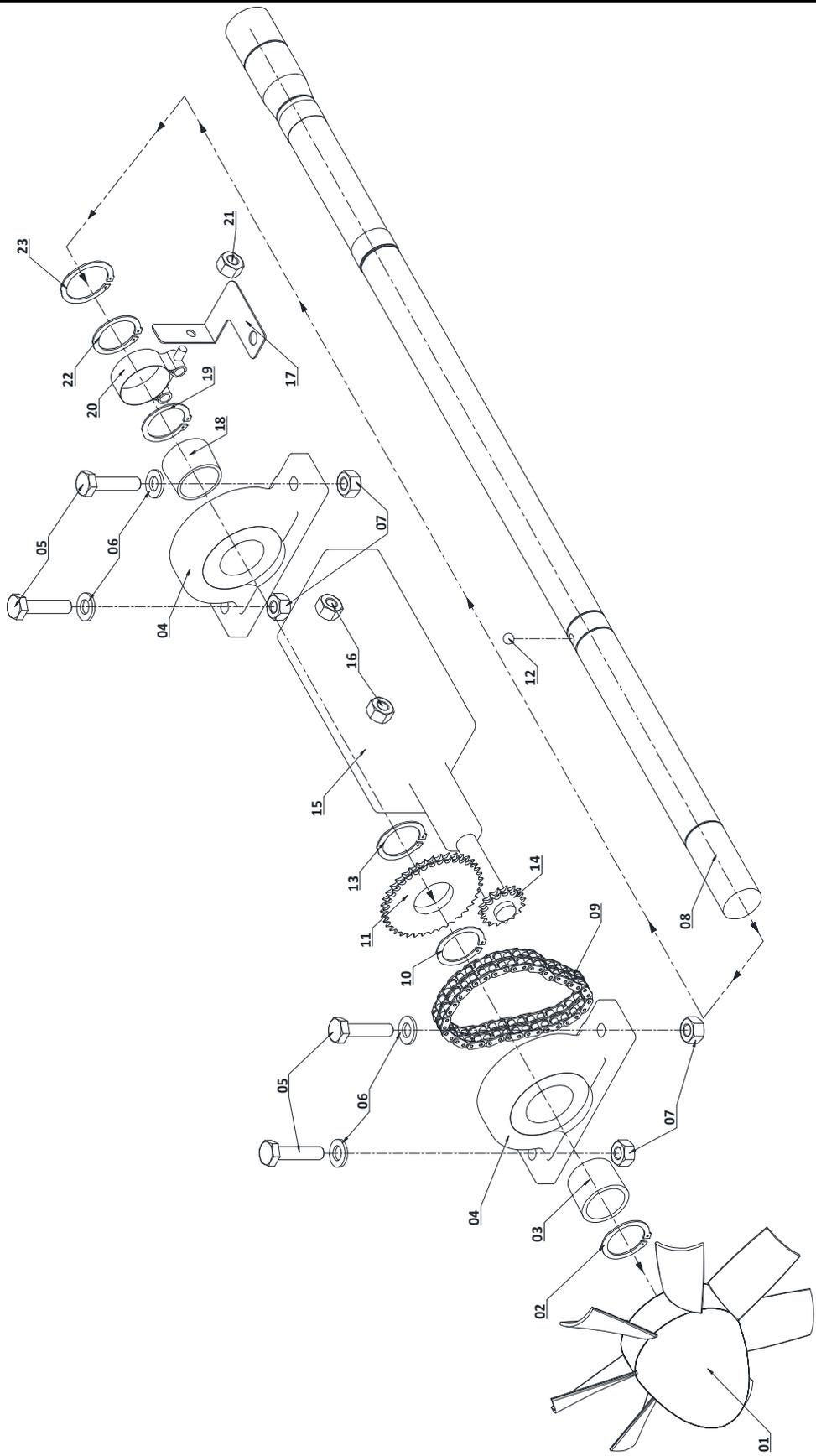


FIG. 5. COMPONENTES INTERNOS EJE

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN N°1	
								INTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO			
								TÍTULO: COMPONENTES DEL SISTEMA CONTRA ROTATORIO			
								N.° DE DIBUJO			
								ESCALA: 1:5			
								HOJA 3 DE 4			
								A4			

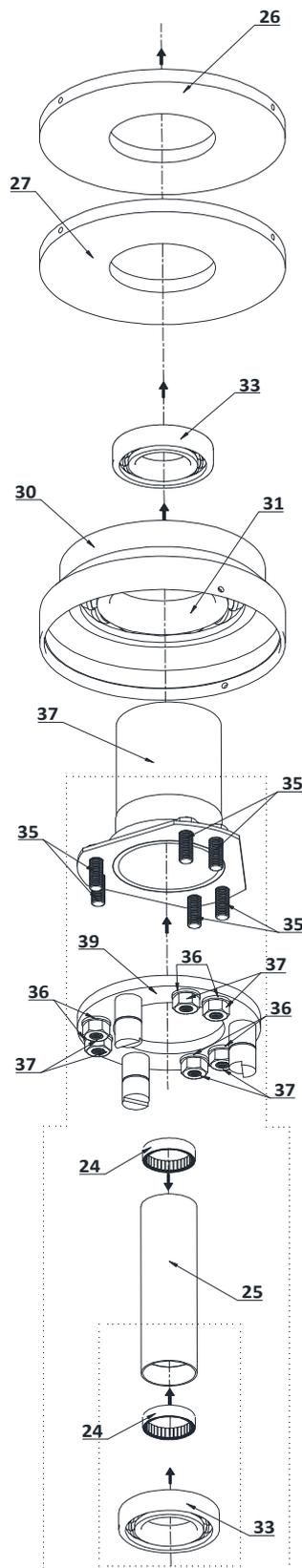


FIG. 2. HÉLICE POSTERIOR

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN N°1	
								INTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO			
								TÍTULO: COMPONENTES DEL SISTEMA CONTRA ROTATORIO			
				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO					
				PESO:		ESCALA: 1:5		HOJA 4 DE 4			
										A4	

5.2. Montaje

- a. Colocar los cojinetes de rodillos (24) en el eje fijo (25) y el cojinete 6210 posterior (38) con la ayuda de un martillo de goma hasta que se acoplen correctamente.
- b. Introducir por la parte posterior del hub delantero (34) el eje fijo (25) y acoplarlo correctamente.
- c. Introducir el cojinete 6210 delantero (33) y acoplarlo al hub delantero (34).
- d. Montar el porta planetas (39) al hub delantero (34) con los pernos (35) y las arandelas de presión (37) y ajustarlo ligeramente con una llave 19mm centrado el hub delantero (34) con el porta planetas (39).
- e. Para colocar el hub posterior (30) voltear el conjunto e introducir el hub presionándolo en dos puntos equidistantes hasta que se acople correctamente.
- f. Voltear el conjunto y colocar los planetas (41) y la corona (32) correctamente para comprobar que estos conjuntos giran libremente sin ningún tipo de obstrucción entre ellos.
- g. Una vez comprobado que tienen libre movimiento desacoplarlos y ajustar correctamente los pernos (35).
- h. En la hélice delantera (29) colocar los discos (26, 27) con sus respectivos tornillos (28).
- i. Montar el conjunto en el eje (08) de manera vertical y colocar el anillo de retención (22) en su posición.
- j. Colocar la hélice delantera (29) en el hub delantero (34).
- k. Colocar el bocín posterior (18) y montar cuidadosamente el eje (08) en la chumacera posterior.
- l. Colocar el anillo de retención (13), el engranaje de cadena (11) la bola de retención (12), el anillo de retención (10), y la cadena (09) respectivamente.
- m. Montar completamente el eje (08) en las chumaceras (04) y colocar el bocín delantero (03) y el anillo de retención (02).
- n. Acoplar correctamente la cadena (09) con los engranajes (11, 14).
- o. Centrar el motor eléctrico (15) y ajustar los pernos (16) que lo sujetan.
- p. Una vez ajustado el motor (15) que impulsa el sistema girar el eje (08) para comprobar que este centrado con el motor (15).

- q. Montar correctamente el engranaje de corona (32), la hélice posterior (43) y sujetarlos con los prisioneros (44).
- r. Colocar los engranajes planetarios (41) con los anillos de retención (42) y comprobar que todo el sistema gira libremente, de no ser así desmontar todo el conjunto y armarlo nuevamente hasta que gire libremente.
- s. Finalmente colocar el domo (45) y sujetarlo con los tornillos (46).

3.12.3. Manual de mantenimiento

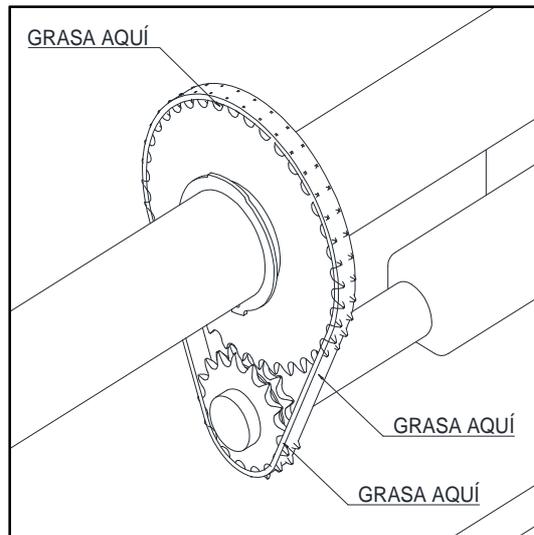
Contiene los pasos adecuados que se deben seguir para realizar tareas de mantenimiento en los componentes con el objetivo de mantener un funcionamiento óptimo del sistema contra rotatorio.

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág. 1 de 3
	SISTEMA CONTRA ROTATORIO DEL MOTOR PROPFAN RB 3011	Revisión N° 1
	Elaborado por: Sr. Luis Jácome	Fecha:
	Aprobado por: Tlgo. Alejandro Proaño	
ITSA	MECÁNICA AERONÁUTICA	
<p>1. Objetivo</p> <p>Conocer el procedimiento para un correcto mantenimiento de la maqueta ilustrativa del sistema contra rotatorio del motor propfan RB 3011.</p> <p>2. Alcance</p> <p>Utilizar adecuadamente los procedimientos para un correcto mantenimiento del sistema contra rotatorio dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.</p> <p>3. Normas de seguridad</p> <p>Las personas antes de realizar el montaje, desmontaje y mantenimiento deberán considerar las siguientes normas de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar ropa y calzado apropiado (overol y zapatos de trabajo) • Utilizar la herramienta apropiada. <p>4. Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grasa LGMT 2 para uso general. 		

5. Mantenimiento

5.1. Mantenimiento Trimestral

- Limpiar del polvo la maqueta.
- Re-engrasar la cadena y sus ruedas.
- Cada vez que el sistema vaya a ser accionado se debe inspeccionar los engranajes de cadena y si es necesario re-engrasarlos.

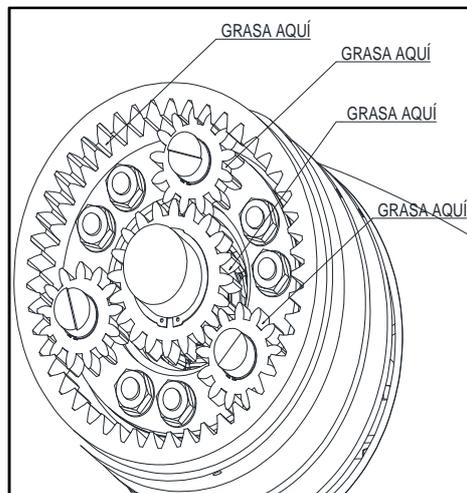


LOCALIZACIÓN DE LA GRASA CADENA

5.1. Mantenimiento semestral

- Desmontar el sistema de engranajes limpiarlo y re-engrasarlo.

La grasa debe ser aplicada en los siguientes puntos:

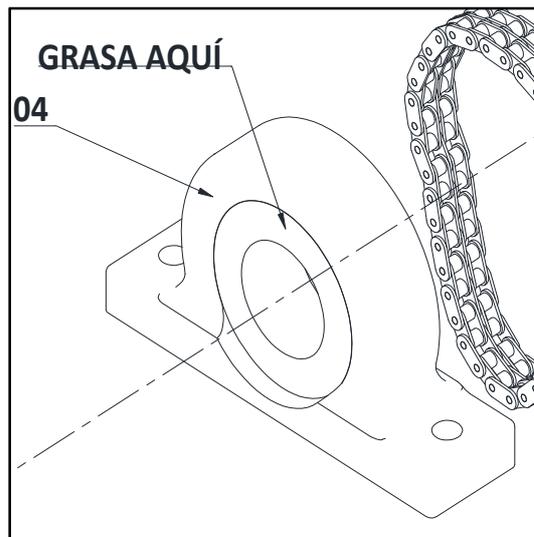


LOCALIZACIÓN DE LA GRASA

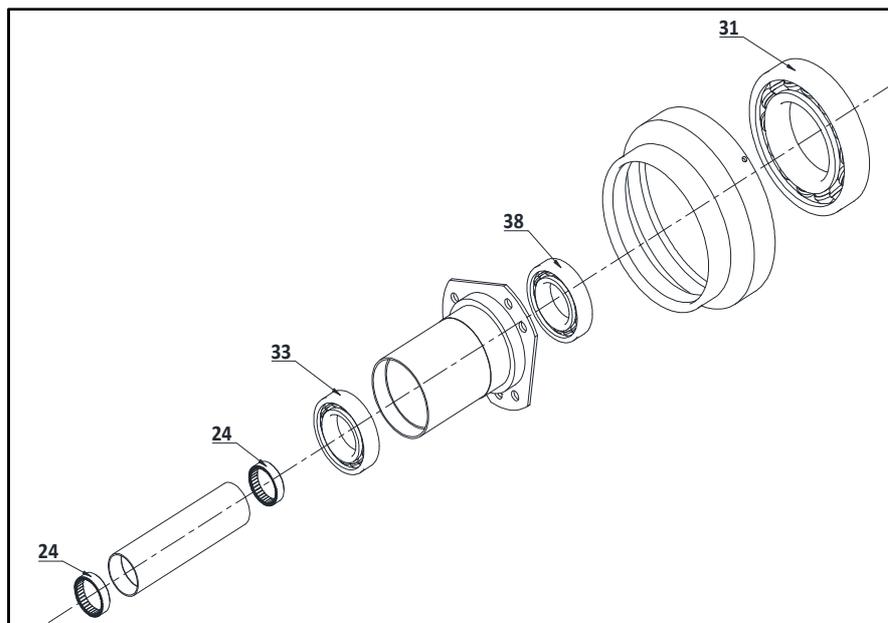
- Cada localización debe tener una cantidad de grasa de por lo menos 8mm de espesor.

5.1. Mantenimiento anual

- Desmontar los componentes y de ser necesario darles tratamiento anticorrosivo.
- Limpiar y re-engrasar los cojinetes (**24, 31, 33, 38**), y las chumaceras (**04**).



LOCALIZACIÓN DE LA GRASA CHUMACERA



LOCALIZACIÓN DE LA GRASA COJINETES

3.13. Estudio económico

La elaboración del proyecto fue económicamente factible ya que se tomo en cuenta los costos de todos los materiales, herramientas y maquinaria utilizados para la construcción del sistema contra rotatorio, los mismos que estuvieron dentro del presupuesto establecido para la elaboración del mismo.

3.13.1. Análisis económico

El análisis económico consideró los costos de cada material en el mercado, las herramientas, maquinaria y equipos empleados para la construcción, además se valora el factor humano tomando en cuenta la mano de obra utilizada.

El costo económico se ha dividido tomando en cuenta los siguientes factores:

1. Costo de investigación.
2. Costo de materiales.
3. Costo de mano de obra.
4. Gastos varios.

3.13.1.1. Costo de la investigación

Comprende los costos de la información recopilada así como el aprendizaje del torno y curso básico de solidworks los cuales son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 3.11: costos de la investigación.

Costo de la investigación			
Cant.	Descripción	V. Unitario	V. Total
5	Información	10	50
100	Aprendizaje de torneado	2	200
40	Introducción a solidworks	2,5	100
Total			350

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome

3.13.1.2. Costo de materiales

Es todos los costos de los materiales adquiridos para la construcción del sistema contra rotatorio los cuales son detallados en la siguiente tabla.

Tabla 3.12: Cantidad y costo de materiales.

Cantidad y costo de los materiales			
Cant.	Descripción	V. Unitario	V. Total
1	Engranaje de corona	150	150
1	Engranaje sol	40	40
3	Engranajes planetarios	40	120
1	Porta planetas	150	150
1	Eje	50	50
2	Rodamiento NTN 6210	30	60
1	Rodamiento FAG 6219	170	170
2	Rodamiento JIS 4021D	24	48
80	lbs. tubo de acero AISI 1213 varios diámetros	0,8	64
1	lbs. lámina de acero AISI 1030	0,8	0,8
1	lbs. varilla de acero AISI 1213	0,4	0,4
6	Pernos M12	0,6	3,6
6	Tuercas	0,4	2,4
1	Abrazadera	7	7
6	Arandelas de presión	0,3	1,8
10	lbs. electrodo 6011	1,5	15
15	lbs. electrodo 6013	2,25	33,75
3	Disco de corte	3,5	10,5
5	Disco de desbaste	4,5	22,5
7	Hoja de Sierra	1,5	10,5
12	Lija	0,7	8,4
3	Cuchilla de widia	25	75
3	Cuchilla de acero rápido	15	45
1	Piedra de esmeril	40	40
6	Brocas	1,8	10,8
Total			1139,45

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.13.1.3. Costo de mano de obra

Comprende el uso de herramientas, maquinas y equipos para operaciones de soldado, corte, medición, fabricación, entre otros, además del diseño de la estructura en computadora, todos y cada uno de ellos para la elaboración del proyecto. La fabricación de los componentes fue ejecutada íntegramente por el Sr. Alfredo Salazar compañero de tesis y mi persona debido a que el costo de la mano de obra sobrepasaba los costos planificados para la ejecución del proyecto.

3.13.1.4. Gastos varios

Contempla todos los gastos necesarios para la realización directa o indirecta del proyecto.

Tabla 3.13: gastos varios.

Gastos varios		
Ítem	Detalle	Valor/USD
1	Transporte y movilización	100
2	Alimentación	100
3	Asesoramiento externo	100
4	Imprevistos	100
5	Impresiones	50
Total		450

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

3.13.2. Gastos totales

Es la inversión total realizada durante todo el proceso de investigación y elaboración del proyecto.

Tabla 3.14: costo total.

Costo total para la elaboración del sistema contra-rotatorio		
Ítem	Detalle	Valor/USD
1	Costo de la investigación	350
2	Costo de materiales	1139,45
3	Gastos varios	450
Total		1939,45

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Luis Jácome.

Cabe destacar que el costo de la mano de obra y construcción de los componentes del sistema contra rotatorio fue subsidiado por el ingeniero Ernesto Quinatoa el cual nos facilito la herramienta y equipos necesarios, el costo total de la elaboración del proyecto se repartió equitativamente con el Sr. Alfredo Salazar compañero de tesis, lo cual izo posible la realización de la misma.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente después de haber terminado satisfactoriamente el proyecto y probar su correcto funcionamiento, se comprobó el cumplimiento de los objetivos trazados al inicio, de la igual forma se plantearon conclusiones y recomendaciones con el propósito de que al sistema contra rotatorio se le dé un adecuado uso y de esta manera contribuir de una manera didáctica al estudio de los motores propfan.

4.1 Conclusiones

- La información recolectada permitió comprender el funcionamiento, desempeño y comportamiento de todos los componentes utilizados en el sistema.
- El diseño del sistema y de sus componentes cumplió con los parámetros de funcionalidad y estética.
- Los materiales utilizados para la elaboración del proyecto cumplieron con todos los requerimientos establecidos además son de fácil adquisición en el mercado local.
- La funcionalidad del sistema fue comprobada con programas exclusivos de diseño mecánico comprobando así la fiabilidad del proyecto.

- Los componentes fabricados son de fácil comprensión y montaje además proporcionan un mejor entendimiento de la funcionalidad del sistema contra rotatorio de una manera muy práctica y sencilla.
- Los procesos de construcción de los componentes no necesitaron procesos de elaboración sofisticados.
- El ensamblaje de los componentes no demanda procedimientos de elevada complejidad ni herramientas sofisticadas pero si de una gran precisión para su correcto funcionamiento.
- El sistema contra rotatorio cumplió satisfactoriamente las pruebas funcionales trabajando eficazmente en la realización del movimiento para el que fue diseñado.

4.2 Recomendaciones

- Tomar todas las medidas seguridad apropiadas para dar un adecuado uso y conservación de la estructura.
- Mantener el espacio donde se encuentra el sistema libre de suciedad y elementos ajenos que limiten o comprometan su correcto funcionamiento.
- No exceder la velocidad de giro para evitar posibles riesgos a la integridad física de los estudiantes y del conjunto.
- Utilizar métodos adecuados de montaje, desmontaje y modificaciones con el fin de evitar daños en los componentes.
- Cumplir con un adecuado mantenimiento del equipo a fin de preservarlo en buen estado y alargar su vida útil.
- Conocer sobre el funcionamiento básico del sistema previo al desmontaje de los componentes.
- Utilizar responsablemente el sistema para evitar lesiones de quien utilice la maqueta.
- Evitar la formación y propagación de corrosión causada usualmente por agentes atmosféricos mediante el uso de productos anticorrosivos.

GLOSARIO

Acero Rápido.- Se denomina acero rápido a la aleación hierro-carbono a la cual se le agrega un elevado porcentaje de tungsteno (13 a 19%), cromo (3.5 a 4.5 %), y de vanadio (0.8 a 3.2 %). Las herramientas construidas con estos aceros pueden trabajar con velocidades de corte de 60 m/min. A 100 m/min. (Variando esto con respecto a la velocidad de avance y la profundidad de corte), sin perder el filo de corte hasta, la temperatura de 600° C.

Aleación.- Producto homogéneo, de propiedades metálicas, compuesto de dos o más elementos.

AISI.- Instituto Americano de Hierro y del Acero.

ANSI.- Instituto Nacional Americano de Estandarización.

AWS.- Sociedad Americana de Soldadura.

CNC.- Control numérico por computadora.

Desbaste.- Quitar las partes más bastas a algo.

Epicycloidal.- Curva descrita por un punto dado de una circunferencia al rodar esta sobre el exterior de otra fija.

Escariar.- Agrandar o redondear un agujero abierto en metal, o el diámetro de un tubo, por medio de herramientas adecuadas.

Escoria.- Materia que, al ser martilleada, suelta el hierro candente.

Helicoidal.- Superficie alabeada engendrada por una recta que se mueve apoyándose en una hélice y en el eje del cilindro que la contiene, con el cual forma constantemente un mismo ángulo.

Hub.- cubo el cual sostiene a la hélice.

Husillo.- Tornillo de hierro o madera que se usa para el movimiento de las prensas y otras máquinas.

Ionización.- Disociar una molécula en iones o convertir un átomo o molécula en ion.

ISO.- Organización Internacional de Normalización.

Mecanizar.- Someter a elaboración mecánica.

Open Rotor.- nombre con el cual actualmente son conocidos los motores propfan.

Polipasto.- Aparejo de dos grupos de poleas uno fijo y otro móvil.

Propfan.- Motor turbopropulsor que mueve una o más hélices. Similar a un turbofan.

Revenido.- Operación que consiste en recocer el acero a temperatura inferior a la del temple para mejorar este.

SAE.- Sociedad de Ingenieros Automotrices.

Templado.- Enfriar bruscamente en agua, aceite, etc., un material calentado por encima de determinada temperatura, con el fin de mejorar ciertas propiedades suyas.

Torica.- Superficie de revolución engendrada por una circunferencia que gira alrededor de una recta fija de su plano, que no la corta.

Transmisión.- Conjunto de mecanismos que comunican el movimiento de un cuerpo a otro, alterando generalmente su velocidad, su sentido o su forma.

UDF.- (Un Ducted Fan) Ventilador sin ducto.

UHB.- (Ultra High Bypass) Alto índice de derivación.

BIBLIOGRAFÍA

- DE SOLLA PRICE, Derek J. (Junio 1959). «An Ancient Greek Computer». *Scientific American*.
- *Enciclopedia de Ciencia y Técnica. Tomo 5 Engranaje*. Salvat Editores S.A. Valencia, Asdrúbal. Tecnología del tratamiento térmico de los metales. Ed. Universidad de Antioquia.
- Sandvik Coromant (2006), Guía Técnica de Mecanizado, AB Sandvik Coromant 2005.10
- I.E.S. “Cristóbal de Monroy”. Dpto. de Tecnología

LINKOGRAFÍA

- www.monografias.com
- www.wikipedia.com
- <http://www.monografias.com/trabajos7/soel/soel.shtml>
- <http://stp.insht.es:86/stp/basequim/007-soldadura-al-arco-el%C3%A9ctrico-con-electrodo-met%C3%A1lico-revestido-exposici%C3%B3n-humos-met%C3%A1licos>
- <http://tittozamora.blogspot.com/2013/08/v-behaviorurldefaultvmlo.html>
- <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn47.html>
- http://www.google.com.ec/#hl=es&client=psy-ab&q=funcionamiento+de+una+engranajes+planetarios&oq=funcionamiento+de+una+engranajes+plane&gs_l=serp.3.0.33i21.76408.107108.1.108775.46.26.5.13.15.0.463.5252.0j18j5j1j2.26.0...0.0...1c.1.8.psy-ab.KpPLBSqOt2g&pbx=1&bav=on.2,or.r_qf.&fp=db02383e828bf928&biw=1366&bih=629
- http://issuu.com/sina_golshany/docs/a_novel_configuration_for_future_narrowbody_aircra
- http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_reacci%C3%B3n
- <http://www.escuadron69.net/v20/foro/index.php?/topic/16020-propfan/>