



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ.**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ.**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TURBORREACTOR Y
MONTAJE EN UN GO KART.”**

AUTOR: CARLOS FABRICIO ESPINOSA MARROQUIN

DIRECTOR: ING. FAUSTO TAPIA.

IBARRA – ECUADOR

2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CERTIFICACIÓN

Ing. Fausto Tapia.

DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADO

Universidad Técnica del Norte

CERTIFICA: Que el señor: Espinosa Marroquín Carlos Fabricio ha trabajado bajo mi tutoría del presente Proyecto de Grado, previa a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, la misma que cumple con la reglamentación pertinente, así como lo programado en el Plan de Proyecto de Grado, y reúne la suficiente validez técnica y práctica, por consiguiente autorizo su certificación.

.....
Ing. Fausto Tapia.
DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Grado se lo dedico a TODA MI FAMILIA, quienes fueron un gran apoyo para concluir de manera satisfactoria este Proyecto.

A MI MADRE, SUSANA, en especial, por haberme apoyado siempre, incondicionalmente, con sus consejos y su confianza en mí, logrando despertar mis mayores capacidades y fortalezas.

A MI PADRE, CARLOS, por apoyarme en los peores y más frágiles momentos.

A MIS TÍOS: DR. GALO ESPINOSA y MARÍA TRUJILLO, por brindarme su apoyo, su paciencia y cariño incondicional, para lograr satisfactoriamente este Proyecto de Grado.

Carlos Fabricio Espinosa Marroquin



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

AGRADECIMIENTOS.

La vida desafía con una gran labor a las personas, dispuestas a concluir con éxito la labor.

Este desafío no hubiese llegado a una culminación exitosa sin el apoyo de manos amigas como:

Técnico CRISTIAN ROSERO, propietario del taller MULTIMARCAS “R&R” y a sus trabajadores, por su apoyo técnico en el transcurso de la construcción del presente trabajo.

A mi tutor ING. FAUSTO TAPIA, por su colaboración en este Trabajo de Grado.

Y, a todos los integrantes de mi familia, que con su apoyo diario, de manera emocional y humana, encontraron fuerzas en mí, para concluir con todas las tareas y objetivos de esta investigación.

Carlos Fabricio Espinosa Marroquin

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I	1
1 CONTEXTULIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.4.1 TEMPORAL.....	2
1.4.2 ESPACIAL.....	2
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.6 OBJETIVOS.....	3
1.6.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPÍTULO II	4
2 MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	8
2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES A REACCIÓN.....	10
2.3.1 ESTATORREACTORES.....	10
2.3.2 PULSORREACTORES.....	11

2.3.3 TURBO REACTORES.	11
2.4 EL AUTOMÓVIL Y EL TURBORREACTOR.	12
2.5 EL TURBORREACTOR.	14
2.5.1 CICLO DE FUNCIONAMIENTO DEL TURBORREACTOR.	15
2.5.2 COMPONENTES BÁSICOS DE UN TURBORREACTOR.	16
2.5.2.1 DIFUSOR DE ADMISIÓN.	17
2.5.2.2 COMPRESORES.	18
2.5.2.3 CÁMARA DE COMBUSTIÓN.	19
2.5.2.5 TURBINA.	19
2.5.2.6 TOBERA DE ESCAPE.	21
2.5.3 SISTEMAS AUXILIARES.	21
2.5.3.1 SISTEMA DE ADMISIÓN DE COMBUSTIBLE.	21
2.5.3.1.1 PROPIEDADES DEL GLP (GAS LICUADO DEL PETRÓLEO).	22
2.5.3.2 SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN.	23
2.5.3.3 SISTEMA DE ENCENDIDO.	25
2.6 EL TURBOCOMPRESOR.	26
2.6.1 FUNCIONAMIENTO DEL TURBOCOMPRESOR.	27
CAPÍTULO III	29
3 METODOLOGÍA.	29
3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	29
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.	29
3.2.1 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.	29
3.2.2 INVESTIGACIÓN PRÁCTICA.	29
3.3 MÉTODOS	30
3.3.1 OBSERVACIÓN CIENTÍFICA.	30
3.3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	30
3.4 TEÓRICOS.	30
3.4.1 INDUCTIVO.	30
3.4.2 HISTÓRICO	30

3.4.3 LÓGICO	30
CAPÍTULO IV	31
4 CONSTRUCCIÓN DEL TURBORREACTOR.	31
4.1 DISEÑO DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN.	31
4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN.	33
4.2 DISEÑO DE LA TOBERA DE ESCAPE.....	51
4.2.1 CONSTRUCCIÓN DE LA TOBERA DE ESCAPE	52
4.3 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN PARA EL TURBO COMPRESOR.	59
4.4 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO.	63
4.5 CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS DEL TURBORREACTOR.	66
4.6 ENCENDIDO DEL TURBO REACTOR.	70
4.6.1 PASOS PARA EL ENCENDIDO DEL TURBORREACTOR.....	70
4.7 RESPUESTAS A INTERROGANTES.....	77
4.8 GLOSARIO DE TÉRMINOS.	78
CAPÍTULO V	77
5 MARCO ADMINISTRATIVO.	77
5.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	77
5.2 RECURSOS.	78
5.2.1 RECURSOS HUMANOS.	78
5.2.2 RECURSOS INSTITUCIONALES.....	78
5.2.3 RECURSOS ECONÓMICOS/PRESUPUESTO.	78
CAPÍTULO VI	80
6.1 CONCLUSIONES.....	80
6.2 RECOMENDACIONES.	80
6.3 BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	86
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	90
CONSTANCIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Estatorreactor.....	10
FIGURA 2: Pulsorreactor.	11
FIGURA 3: Turborreactor.....	12
FIGURA 4: Thrust SSC.....	13
FIGURA 5: Thrust SSC II.....	14
FIGURA 6: Ciclo Brayton.	16
FIGURA 7: Componentes básicos de un turborreactor.....	17
FIGURA 8: Difusor de admisión.	18
FIGURA 9: Fotografía del rotor del compresor del Rolls-Royce Nene.....	19
FIGURA 10: Figura de una cámara de combustión.	19
FIGURA 11: Turbina.	20
FIGURA 12: Fotografía de la tobera de escape del Rolls-Royce Nene.....	21
FIGURA 13: Tanque de almacenamiento de GLP.	23
FIGURA 14: Sistema de lubricación y refrigeración.	25
FIGURA 15: Sistema de encendido bobina-bujía.....	26
FIGURA 16: Turbo compresor automotriz.	27
FIGURA 17: Funcionamiento del Turbo compresor.	28
FIGURA 18: Diseño camisa de la cámara de combustión.	32
FIGURA 19: Diseño difusor de aire de la cámara de combustión.....	32
FIGURA 20: Corte de piezas.	33
FIGURA 21: Torneado de piezas.	33
FIGURA 22: Perforación del asiento de la cámara de combustión.....	34
FIGURA 23: Desbaste del asiento de la cámara de combustión.	34
FIGURA 24: Presentación del asiento de la cámara de combustión.	35
FIGURA 25: Delimitación base del difusor de la cámara de combustión.....	35
FIGURA 26: Torneado del anillo de la camisa de la cámara de combustión.....	36

FIGURA 27: Perforación del anillo y base de la cámara de combustión.	37
FIGURA 28: Perforación del acople de bujía.....	37
FIGURA 29: Torneado del acoplé de bujía.....	38
FIGURA 30: Presentación del acoplé de bujía.	38
FIGURA 31: Fijación del acoplé de bujía en la base del difusor de la cámara de combustión.	39
FIGURA 32: Corte del tubo de la camisa de la cámara de combustión.	39
FIGURA 33: Señalización del tubo de la camisa de la cámara de combustión.	40
FIGURA 34: Corte del tubo de la camisa de la cámara de combustión.	41
FIGURA 35: Tubo en corte de la camisa de la cámara de combustión.	41
FIGURA 36: Corte pestañas en la camisa de la cámara de combustión.	42
FIGURA 37: Punteado de la camisa de la cámara de combustión.	43
FIGURA 38: Suelda de la camisa y asiento de la cámara de combustión.	43
FIGURA 39: Punteado y soldadura del anillo soporte con la camisa de la cámara de combustión.	44
FIGURA 40: Corte del difusor de la cámara de combustión.	45
FIGURA 41: Señalización de las perforaciones en el difusor de la cámara de combustión.	46
FIGURA 42: Perforación del difusor de la cámara de combustión.	47
FIGURA 43: Presentación del difusor perforado de la cámara de combustión.....	47
FIGURA 44: soldadura entre el difusor y la base de la cámara de combustión.....	48
FIGURA 45: Desbaste y presentación de la base-difusor de la cámara de combustión.	49
FIGURA 46: Ubicación y soldadura de la entrada del combustible en la cámara de combustión.....	49
FIGURA 47: Presentación de la entrada del combustible en la cámara de combustión.	50
FIGURA 48: Doble en el tubo de admisión de aire a la cámara de combustión.	50
FIGURA 49: Soldadura del tubo de admisión de aire a la camisa de la cámara de combustión..	51
FIGURA 50: Presentación final de la cámara de combustión.	51
FIGURA 51: Diseño de la tobera de escape y asiento.	52
FIGURA 52: Corte del tubo para la tobera de escape.....	53
FIGURA 53: Torneado de la base de la tobera de escape.	53
FIGURA 54: Señalización y perforación de la base de la tobera de escape.	54

FIGURA 55: Delineación del tubo de la tobera de escape.	54
FIGURA 56: Corten de las pestañas del tubo para la tobera de escape.	55
FIGURA 57: Presentación en corte del tubo para la tobera de escape.	56
FIGURA 58: Moldeo y punteado del tubo de la tobera de escape.	57
FIGURA 59: Suelta de las pestañas y base de la tobera de escape.	58
FIGURA 60: Presentación de la tobera de escape.	58
FIGURA 61: Diseño del sistema de lubricación y refrigeración.....	59
FIGURA 62: Bomba hidráulica del sistema de lubricación y refrigeración.	60
FIGURA 63: Radiador del sistema de lubricación y refrigeración.	60
FIGURA 64: Reservorio de aceite, del sistema de lubricación y refrigeración.....	61
FIGURA 65: Componentes del sistema motriz del sistema de lubricación y refrigeración.	62
FIGURA 66: Sistema de lubricación y refrigeración.	62
FIGURA 67: Diseño del sistema de encendido.	63
FIGURA 68: Bobina del sistema de encendido.	64
FIGURA 69: Distribuidor del sistema de encendido.	65
FIGURA 70: Bujía del sistema de encendido.	65
FIGURA 71: Interruptores del sistema de encendido.	66
FIGURA 72: Sistema de encendido.....	66
FIGURA 73: Piezas del chasis del turborreactor.	67
FIGURA 74: Ubicación turbo compresor	67
FIGURA 75: Soldadura bases del chasis.	68
FIGURA 76: Presentación del chasis con el turborreactor.	68
FIGURA 77: Presentación del chasis y go-kart.	69
FIGURA 78: Chasis del turborreactor y sus sistemas auxiliares.	69
FIGURA 79: Presentación turborreactor y sus sistemas auxiliares.	70
FIGURA 80: Panel de control.	71
FIGURA 81: Encendido motor eléctrico.....	71
FIGURA 82: Elementos motrices.....	72
FIGURA 83: Reservorio de aceite.	72

FIGURA 84: Inicio sistema de encendido.....	73
FIGURA 85: Apertura llaves de combustible.	73
FIGURA 86: Compresor de aire.	74
FIGURA 87: Arranque turborreactor.....	75
FIGURA 88: Calentamiento turborreactor.	75
FIGURA 89: Arranque turborreactor.....	76
FIGURA 90: Prueba cámara de combustión.	86
FIGURA 91: Prueba turborreactor sin tobera de escape.	86
FIGURA 92: Prueba turborreactor sin tobera de escape.	87
FIGURA 93: Prueba turborreactor con tobera de escape.	87
FIGURA 94: Lista de asistentes a la socialización.	88
FIGURA 95: Socialización del tema.	89
FIGURA 96: Socialización con los alumnos.	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Propiedades aproximadas del gas licuado de petróleo.....	22
TABLA 2: Cronograma de actividades.....	77

RESUMEN

Este Proyecto es el diseño y construcción de un turborreactor, tomando como base un turbo compresor automotriz. Para el desarrollo de este Proyecto se utilizó técnicas de investigación como: método inductivo, requerido como herramienta; la investigación bibliográfica. Partiendo desde los conceptos y la tecnológica de un turborreactor y sus diferentes sistemas, con el fin de entender, y así lograr un diseño fiable. Después de presupuestar los gastos, se puso en marcha el proceso de diseño y construcción total de la cámara de combustión y la tobera de escape, y una construcción parcial de los sistemas de lubricación y refrigeración, eléctrico y encendido. Igualmente, se tuvo que mecanizar y adaptar partes para el funcionamiento correcto de cada uno de los sistemas, tomando en cuenta que este Proyecto es netamente experimental. Realizados estos procesos, se efectuó pruebas de trabajo para determinar el correcto funcionamiento. Concluyendo que, el turborreactor cuenta con las características correctas de funcionamiento y factores de seguridad. Se considera un aporte didáctico para la implementación del taller. Para respaldar el trabajo que se realizó, se complementa una propuesta que consiste en una guía de encendido y buen uso del turborreactor.

ABSTRACT

This project is the design and construction of a turbojet based on an automotive turbocharger. For developing this project research techniques was used as requiring inductive method as a tool; library research. Starting from the technological concepts and turbojet and different systems in order to understand and achieve a reliable design. After spending budget was implemented the design process and complete construction of the combustion chamber, the exhaust nozzle and a partial construction of lubrication and cooling systems, electrical and ignition. Also had to be machined and adapt parts for proper operation of each of the systems, taking into account that this project is purely experimental. Made these processes work tests was performed to determine proper operation. Concluding that, the turbojet has the correct operating features and safety factors is considered an educational contribution to the implementation of the workshop. To support this work that has made a proposal consisting of a guide to great use on and is complemented turbojet.

INTRODUCCIÓN

Por medio de este Proyecto de Grado, se dota al lector de los conocimientos técnicos, diseño, construcción y encendido de un turbo reactor.

Capítulo I.- Se encontrará de forma más detallada y específica el planteamiento de nuestro Proyecto y los objetivos del mismo.

Capítulo II.- Los conceptos básicos y necesarios que se relatan son indispensables, para tener una idea clara sobre aspectos fundamentales del funcionamiento, clasificación y el uso de un turbo reactor en un vehículo.

Capítulo III.- En este se encuentran los procesos metodológicos y de investigación, que fueron utilizados para el desarrollo del Proyecto.

Capítulo IV.- En este se encuentra el diseño y construcción de un turborreactor detallado paso a paso. También se encuentran las respuestas a las interrogantes formuladas en la socialización a los estudiantes.

Capítulo V.- Exhibe el cronograma trazado para la realización del Proyecto, el lugar de desarrollo y el presupuesto del mismo.

Capítulo VI.- Se presenta una Guía, paso a paso, del encendido y buen uso del turbo reactor, de manera detallada y entendible. Las conclusiones y recomendaciones realizadas en este trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA.

1.1 ANTECEDENTES

La idea de utilizar el empuje de reacción para generar propulsión no es nueva. Aproximadamente hace unos 2000 años, Hero de Alejandría diseñó un modelo de turbina de vapor. Desde el siglo XII A.D. los chinos han manejado cohetes de pólvora.

El principio del empuje a reacción fue descrito por Sir Isaac Newton en sus leyes de la dinámica en 1687. En el año 1791, un siglo después, fue concedido el primer patente de una turbina de gas a John Barber de Inglaterra. Esto ocurrió casi 100 años antes de que los materiales necesarios, los diseños, y las técnicas de fabricación facilitaran construir una turbina bajo esa patente.

Los primeros motores de embolo utilizaban un pequeño motor de gas que accionaba una hélice grande, para ayudar a acelerar el aire para generar empuje.

Durante los años 30, Hans von Ohain ingeniero alemán, y Frank Whittle ingeniero inglés, diseñaban un tipo de motor nuevo, basados en la patente de diseño de John Barber, cada uno con sus principios y por separado. Hacia 1938, Hans von Ohain y su mecánico Max Hahn habían logrado diseñar y construir un motor a propulsión, realizando pruebas de vuelo de un avión de propulsión a chorro. El diseño de Frank Whittle, también incluía, una hélice o rotor interna accionada por una turbina con un combustor. Su avión de propulsión a chorro voló con éxito en 1941. De esta manera la era de la propulsión a chorro dio inicio gracias a las dos naciones Inglaterra y Alemania.

Desde entonces, a los motores a reacción se le han realizado muchas reformas y variaciones al diseño original. Además, estas mejoras han logrado que los motores de propulsión a chorro sean más eficientes logrando fabricar aviones de

mayor envergadura y de mayor eficiencia. (Sistemas de propulsión aeronáutica, 2012)

El uso de los motores a reacción en el automovilismo se inició con el fin de romper records velocidad en las carreras drag de $\frac{1}{4}$ de milla, en Estados Unidos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El problema de investigación es la necesidad de diseñar y construir un turborreactor, para dar a conocer este tipo de motor, debido a la poca información sobre estas máquinas.

Este tipo de motor consta con una abundante historia, la cual se debe delimitar y exponer para lograr así un mayor conocimiento sobre los turbo reactores; también la ingeniería, la ciencia y todo el estudio que se ha volcado sobre estos motores, los que han llamado la atención para topar el tema de los turborreactores.

Debido a estos problemas e inquietudes es que se ha decidido diseñar y construir un turborreactor y montar sobre un go kart, para lograr con esto una mayor extensión del conocimiento e información sobre este tipo de máquinas, tecnología y la forma de movimiento, que con esta se puede obtener.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Cómo diseñar, construir un turborreactor y montar en un go kart?

1.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1 TEMPORAL.

La referida investigación se desarrollará en el período comprendido entre Julio/2012 hasta Febrero/2015.

1.4.2 ESPACIAL.

La investigación se desarrollará en la provincia de Imbabura, en la ciudad de Ibarra, en los TALLERES MUTIMARCAS R & R

1.5 JUSTIFICACIÓN.

La razón de la investigación sobre este tema se enfoca en desarrollar de un motor de propulsión “turborreactor”, tomando en cuenta todos los criterios que brinda la mecánica para su diseño, fabricación y experimentación.

Este es un motor que permite la difusión de información sobre este tipo de propulsión y dar la posibilidad de que a base de este, se puedan desarrollar vehículos con mejores prestaciones y capacidades.

Un turborreactor es un verdadero proyecto de investigación y desarrollo de conocimientos tecnológicos, físicos, químicos, materiales e ingeniería, que pueden ser posteriormente difundidos a los estudiantes y personas que les apasione el mundo motor. Se debe recordar que una gran parte de adelantos tecnológicos, incorporados en los vehículos de combustión interna, fueron desarrollados en prototipos para competencias automovilísticas, que en ocasiones se utilizan turborreactores para alcanzar mayores velocidades de competencia.

1.6 OBJETIVOS.

1.6.1 OBJETIVO GENERAL.

DISEÑAR Y CONSTRUIR UN TURBORREACTOR Y MONTAJE EN UN GO KART.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar investigación bibliográfica sobre los turborreactores.
- Diseñar y construir el turborreactor.

- Realizar diferentes experimentaciones y comprobaciones de funcionamiento y fiabilidad del turborreactor.
- Montar el turborreactor, el go kart, y realizar las pruebas de propulsión y movimiento.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO.

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

Los aparatos propulsados por reacción son una idea que rodean la cabeza del ser humano mucho más antes de que Newton enunciara su famosísima ley de acción y reacción de lo que se puede suponer.

Principio de Acción y Reacción (Tercera Ley de Newton): A toda fuerza se opone otra igual y de sentido contrario. Cuando un cuerpo (partícula o grupo de partículas) interacciona con otro cuerpo (partícula o grupo de partículas), la fuerza que ejerza el primero sobre el segundo es igual y de sentido opuesto a la que este ejerce sobre el primero.

La concepción de máquinas basadas en esta ley física estuvo sujeta a la invención de cohetes de propelente sólido durante siglos, un mecanismo muy impresionante pero de mínima utilidad en la realidad. La primera patente de una turbina de gas fue obtenida por John Barber en 1792, una máquina que no prosperó más allá del diseño en papel, debido al no ofrecer posibilidades prácticas en la realidad. Esta invención se utilizó en máquinas donde su peso no importara como locomotoras y buques.

Sin embargo, a fines del siglo pasado, algunos visionarios de la rama aeronáutica se arriesgaron a utilizar turbinas en sus diseños, específicamente

turbinas alternativas, que en ese entonces habían alcanzado su máximo desarrollo. Entre ellos están los visionarios, Ader y Henson.

A comienzos de este siglo, empezó a desarrollarse a pasos agigantados el vuelo mecánico, con la aparición del motor de combustión interna, obteniendo resultados satisfactorios con la propulsión del motor de pistón de encendido eléctrico.

Paralelamente a la invención y mejoramiento del motor de combustión interna, pocos ingenieros e inventores empleaban dinero y horas de estudio a la idea de la propulsión a reacción, pues ningún Gobierno o entidad privada mostró interés en estos artefactos, ya que demostraban una en clara desventaja con las máquinas que se gestaban en esos años.

Las primeras pruebas con reactores se limitaron al estudio de diferentes diseños de toberas y al empleo de los gases de la combustión. En 1908, el francés René Lorin, pretendió utilizar, aunque erradamente los gases de escape de un motor de combustión interna, pero la energía obtenida era muy inferior a la disponible en el eje del cigüeñal, obligando al autor a desechar el proyecto, teniendo en cuenta que obtuvo significativos avances en el conocimiento en la utilización de toberas, que en 1913 le permitieron concretar un aparato funcional, calificado actualmente como el antecesor del moderno estator reactor.

A mediados de la primera guerra mundial, otro francés, O. Morize y un británico H. Harris, plantearon en forma independiente el empleo de un compresor, accionado mecánicamente en el que los gases de la combustión pasaban a través de una tobera, para obtener la fuerza propulsora deseada.

Cada uno, por su lado, coincidieron en la utilización de un compresor para proporcionar al aire una cierta presión y subsiguiente inyección en una o varias toberas, al mismo tiempo que se inflamaba el combustible atomizado. Harris fue bastante original con su dispositivo, ya que empleo un compresor centrífugo y su diseño lograba quemar una diversa variedad de combustibles, entre ellos, carbono en polvo. Además, su diseño fue bastante revolucionario, lograba

orientar la salida de gases, contribuyendo a una mejoría en el control de la aeronave.

En las décadas del '20 y del '30, aumentaron los intentos para obtener resultados prácticos, con estatorreactores y los pulsorreactores. En 1928, el inventor alemán Paul Schmidt, investigó el proceso de combustión intermitente, y fue quizás el primer estudioso de la propulsión de reacción, que recibió una financiación monetaria por parte del estado, subsidio que duró hasta el final de la segunda guerra mundial, y que asignó el gobierno alemán, con la puesta a punto de la planta de poder de las famosas V-1. Por aquel entonces, Robert Goddard, Herman Oberth y otros, escribían el primer capítulo de la era de los cohetes, mediante el empleo de propelentes líquidos.

En enero de 1930, fue concedida la patente a un oficial de la RAP Frank Whittle, el primer hito importante en la historia de los turborreactores. En ella, se proponía el desarrollo de un motor de reacción compuesto por un compresor axial-centrífugo, que era accionado por una turbina mediante los gases obtenidos de varias cámaras de combustión.

Este fue el primer motor de reacción concebido para remplazar al motor de combustión interna, en la propulsión de aviones. El proyecto Whittle era adelantado por su diseño y no le mostraron interés en su diseño. La voluntad de Whittle y sus seguidores hizo que crearan una compañía privada, la Power Jet, que con un capital de 2000 libras esterlinas comenzó la fabricación del prototipo, que funcionó con un relativo éxito el 12 de abril de 1937. El primer avión británico impulsado por un turborreactor realizó su primer vuelo el 15 de mayo de 1941 debido a los continuos perfeccionamientos en la patente de Whittle.

Los alemanes con un nivel teórico menor al de los ingleses en este campo, no estuvieron sujetos a la miopía oficial que tuvo el proyecto de Whittle en los primeros años. Poco antes del año 1935, un estudiante de física avanzada de la Universidad de Goettingen -Hans Von Ohain-, se interesó en la propulsión de aeronaves con turbinas de gas y obtuvo diversas patentes de ingenios similares al motor Whittle. En aquellos años, el constructor aeronáutico Ernest Heinkel,

también demostró interés en el diseño de un avión de alta velocidad, pues, conociendo las restricciones del motor convencional y las hélices, investigaban una nueva planta motriz para sus proyectos.

Hacia 1936 Heiniken había apoyado con entusiasmo las ideas de Warner Von Praun, en el sentido de que en un futuro cercano el cohete de propelente líquido constituiría la planta motriz de todo avión que intentase superar los 700 km/h, lo que se quiso demostrar con el He-176. Sin embargo, el temor del Ministerio del Aire Alemán y los sucesivos accidentes hicieron pensar a Heiniken que, ya era hora de buscar un proyecto menos inseguro para sus pilotos de prueba. Pero, Von Ohain decidió construir un motor que tendría como finalidad demostrarle a cualquier eventual detractor, los principios de funcionamiento de la reacción. El dispositivo lo realizó el mismo Von Ohain, a un costo de 50.000 marcos de entonces, y obtuvo resultados discretos, pues el empuje logrado fue de solo 249kg, usando hidrógeno como combustible.

El primer motor fue ensayado en vuelo en 1938, un año después que el motor de Whittle, suministrando menos empuje que el pronosticado, lo que obligó a incrementar modificaciones, que dieron como resultado un compresor de menor tamaño.

Más tarde, un motor Heiniken He 5-3b de 360 kg, desarrolló 500 kg de empuje y constituyó la planta de poder del H-178, con lo que, el capitán Warsitz voló el 24 de agosto de 1939. Este fue el primer vuelo realizado por un avión propulsado por turborreactor, que luego de diversas pruebas alcanzó a desarrollar una velocidad máxima de 700km/h.

Un año más tarde, un caza experimental de la Heinkel, el He-280, alcanzó los 800km/h., impulsado por dos motores He-S-8 de 594kg. De empuje.

Pero la II Guerra Mundial ya había comenzado, y el alto mando alemán pronosticaba que finalizaría pronto, con la victoria germana asegurada. Hitler había prohibido expresamente que, ningún experimento distrajera los esfuerzos de producción de los modelos, que ya habían demostrado capacidad de combate.

A pesar de esa negativa oficial para brindar apoyo a aquellos proyectos que interfirieran con la producción establecida, a comienzos de la década del 40, el programa de motores a reacción ya estaba establecido. Tanto en la Heinkel como en la Junkers, Daimler-Benz y BMW-Bramo tenían respectivos programas, destinados al estudio e investigación de turborreactores para la aviación. Los ensayos prosiguieron hasta que, en 1942 voló el prototipo, del que luego sería el primer caza con turbinas en entrar en combate, el Messerschmitt Me-262.

Pero poco faltaba para que llegase la hora de la derrota del tercer Reich, y el motor de reacción obtuvo el honor de ser el último dispositivo técnico, en el cual los alemanes alentaron la esperanza de recuperar una superioridad que alguna vez fue suya.

En el desenlace de la II Guerra Mundial, los alemanes asombraron nuevamente al mundo, cuando en el otoño de 1944, apareció el primer caza de reacción construido en serie el Me 262, provisto de dos turborreactores Jumo 004 de flujo axial y 900 kg de empuje cada uno, que le permitían alcanzar una velocidad horizontal cercana a los 900km/h. A partir de entonces, empezaron a exhibirse diversas tendencias en la notable evolución que experimentaron estas plantas de poder.

(Lukascheuski, 2011)

2.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.

Un motor a reacción es un sistema propulsivo, cuyo principio de funcionamiento está basado en la aplicación de la Segunda y la Tercera Ley de Newton:

1ª Ley de Newton: Todo cuerpo permanece en estado de reposo o velocidad constante (aceleración = 0), cuando se le deja libre sin que actúe ninguna fuerza sobre él.

2ª Ley de Newton: El incremento de la cantidad de movimiento es igual a la impulsión de la fuerza aplicada y tiene la misma dirección que aquella. Puede expresarse también diciendo que, la fuerza total ejercida sobre un cuerpo es igual al producto de su masa por su aceleración.

3ª Ley de Newton: A toda acción de una fuerza, hay una reacción igual actuando en la misma dirección pero en sentido contrario.

(Sistemas de propulsión aeronáutica, 2012)

Los motores de reacción son máquinas térmicas que transforman la energía de los propulsores (combustible y aire atmosférico) en energía cinética del chorro de gases que las atraviesan.

Entonces, podemos considerar que los motores a reacción son todos aquellos que utilizan una serie de gases, que expulsados a gran velocidad y presión, ejercen una fuerza en sentido contrario, que podríamos llamar impulso o avance.

La forma como se produce el funcionamiento de un motor de reacción es:

- El aire que incide en la entrada del motor se comprime debido a su velocidad, y por la forma divergente, en el conducto de admisión del motor antes de entrar en el compresor.
- En los compresores, movidos a través de ejes internos por las turbinas, mediante el suministro de trabajo, elevan considerablemente la presión del aire que había entrado en él.
- El aire comprimido es decelerado convenientemente al pasar por el difusor pre-cámaras, antes de ser introducido en las cámara(s) de combustión, donde mezclado convenientemente con el combustible que es inyectado en ellas, hace arder a este a una presión prácticamente constante, pero elevando enormemente la temperatura de los gases resultantes por el calor, generado durante la combustión.
- Los gases de combustión, a una elevada presión y temperatura, se hacen pasar por las turbinas, donde parcialmente se expansionan, extrayéndoles así el trabajo necesario para mover los compresores, los accesorios del motor.
- Finalmente, los gases de escape se terminan de expansionar en la tobera de salida, donde se aceleran y se acaba de incrementar su velocidad (energía cinética). El incremento de cantidad de movimiento de los gases de escape, respecto a la que tenía el aire que entró en el motor es el responsable de producir la fuerza de empuje con que el motor propulsa el vehículo.

(Principios básicos de un motor a reacción, 2011)

2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES A REACCIÓN.

Dentro del grupo de los motores a reacción, estos se pueden dividir en tres grandes grupos, los cuales son utilizados actualmente por la industria aeronáutica.

2.3.1 ESTATORREACTORES.

Los estatorreactores son motores a reacción auxiliares que no poseen compresores y turbinas, pues, la compresión se efectúa por la alta presión dinámica, debido a la alta velocidad que es necesario proporcionar al estatorreactor para su funcionamiento. El aire, después de comprimido, se somete a un proceso de combustión en una cámara, y después a expansión en la tobera de escape. Logrando un trabajo continuo a lo largo del estatorreactor.

Tecnológicamente, el estatorreactor es el más sencillo de los motores a reacción, este motor no consta de piezas mecánicas móviles, a excepción de los sistemas auxiliares. Los componentes principales de los estatorreactores, desde la admisión hasta el escape, son: difusor de admisión, cámara de combustión y tobera de escape.

(Sistemas de propulsión aeronáutica, 2012)

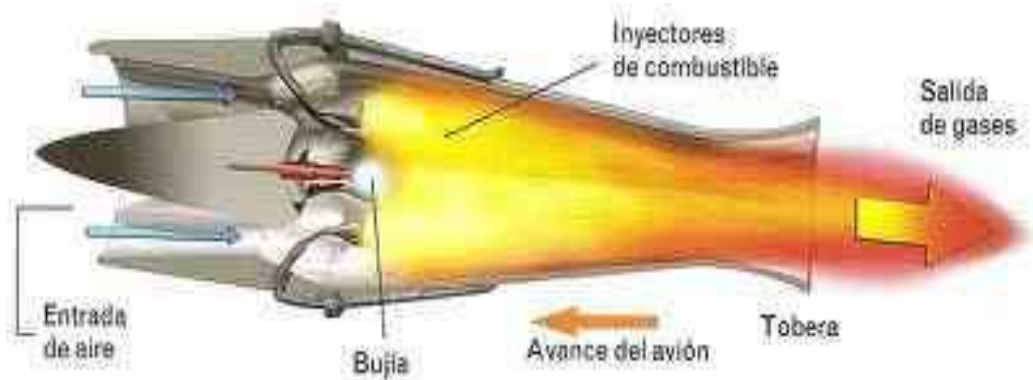


FIGURA 1: Estatorreactor.

Fuente: (Jimenez, Motores para Volar, 2008)

2.3.2 PULSORREACTORES

Los pulsorreactores también son motores a reacción, entre un estatorreactor y un pulsorreactor no existe ninguna diferencia más que la de la combustión, debido a que estos también carecen de compresores, turbinas y otros. La principal diferencia entre los dos se establece en el interior de estos, ya que, los estatorreactores tienen un funcionamiento continuo, mientras que los pulsorreactores disponen de válvulas de apertura y cierre de la inyección de combustible en su interior, que permiten ejecutar la combustión de manera intermitente a impulsos de alta frecuencia.

Este sistema de intermitencia, hace creer a muchos que este sistema aumenta la potencia y el rendimiento del motor, gracias a su aumento de presión en el interior. El aumento de la potencia es bastante mínima, lo que no logra una gran diferencia en el trabajo obtenido más que en los componentes mecánicos móviles que los estatorreactores, por lo tanto, el riesgo de averías mecánicas también aumenta.

(Sistemas de propulsión aeronáutica, 2012)

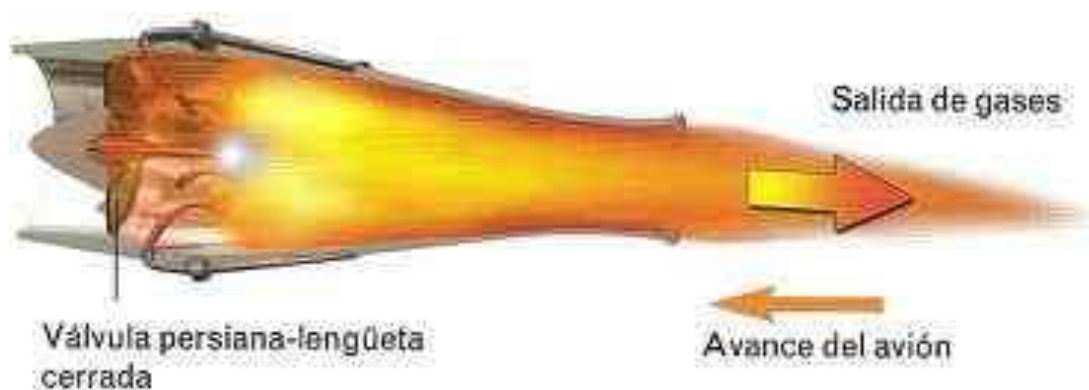


FIGURA 2: Pulsorreactor.

Fuente: (Jimenez, Motores para Volar, 2008)

2.3.3 TURBO REACTORES.

Los turbo reactores son motores pertenecientes al grupo de las turbinas de ciclo abierto, con la única diferencia que, para llamarse turbo reactor es indispensable que en él se encuentre un compresor o turbocompresor.

De ahí viene su prefijo turbo, hecho que ocurre también con muchos de los coches con motores sobrealimentados.

En la actualidad, los turbo reactores no solo se han incorporado a la mayor parte de los aviones militares, sino que cada vez, se están utilizando de mayor forma en aviones de pasajeros, llamados también aviones civiles.

Los turbo reactores son, pues, unas máquinas de increíble rendimiento, aunque también tienen sus pequeños defectos, por ejemplo, la deficiencia más notable de estos consiste en la escasa potencia en el despegue, hecho que ocurre también en los motores de turismos con turbocompresores fijos: (falta de potencia a bajas revoluciones).

(Sistemas de propulsion aeronautica, 2012)

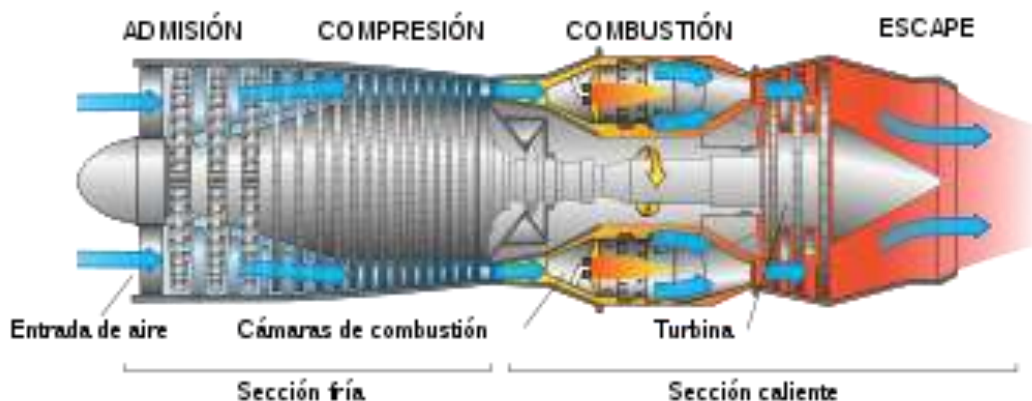


FIGURA 3: Turborreactor.

Fuente: (Wikipedia C. d., Turborreactor, 2012)

2.4 EL AUTOMÓVIL Y EL TURBORREACTOR.

La utilización de los turborreactores en automóviles solo se obtuvo en las carreras de velocidad y en los intentos de romper records de velocidad terrestre.

Un auto insignia de la utilización de los turborreactores es el Thrust SSC (acrónimo en inglés para SuperSonic Car), es una mezcla británica de automóvil y avión de combate. El 15 de octubre de 1997, alcanzó los 1.232,93km/h, rompiendo la barrera del sonido, al marcar velocidad Mach 1,002. Semejante logro fue posible porque se usaron dos motores turborreactores con postquemador Rolls Royce Spey 202, como los que se emplean en los aviones de caza F-4 Phantom II. El Thrust SSC pesa 10 toneladas, acelera de 0 a 160 kilómetros por hora en 4 segundos, y su potencia es igual a la de 145 automóviles de Fórmula 1.

Este récord de 1,02 Mach lo alcanza el 15 de octubre de 1997, en Black Rock, una zona desértica del estado de Nevada (EEUU); el Thrust SSC es una mezcla de auto y avión caza, por las características de sus motores.

(The Triumph Catrol Rocket, 2010)



FIGURA 4: Thrust SSC.

Fuente: (The Triumph Catrol Rocket, 2010)

A la fecha, se ha preparado un automóvil capaz de superar la velocidad récord del Thrust SSC, este es el Bloodhound Super Sonic Car. El proyecto fue anunciado el 23 de octubre de 2008 en el Museo de la Ciencia, en Londres, por Lord Drayson. El entonces Ministro de la Ciencia en el Reino Unido, Departamento de Innovación, Universidades y Habilidades, que en 2006 propuso por primera vez el proyecto de Richard Noble y Andy Green, y los dos

son los hombres que han mantenido el récord de velocidad de la Tierra, por 29 años.

Richard Noble, ingeniero, aventurero, y el vendedor de pintura antigua, llegó a 633 mph (1,019 km / h), la conducción del turborreactor coche, impulsado por el nombre de empuje 2 a través de la Nevada, el desierto en 1983. En 1997, dirigió el proyecto de construcción del Thrust SSC , conducido por Andy Green, Royal Air Force piloto, a 763 mph (1.228 km / h), rompiendo así la barrera del sonido (de acuerdo con la Fédération Internationale de l'Automobile normas), para la primera vez por un vehículo terrestre.

(CarDiagram, 2012)



FIGURA 5: Thrust SSC II.

Fuente: (CarDiagram, 2012)

2.5 EL TURBORREACTOR.

Se denominan motores de reacción a las máquinas térmicas, que transforman la energía de la mezcla (combustible y aire atmosférico) en energía cinética del chorro de gases que las atraviesan.

Los turborreactores son motores de reacción no autónomos, ya que precisan del aire atmosférico (oxidante), del ambiente en que operan para reaccionar químicamente con el combustible que él mismo transporta.

Este es el tipo de motor de reacción que se usa en aviación, si bien existen otros tipos de motores de reacción que son los autónomos, aquellos como los motores cohete, que no necesitan tomar ningún elemento del ambiente en que operan para realizar la reacción química que los propulsa, porque transportan con ellos mismos la masa de reacción y la fuente energética para dicha masa.

Los Turborreactores son los motores que comprimen el aire, que admiten mediante un turbocompresor, empujando hacia las cámaras de combustión, donde son quemados y re direccionados a la turbina, para expansionarlos y ser lanzados al exterior por la tobera de escape, provocando ellos mismos la reacción o tracción de avance. Cabe decir que estos motores necesitan de un sistema alternativo de arranque, debido a que no puede arrancar directamente estando parado o detenido. Primero hay que hacer que el eje empiece a girar mediante un motor de arranque externo.

En ese momento, el combustible se inflama mediante una bujía. Una vez en marcha el motor, la combustión se mantiene sin necesidad de bujía.

(www.seguridadaerea.es)

2.5.1 CICLO DE FUNCIONAMIENTO DEL TURBORREACTOR.

El ciclo de funcionamiento de un motor es una de las características más destacadas de este, ya que es aquí donde se puede apreciar su rendimiento en cada una de sus fases.

El proceso a que se somete a la mezcla (aire-combustible) para funcionamiento del turborreactor corresponde al ciclo de Brayton:

- Compresión adiabática
- Combustión a presión constante
- Expansión adiabática.

A continuación se presenta el ciclo de un turborreactor estándar de un solo compresor axial:

0 – 1: Compresión (adiabática, sin adición de calor) hasta la entrada en el compresor (incluyendo la compresión dentro del conducto de admisión del motor).

1 – 2: Compresión (adiabática) en los compresores y difusor de las pre-cámaras de combustión.

2 – 3: Combustión a presión constante en cámaras de combustión.

3 – 4: Expansión (adiabática) en la sección de turbinas.

4 – 5: Expansión (adiabática) final en la tobera de salida.

5 – 0: Exclusivamente ideal y a efectos de completar el ciclo. Significa que los gases de escape se han devuelto a la atmósfera, y por tanto, su presión será la atmosférica.

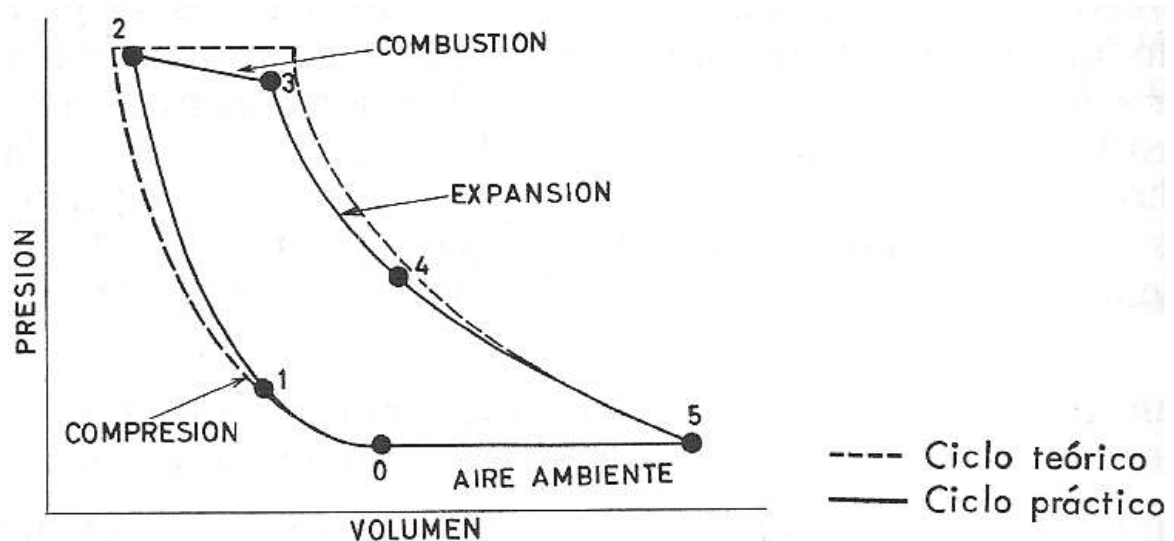


FIGURA 6: Ciclo Brayton.

Fuente: (www.seguridadaerea.es)

2.5.2 COMPONENTES BÁSICOS DE UN TURBORREACTOR.

Los componentes fundamentales de un turborreactor enumerados desde la admisión de aire al escape de gases son:

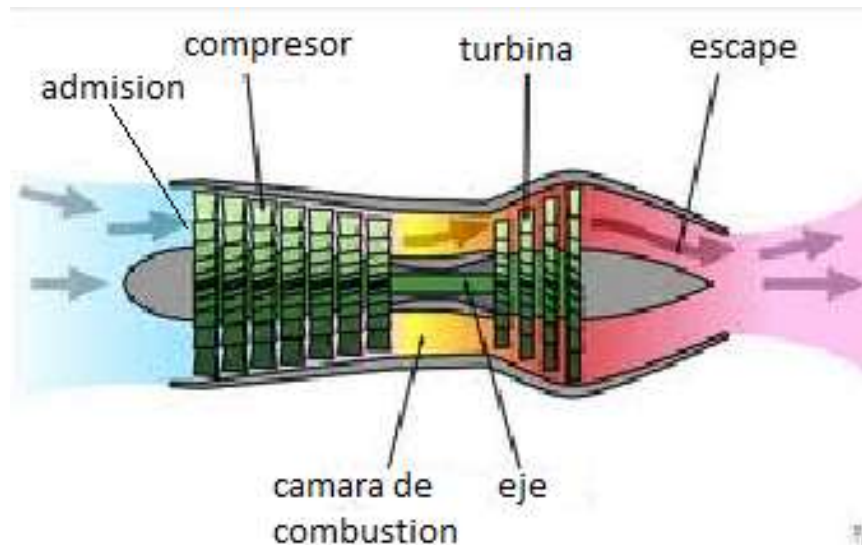


FIGURA 7: Componentes básicos de un turborreactor.

Fuente: (Beltrán, 2010)

2.5.2.1 DIFUSOR DE ADMISIÓN.

Es una de las partes fundamentales del turborreactor, ya que de este depende el buen funcionamiento del motor.

Debe alimentar al motor con la cantidad de aire que este necesita, con las mínimas perturbaciones (sin turbulencia), con la menor cantidad de pérdidas internas por rozamiento del aire, con la mayor recuperación de la presión dinámica (por efecto de la velocidad con que el aire entra en el conducto), para transformarla en presión a la entrada del compresor.

La misión del conducto de entrada es que, cuando el motor está girando a altas r.p.m. en el suelo, antes de iniciar el desplazamiento, está succionando a través del conducto de admisión el aire que le rodea, por lo que, la presión en el conducto de admisión a la entrada del compresor es ligeramente inferior a la presión atmosférica exterior.

A medida que se incrementa la velocidad del vehículo durante el desplazamiento, la presión dinámica a la entrada aumenta y, aunque también se incrementan las pérdidas internas por rozamiento en el conducto, la presión a la

entrada del compresor iguala o supera a la presión atmosférica externa, es decir, hay una recuperación de presión por efecto dinámico.



FIGURA 8: Difusor de admisión.

Fuente: (Beltrán, 2010)

2.5.2.2 COMPRESORES.

El proceso de la combustión del aire y combustible a la presión ambiente no sería suficiente para producir un trabajo útil con rendimiento aceptable.

Dado que la energía que se obtiene es proporcional a la masa de aire, para un aumento del rendimiento, es necesario más aire del que se obtiene a presión barométrica normal. Esta es la razón por la cual, el aire debe ser comprimido, es decir, para poder almacenar la máxima cantidad de aire en un volumen dado.

(Diez., El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares. 9 Edicion., 2007)

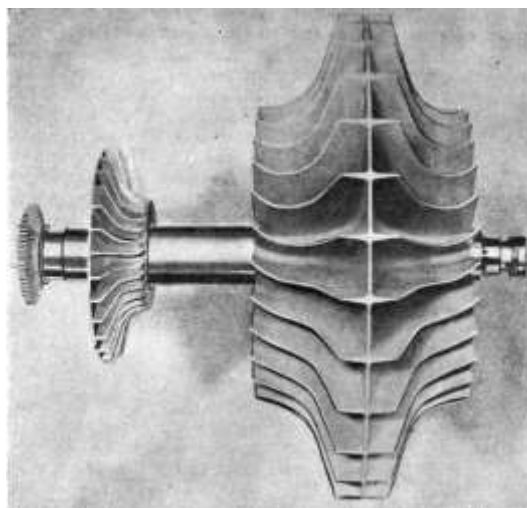


FIGURA 9: Fotografía del rotor del compresor del Rolls-Royce Nene.

Fuente: (C.S.Tarifa., 1951)

2.5.2.3 CÁMARA DE COMBUSTIÓN.

La combustión es una reacción química, es decir, un proceso termodinámico en el cual varía la composición química. Su importancia radica en el hecho de que, durante el mismo se libera energía calorífica.

(Diez., El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares. 9 Edicion., 2007)

La cámara de combustión se encuentra entre el compresor y la turbina. Aquí, el combustible se mezcla con el aire a presión que viene del compresor, y luego es quemado resultado gases de combustión a alta temperatura que moverán la turbina y después de pasar por la tobera de escape, dará el empuje necesario para mover el vehículo.

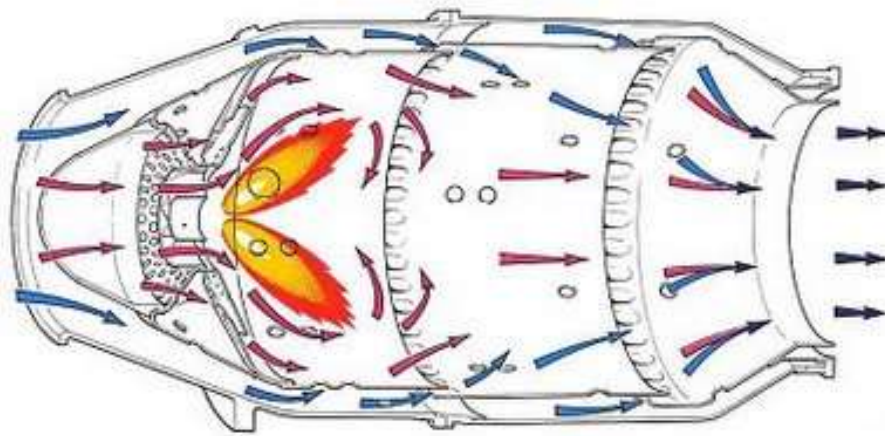


FIGURA 10: Figura de una cámara de combustión.

Fuente: (Wikipedia C. d., Turborreactor, 2012)

2.5.2.5 TURBINA.

La turbina en un motor de reacción es convertir aproximadamente la tercera parte de la energía liberada en la combustión, en energía mecánica para mover el compresor. Esta energía liberada es la suma de las de presión y cinética. El resto de la energía pasa por la tobera para obtener empuje por el principio de acción-reacción.

(Diez., El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares. 9 Edicion., 2007)

Sin la turbina, el fluido de aire después de haber pasado por la cámara de combustión y luego por la tobera de escape, obtendríamos un empuje, pero este no sería suficiente para mover el vehículo. Es necesario tener la turbina, porque esta está conectada al compresor por medio de un eje y es el que da la potencia necesaria para que el compresor realice su trabajo, que es de aspirar el aire y comprimirlo para que entre a la cámara de combustión. Esto quiere decir que no está relacionado principalmente con empuje que realiza el turbo reactor, sino con el trabajo que debe realizar el compresor.

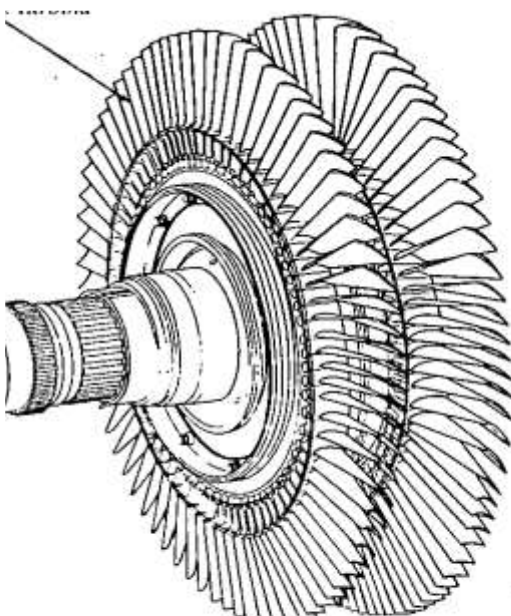


FIGURA 11: Turbina.

Fuente: (C.S.Tarifa., 1951)

2.5.2.6 TOBERA DE ESCAPE.

La tobera de escape expande los gases de la turbina hasta la presión atmosférica, de manera que produzcan un máximo empuje. En definitiva, tienen como misión transformar la energía calórica del gas a la salida de la turbina, en energía cinética del chorro del gas.

(Diez., El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares. 9 Edicion., 2007)

La tobera es la encargada de realizar la función primordial que tiene un turborreactor y que es la de generar un empuje máximo con todo el trabajo realizado por el conjunto (compresor, cámara de combustión y turbina), ganando velocidad de fluido a costa de la expansión o pérdida de presión, finalizando así el ciclo de trabajo del turborreactor.

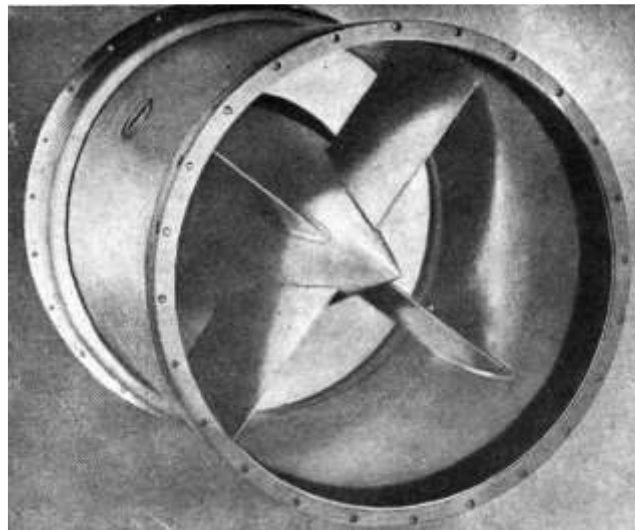


FIGURA 12: Fotografía de la tobera de escape del Rolls-Royce Nene.

Fuente: (C.S.Tarifa., 1951)

2.5.3 SISTEMAS AUXILIARES.

Los sistemas auxiliares de un turborreactor están constituidos por los sistemas de admisión de combustible, sistema de encendido, lubricación y refrigeración.

2.5.3.1 SISTEMA DE ADMISIÓN DE COMBUSTIBLE.

Desde la invención del turborreactor, estos fueron alimentados con querosen, debido a que el gas-oil se hubiera congelado durante las pruebas de vuelo. Al ser grande la demanda, se necesitaban productos cuya disponibilidad fuese también grande. Se empezaron utilizando gasolinas de aviación, pero eran demasiado volátiles.

Para el proyecto a realizar, se tomó en cuenta la utilización del GLP (gas licuado de petróleo), por su fácil transportación y por su fácil utilización, ya que este no necesita de un sistema de inyección, porque no es necesario atomizar o pulverizarlo el combustible, ya que es un gas.

2.5.3.1.1 PROPIEDADES DEL GLP (GAS LICUADO DEL PETRÓLEO).

TABLA 1: Propiedades aproximadas del gas licuado de petróleo.

Propiedades aproximadas del GLP (unidades métricas)
--

	Propano Comercial	Butano Comercial
Presión de vapor en kPa (presión absoluta) a:		
20°C	1.000	220
40°C	1.570	360
45°C	1.760	385
55°C	2.170	580
Peso específico	0,504	0,582
Punto de ebullición inicial a 1,00 atm de presión, °C	- 42	- 9
Peso por metro cúbico de líquido a 15,56°C, kg	504	582
Calor específico del líquido, kilojoules por kilogramo, a 15,56°C	1,464	1,276
Metros cúbicos de vapor por litro de líquido a 15,56°C	0,271	0,235
Metros cúbicos de vapor por kilogramo de líquido a 15,56°C	0,539	0,410
Peso específico del vapor (aire = 1) a 15,56°C	1,50	2,01
Temperatura de ignición en aire, °C	493-549	482-538
Temperatura máxima de llama en aire, °C	1.980	2.008
Límites de inflamabilidad en aire, % de vapor en la mezcla aire-gas:		
Inferior	2,15	1,55
Superior	9,60	8,60
Calor latente de vaporización en el punto de ebullición:		
Kilojoules por kilogramo	428	388
Kilojoules por litro	216	226
Cantidad de calor total luego de la vaporización:		
Kilojoules por metro cúbico	92.430	121.280
Kilojoules por kilogramo	49.920	49.140
Kilojoules por litro	25.140	28.100

Fuente: (NFPA 58, 2004)

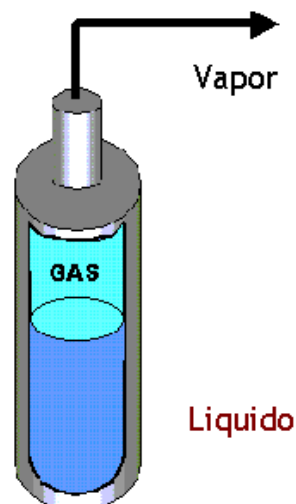


FIGURA 13: Tanque de almacenamiento de GLP.

Fuente: (Austrogas., 2011)

2.5.3.2 SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN.

Un lubricante es cualquier sustancia natural o artificial que tenga propiedades aceitosas y que pueda ser usado para reducir la fricción entre dos superficies.

De acuerdo con su procedencia, los lubricantes pueden ser de origen: mineral, vegetal, animal o sintético.

Debido a las altas temperaturas que se alcanzan en los motores de reacción, se emplean casi exclusivamente aceites sintéticos, llamados así porque no proceden de aceites naturales. La composición de los aceites sintéticos es: 96% esteres (ácidos inorgánicos y alcohol) y 4% aditivos.

Las propiedades fundamentales del aceite para lubricación son:

- Altas características de anti-fricción.
- Poca variación de la viscosidad con la temperatura
- Gran capacidad de refrigeración.
- Resistencia a la oxidación.
- No tener propiedades corrosivas ni formar depósitos.

En un motor de reacción, los únicos componentes que requieren lubricación son los cojinetes de los ejes.

(Diez., El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares. 9 Edicion., 2007)

En este Proyecto se necesita lubricar y refrigerar los cojinetes del eje del turbocompresor automotriz, que será utilizado en la construcción del turborreactor. Este será un sistema cerrado de tanque de aceite, un radiador, una bomba hidráulica accionada por un motor eléctrico, y este, a su vez, por una batería automotriz que también accionará el sistema de encendido de bujía.

Este sistema ayudará a lubricar y refrigerar el cojinete del eje del turborreactor, y este, a su vez, el eje del mismo, evitando así, problemas a futuro en el buen funcionamiento del turbocompresor.

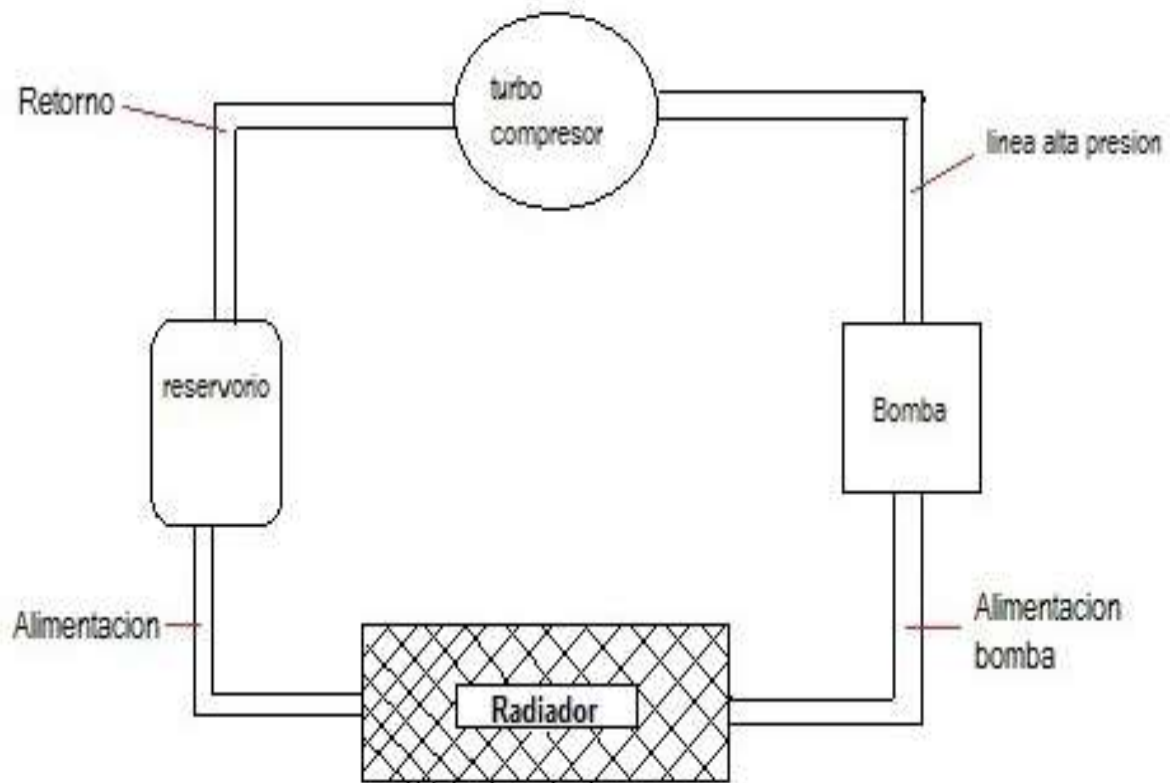


FIGURA 14: Sistema de lubricación y refrigeración.

Fuente: (Espinosa, 2014)

2.5.3.3 SISTEMA DE ENCENDIDO.

Su misión es producir mediante una corriente pulsante una chispa en la cámara y dar origen a la combustión de la mezcla aire-combustible.

(Diez., El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares. 9 Edicion., 2007)

El sistema de encendido de este turborreactor, constará de una bobina, distribuidor y una bujía, que encenderá la mezcla aire-combustible, logrando así una efectiva quema de la mezcla dentro de la cámara de combustión.

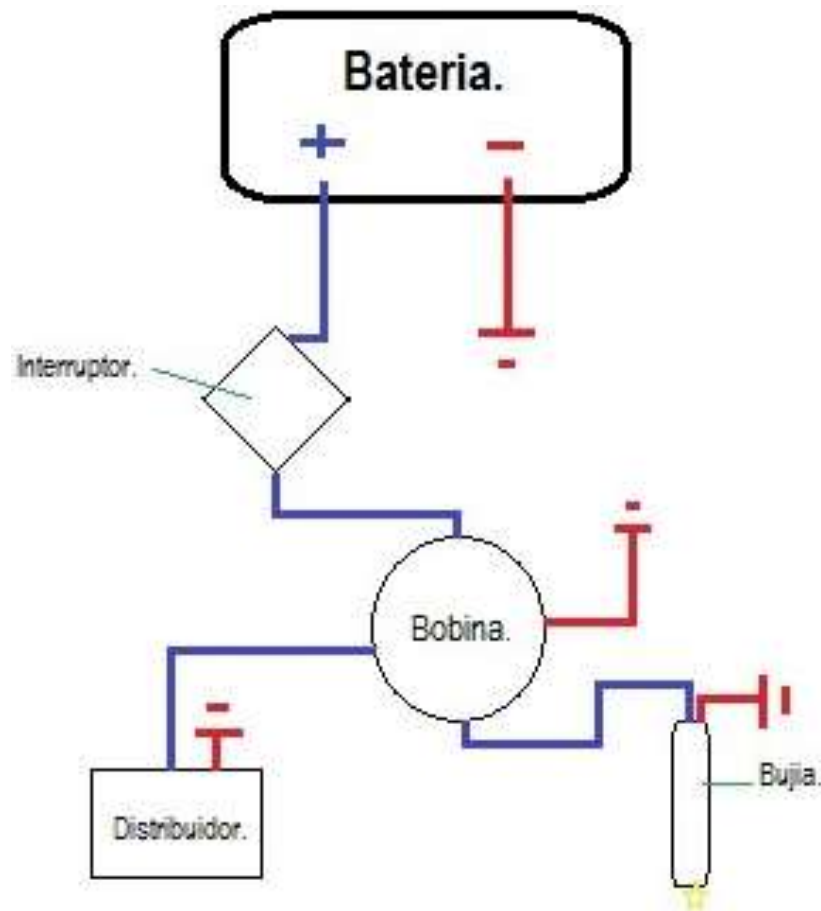


FIGURA 15: Sistema de encendido bobina-bujía.

Fuente: (Espinosa, 2014)

2.6 EL TURBOCOMPRESOR.

Los turbocompresores de uso automotriz llamados sencillamente "turbos", son compresores centrífugos movidos por una turbina, ambos elementos (turbina compresora y turbina de escape) están montados en un mismo eje.

La turbina de escape convierte la energía térmica de los gases de escape en energía mecánica, que sirve para mover la turbina compresora centrífuga. Esta es la que eleva la presión del aire atmosférico, incrementando su densidad, y de este modo, es introducido al motor. Al haber más masa de aire en un mismo volumen (del cilindro), es posible quemar más combustible y obtener más potencia.



FIGURA 16: Turbo compresor automotriz.

Fuente: (Electromecanica, 2007)

2.6.1 FUNCIONAMIENTO DEL TURBOCOMPRESOR.

La turbina del turbocompresor, formada por una rueda de turbina (turbina de compresión y escape) y una caja de turbina (churos), convierte los gases de escape del motor en energía mecánica para accionar el compresor.

Los gases que quedan restringidos por la zona de sección transversal del flujo de la turbina, experimentan una caída de presión y temperatura entre la toma y la salida. La turbina convierte esta caída de presión en energía cinética, para accionar la rueda de la turbina.

En la cámara espiral (voluta) de dichas turbinas radiales o centrípetas, la presión de los gases de escape se convierte en energía cinética, y los gases de escape de la circunferencia de la rueda, son dirigidos a velocidad constante a la turbina de escape. La conversión energética de energía cinética en potencia de eje se produce en la rueda de la turbina, que está diseñada de forma que para cuando los gases lleguen a la salida de la rueda, la práctica totalidad de la energía cinética ya esté transformada.

(www.turbodrive.com, 2013)

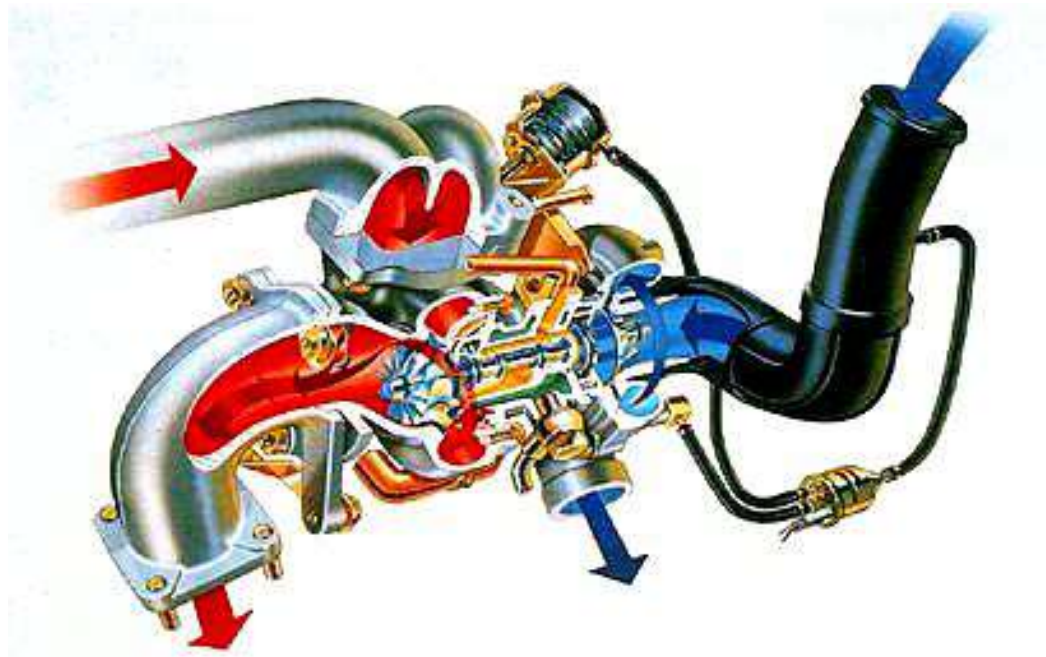


FIGURA 17: Funcionamiento del Turbo compresor.

Fuente: (Electromecanica, 2007)

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA.

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño de Investigación constituye el Plan General para obtener respuestas a interrogantes, o comprobar la Hipótesis de Investigación. El diseño de Investigación desglosa las estrategias básicas que generan información exacta e interpretable.

(Martínez López, 2011)

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.

La investigación documental es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie, tales como, las obtenidas a través de fuentes bibliográficas o archivísticas. Se basa en la consulta de libros, artículos o ensayos de revistas y periódicos y páginas de internet.

(De La Fuente Silva, 2010)

3.2.2 INVESTIGACIÓN PRÁCTICA.

La investigación aplicada se caracteriza porque busca la aplicación o la utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar la práctica basada en la investigación. El uso del conocimiento y el producto de la investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

(Vargas Cordero, 2009)

3.3 MÉTODOS

3.3.1 OBSERVACIÓN CIENTÍFICA

La inspección y estudio realizado por el investigador, mediante el empleo de sus propios sentidos, con o sin ayuda de aparatos técnicos, de las cosas o hechos de interés social, tal como son o tienen lugar espontáneamente.

3.3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

En esta etapa se acudirá a diversos lugares informativos como: archivos, bibliotecas, hemerotecas, librerías, videotecas, filmotecas, museos, institutos de investigación, Internet, etcétera.

3.4 TEÓRICOS

3.4.1 INDUCTIVO

Se utilizará este método para iniciar la inmersión inicial en la investigación de campo. Se realizará una interpretación contextual (imaginaria) sobre el problema “Diseño y Construcción de un Turboreactor y Montaje en un Go-Kart.”.

3.4.2 HISTÓRICO

En el desarrollo de la investigación se utilizará este método, con la finalidad de utilizar fuentes secundarias y otras evidencias históricas en el proceso, diseño y construcción del turboreactor.

3.4.3 LÓGICO

Este método se apoyará en el análisis, síntesis, la inducción y la deducción para conocer la ingeniería y tecnología del motor a reacción “turboreactor”.

CAPÍTULO IV

4 CONSTRUCCIÓN DEL TURBORREACTOR.

4.1 DISEÑO DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN.

El diseño de la cámara de combustión se basa en una cámara de flujo directo (figura #8), dado que no existe ningún archivo con el diseño de construcción o ensamble de una cámara de combustión.

Esta c.c. es experimental, asegurándose que sea capaz de quemar GLP de optima manera, sin sobrecalentamiento, perdidas de poder y produciendo por lo menos 50 o más libras de empuje estático.

La c.c debe tener algunas propiedades de trabajo como: la de producir dos temperaturas en el tubo camisa, debido a la entrada del aire frío desde la carcasa compresora y la quema constante de la mezcla “aire-combustible”, no puede sobrepasar los 700°C, debe producir un flujo constante de llama y sin explosiones para mantener saludable a la turbina.

El diseño ha tomado en cuenta algunos detalles del c.c. modelo como: la boca cónica, el difusor de aire con agujeros ascendentes en tamaño y ubicación.

Este c.c. está dividida en dos partes fundamentales que son: la camisa y el difusor de aire. La camisa está construida en acero de 3mm de volumen; y, el difusor de aire, está construido en acero de 2mm.

La camisa del c.c. está conformada del asiento, tubo camisa, tubo admisión y anillo soporte.

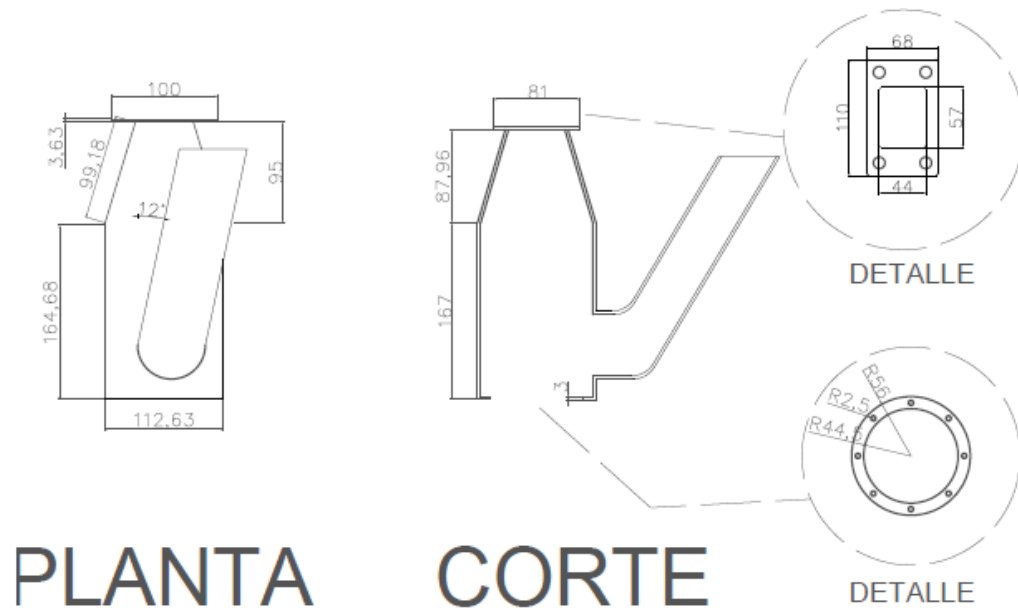


FIGURA 18: Diseño camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

El asiento de la camisa se diseña en base a la entrada de gases a la carcasa de la turbina. Está construido en acero de 3mm., para evitar deformaciones.

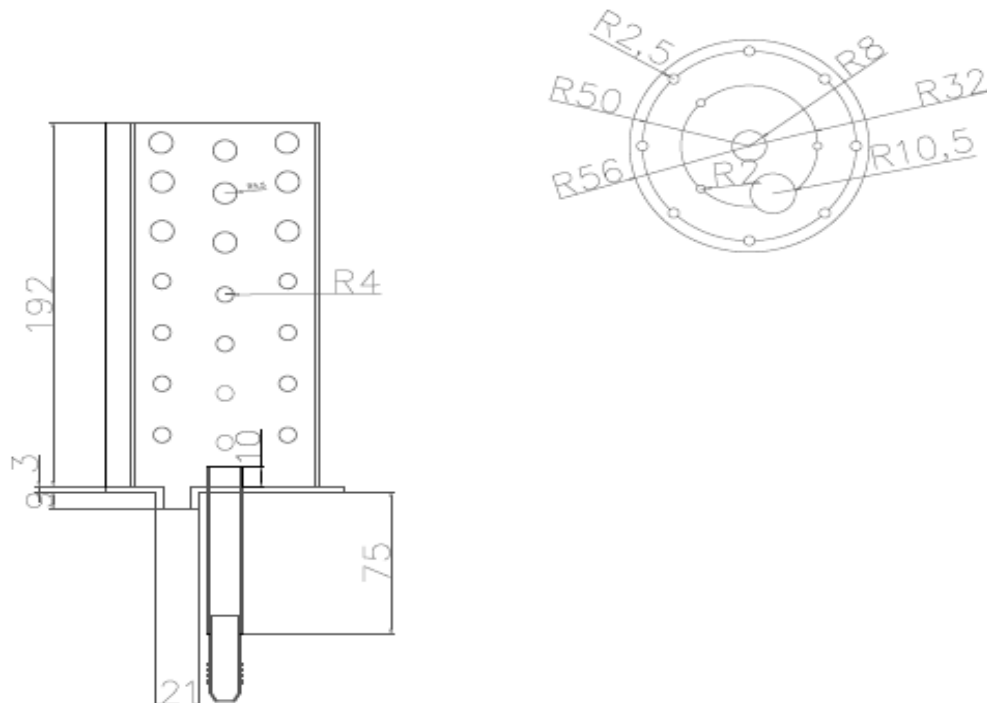


FIGURA 19: Diseño difusor de aire de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN.

Iniciar con el corte en bruto de las piezas de una plancha de acero de 3mm para las partes del asiento, anillo soporte y base del difusor de aire de la c.c., utilizando la pistola de plasma para una mayor velocidad y disminuir el trabajo de tornería.



FIGURA 20: Corte de piezas.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Colocar en el torno los cortes de acero de 3mm., para dar detalle y trabajo final a las piezas circulares, como el base del difusor de aire y anillo soporte.



FIGURA 21: Torneado de piezas.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Con el el asiento de la c.c. se marcan los puntos a perforar, de acuerdo a la base de la carcasa de escape del turbo compresor.



FIGURA 22: Perforación del asiento de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya realizadas las perforaciones del asiento, continuar con el desbaste y trabajo de detalle de la pieza asiento del c.c.



FIGURA 23: Desbaste del asiento de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Aprobado el trabajo de detalle en el asiento, se presenta la pieza para proseguir con la unión final de cada pieza en el conjunto c.c.



FIGURA 24: Presentación del asiento de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

En la base del difusor se demarca con la punta del torno las circunferencias, donde se realizarán los puntos de suelda con el difusor de aire y las perforaciones, para unir la base del difusor y el anillo soporte.



FIGURA 25: Delimitación base del difusor de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya delimitado la base del difusor, proseguir con el torneado en detalle del anillo soporte para lograr un alineamiento preciso de las perforaciones en la base del difusor y el anillo soporte, tomando en cuenta que debe coincidir los ejes de la camisa y el difusor de aire, alineándose entre sí, para que no existan puntos de apoyo entre las dos partes.

Si esto sucediera, tendríamos puntos de contacto donde se realizarían turbulencias de llama, antes de entrar a la carcasa de escape de turbo o puntos de alta temperatura, consiguiendo así deformaciones, dilataciones o fundimiento del material en el momento de trabajo (quema de la mezcla aire-combustible).



FIGURA 26: Torneado del anillo de la camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Conseguido el trabajo final de torneado en la base del difusor y el anillo soporte, realizamos 8 perforaciones para colocar pernos y tuercas de 8mm., y soldamos cada una de las tuercas al anillo soporte, para cuando este sea soldado con la la camisa los pernos, tengan puntos de sujeción y puedan unir firmemente la camisa y el difusor de aire.



FIGURA 27: Perforación del anillo y base de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya ubicadas las perforaciones de los pernos de sujeción, delimitamos donde irá la bujía, tomando en cuenta que no debe estar muy distante de la entrada del GLP, para así lograr una eficaz quema del combustible. Se perfora donde irá el soporte de la bujía, para luego este ser soldado.



FIGURA 28: Perforación del acople de bujía.

Fuente: (Espinosa, 2014)

En el torno a base de un cilindro de acero, proceder a fabricar la base de la bujía. Esta base tiene una ceja, la cual ayudará a la perfecta ubicación y soldadura, entre esta y la base del difusor, evitando así, desequilibrios y desbalanceos entre ambas.



FIGURA 29: Torneado del acoplé de bujía.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Realizado el trabajo de tornería, presentamos la pieza soporte con su rosca interior para la sujeción de la bujía y la ceja exterior, para el alineamiento entre esta pieza y la base del difusor.



FIGURA 30: Presentación del acoplé de bujía.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ubicamos el acople de bujía en la perforación realizada en la base del difusor, alineando perfectamente a 90° la bujía con la base del difusor.



FIGURA 31: Fijación del acoplé de bujía en la base del difusor de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Realizados todos los trabajos en las piezas planas, se empieza con el trabajo en el tubo de acero de 3mm. Para la camisa de la c.c.

Se empieza con el corte en bruto de una sección del tubo de acero de 3 pulgadas, como señala el diseño de la figura #17.



FIGURA 32: Corte del tubo de la camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Apoyándose en el diseño de la figura #17, realizamos una plantilla en papel y circular, con la cual poder señalar el tubo que dará forma a la camisa.



FIGURA 33: Señalización del tubo de la camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya sealado el tubo se prosigue a realizar los cortes en forma diagonal, para así lograr la punta cónica que requiere la c.c.

Este trabajo se pudiese realizar con una maquinaria especializada , pero debido a que la toma de la carcasa del turbo no es ni circular y mucho menos cuadrangular, mas bien tiene una forma rectangular, debido a que uno de sus lados es más angosto que el otro, se debe realizar esta operación en el tubo, para así lograr un encastre perfecto entre la camara de combustión y la carcasa de escape del turbo.

De no ser así, tendríamos pérdidas de energía si fuese la punta cónica más pequeña que la entrada de la carcasa, y si fuese viceversa, tendríamos turbulencia en la c.c., lo que lograría una alza de temperatura y una falla catastrófica de trabajo en la camisa o la base de la cámara de combustión.



FIGURA 34: Corte del tubo de la camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Realizados los cortes en la camisa del c.c., el tubo debe verse de esta manera.



FIGURA 35: Tubo en corte de la camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya con los cortes en diagonal en la camisa realizamos cortes en forma de cuña o pestañas, para lograr un cierre y unión perfecta de cada uno de los cortes.



FIGURA 36: Corte pestañas en la camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Cerrar cada una de las secciones diagonales del tubo camisa, logrando así un semi cono, terminando en rectángulo para lograr un empalme perfecto entre la c.c. y la carcasa de escape, realizar pequeños puntos de suelda para mantener la alineación de cada sección.

Este cono de uno de sus lados no debe tener una inclinación mayor a los 15° , y en el otro de sus lados, no mayor a los 20° para así lograr que el difusor de aire logre llegar lo más alto posible, y así acercarse más a la entrada de la carcasa de escape del turbo compresor. Esta relación de diseño se propone para lograr el mayor enfriamiento posible de la cámara de combustión y la mejor quema del combustible, a lo largo de toda la cámara de combustión. También de esto, depende el bypass que se debe obtener entre la camisa y el difusor de aire. Este bypass logra una mínima turbulencia y retorno de aire frío, proveniente de la rueda compresora del turbo compresor hacia toda la cámara de combustión, y logrando así una entrada mayor por cada uno de las perforaciones realizadas en el tubo difusor.



FIGURA 37: Punteado de la camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Concluimos con cordones de suelda en todas las uniones y las pestañas realizadas para el cierre de las secciones diagonales, obteniendo en semi cono, que a su vez, es soldado con el asiento de la c.c., finalizando las soldaduras y trabajo en la sección caliente de la cámara de combustión.

En estos cordones de suelda no puede existir un punto de quiebre o abertura, debido a que este semi cono es el encargado de redirigir la llama hacia la turbina del turbo compresor, y sobre todo, porque esta es la sección caliente y donde se obtiene el mayor punto de fatiga en la c.c., debido al alto índice de temperatura que se obtiene en este punto.



FIGURA 38: Suelda de la camisa y asiento de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

En la sección baja de la camisa del c.c. o sección fría se coloca el anillo soporte, se puntea para lograr un alineamiento perfecto entre las dos partes, podemos verificar el alineamiento con el montaje del tubo difusor de aire, revisando que este no llegue a tocar con ninguna pared del semi cono de la camisa. Este alineamiento perfecto se logra gracias al trabajo realizado de tornería sobre el anillo soporte y la base del difusor.

Ya verificado, continuar con el cordón de soldadura final entre las dos partes de la c.c., tratando de no sobrecalentar las partes, para que estas no se deformen y sobre todo el anillo soporte, debido a que este se conecta con la base del difusor por medio de pernos, y se debe tener un cierre adecuado entre las dos partes, para que no exista ninguna fuga de aire y mucho menos de llama.

De esta manera se concluye con el trabajo en la sección fría de la camisa de la c.c.



FIGURA 39: Punteado y soldadura del anillo soporte con la camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Siguiendo las especificaciones de diseño de la figura #18, realizar el corte en bruto del tubo difusor de aire.



FIGURA 40: Corte del difusor de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Con la longitud de tubo difusor propuesta por el diseño, se prosigue a la senalización de cada uno de las perforaciones.

El numero de perforaciones dispuesta por el diseño es el de 60, obteniendo así 8 filas de perforaciones; las filas están enumeradas, lo cual permite que en cada una de las filas con número para que tengamos 8 perforaciones, y en las filas de número impar tenemos 7 perforaciones.

En las filas que tienen 8 perforaciones, 4 de estas son de 4mm., dispuestas en la parte inferior del tubo difusor, y las otras 4 son de 6mm. en la parte superior.

En las filas que tienen 7 perforaciones, 4 de estas son de 4mm. en la parte inferior, y las otras 3 perforaciones son de 6mm, ubicadas en la parte superior del tubo difusor.

Las perforaciones entre filas pares e impares están escalonadas, para que estas no se encuentren en el mismo sentido.



FIGURA 41: Señalización de las perforaciones en el difusor de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

La razón por la cual se determinó este diseño en el difusor de aire es la de lograr una eficaz alimentación de aire, para producir la mejor mezcla posible entre el aire y el combustible. Otra de las razones fue la de enfriar óptimamente la cámara de combustión.

El porqué de que las perforaciones vayan de más pequeñas a más grandes es para no ahogar el punto de encendido de la mezcla con la bujía.

Tenemos las perforaciones a diferentes alturas respecto a las filas de denominaciones (pares, impares), debido a que de esta manera obtenemos una mejor recirculación de oxígeno para la mezcla y de flujo de aire para el enfriamiento de la cámara de combustión. También se pensó en las diferentes alturas para que no exista un cambio brusco de temperatura entre la sección fría y caliente de la c.c.

También este diseño se debe a que tenemos un bypass de flujo de aire entre la camisa y el tubo difusor, por ende se colocan las perforaciones más grandes en la parte superior, lo más cerca posible al bypass para que no sea demasiada la turbulencia creada por este, sino que obtenga alivio, gracias a las perforaciones más grandes.



FIGURA 42: Perforación del difusor de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Culminado el trabajo de perforación de cada uno de los agujeros, obtenemos un tubo difusor bastante equilibrado en su flujo de aire.

El número de perforaciones se debe a que la suma del área de perforación debe estar entre el 25 y el 30% del área completa de todo el tubo difusor



FIGURA 43: Presentación del difusor perforado de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Con las perforaciones realizadas en la base del difusor, se realiza el matrimonio entre el difusor y su base, por medio de soldaduras de punto, completando de esta manera el ensamble del tubo del difusor.



FIGURA 44: soldadura entre el difusor y la base de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya realizadas las soldaduras de punto, se continúa con el desbaste y presentación final del tubo difusor, revisar que este debe estar alineado con cada uno de las perforaciones de perno que unen a la camisa y el tubo difusor, constituyendo de esta manera la cámara de combustión y logrando la alineación deseada desde el principio de la manufactura del conjunto de partes, se debe tomar en cuenta que aún no se encuentra la entrada del GLP.



FIGURA 45: Desbaste y presentación de la base-difusor de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

En el centro de la base del difusor o eje centra de la cámara de combustión, podemos a colocar la entrada del GLP. Con un tubo de admisión de GLP de media pulgada, sobrepasando por un centímetro a la base del difusor con un terminado en shiglor de 1.6mm para una mejor expulsión del combustible hacia adentro de la cámara de combustión, y sobresaliendo 75mm., para que la manguera que lleva el combustible desde el depósito hacia la cámara de combustión se mantenga en óptimas condiciones. Esta licencia de diseño se tomó a favor de la seguridad de la manguera de combustible, y sobretodo a la seguridad del usuario del proyecto a construir. Todo esto se detalla en el diseño del tubo difusor en la Figura #18.



FIGURA 46: Ubicación y soldadura de la entrada del combustible en la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya soldada y desbastada la entrada del gas, se obtiene el producto final de esta manera.



FIGURA 47: Presentación de la entrada del combustible en la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Para la entrada del aire comprimido hasta la cámara de combustión, se dobla un tubo de 2.5" en un ángulo de 90°, se partió desde un tubo de 1m de longitud y se realizó el doblé a 40cm de uno de sus lados, para lograr así la ubicación perfecta que conecte a la cámara de combustión con la salida de la carcasa de admisión o compresión del turbo compresor.



FIGURA 48: Doblez en el tubo de admisión de aire a la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Dispuesta la ubicación y la longitud en cada uno de los lados del punto de dobles en el tubo, procedemos a soldar el tubo de aire de admisión en su lugar.

La perforación en la camisa de la c.c. se realizó como dispone el la figura #18: la entrada de aire se dispuso lo más abajo posible en la cámara de combustión, para así obtener una sección fría lo más alargada posible. De esta manera, se promueve la seguridad de la cámara de combustión.



FIGURA 49: Soldadura del tubo de admisión de aire a la camisa de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Soldado y desbastado cada uno de los puntos, la cámara de combustión se ve de esta manera:



FIGURA 50: Presentación final de la cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)

4.2 DISEÑO DE LA TOBERA DE ESCAPE.

La tobera de escape es la encargada de cambiar la presión en velocidad y redirigir los gases de manera que produzcan el mayor empuje.

Por lo tanto, se ha diseñado una tobera de escape de 10 a 6, es decir, con una disminución del 40% de la entrada de gases a la salida de los mismos en la tobera de escape.

Tomando en cuenta que no sea muy larga la tobera, para que no existan pérdidas de poder por medio de la temperatura y de que no sea muy corta, lo que haría que se sobrecaliente.

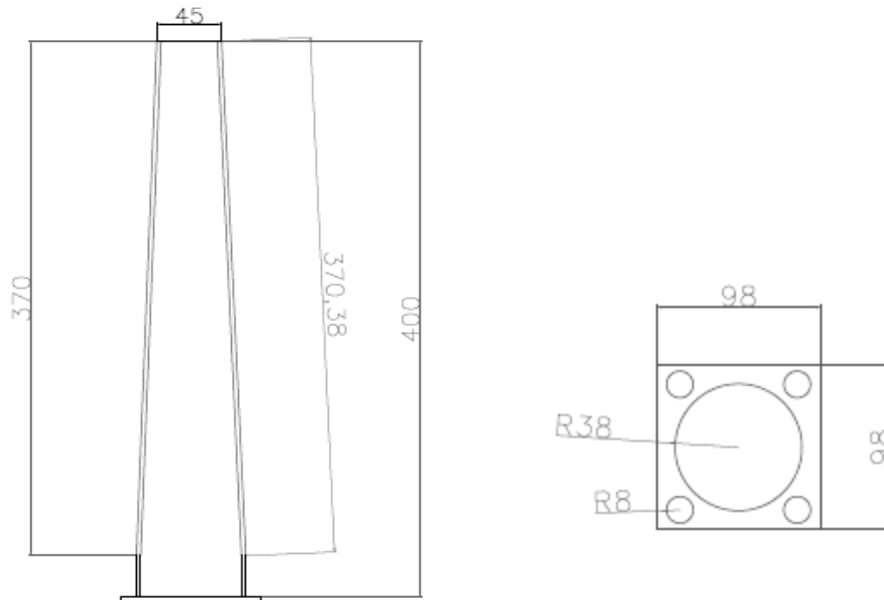


FIGURA 51: Diseño de la tobera de escape y asiento.

Fuente: (Espinosa, 2014)

4.2.1 CONSTRUCCIÓN DE LA TOBERA DE ESCAPE.

La tobera de escape está formada por un tubo principal y único de 3" de diámetro y 3 mm de espesor y un asiento que acopla con la salida de la carcasa de escape del turbo compresor.

Iniciar con el corte en bruto del tubo principal, con la longitud de 40 cm. como especifica el diseño en la figura #51.



FIGURA 52: Corte del tubo para la tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

La base de la tobera de escape en sí es solo una placa de metal, pero para su mayor facilidad de maquinación en el torno, se le soldó un tubo del diámetro del tubo principal, en la parte posterior para así lograr un mejor agarre en el torno.

Por esta razón, se maquina en el torno este trozo de tubo y se suelda a la placa de metal, que será el asiento de la tobera de escape, se coloca en el torno para que el asiento de la t.e., pueda ser centrado y señalada la ubicación de las perforaciones de emperne al turbo compresor.



FIGURA 53: Torneado de la base de la tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Señalado cada uno de los lugares donde deben ir las perforaciones para el asiento de la tobera de escape con el turbo compresor, proceder con la perforación de los orificios de emperne.



FIGURA 54: Señalización y perforación de la base de la tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya realizado el trabajo en el asiento de la tobera, continuar con el trabajo en el tubo principal de la tobera.

Apoyándose en el diseño de la figura #51, realizamos una plantilla en papel y circular, con la cual poder señalar el tubo que dará forma a la tobera de escape.

Se debe tomar en cuenta que la t.e. debe ser totalmente equilibrada y derecho al eje de la turbina del turbo compresor, para así lograr el mayor provecho de los gases provenientes de la turbina. Se debe ser minucioso en el trabajo que se realiza en este tubo, ya que de éste, depende el empuje que se necesita para mover el go-kart y su conducto.



FIGURA 55: Delineación del tubo de la tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya señalado el tubo se prosigue a realizar los cortes en forma diagonal, para así lograr la punta cónica que requiere la tobera de escape.



FIGURA 56: Corten de las pestañas del tubo para la tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Realizados los cortes en la tobera de escape, se debe ver de esta manera.

Cada una de los 8 cortes en el tubo debe ser lo más parecido posible, para así lograr 4 pestañas, lo más perfectas posibles, obteniendo una t.e., potencialmente nivelada a lo largo de su longitud, propuesta en la figura #51.

Con una tobera equilibrada, en su mayoría lograremos obtener el más alto desempeño, en cuestión de empuje necesario para mover el peso del vehiculo y su tripulante, con más facilidad y lograr una buena velocidad.



FIGURA 57: Presentación en corte del tubo para la tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya cortadas cada una de las secciones diagonales en el tubo de t.e., proceder con el cierre de cada una de ellas, colocar puntos de suelda para obtener una presentación del cono, fijarse que cada una de las pestañas hagan un encastre perfecto con la siguiente, para cuando se realice la soldadura final no introducir mucho material de suelda, y así, afectar con el desempeño de la tobera de escape.

Fijándose al detalle en cada uno de los empalmes de las secciones, obtendremos una t.e. lo más centrada y equilibrada con el eje de la turbina, logrando de esta manera un flujo homogéneo y con el menor índice de turbulencia negativa al interior de la tobera de escape.



FIGURA 58: Moldeo y punteado del tubo de la tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Con los puntos de suelda y las secciones diagonales de la tobera de escape en su lugar y conformes con la disposición y el centrado al eje de la turbina, se dispone a la soldadura final de cada una de las pestañas.

Este trabajo se realizó en disposición enfrentada, es decir que, si se soldó un cordón entre dos pestañas, la siguiente soldadura que se realiza es la de las dos secciones diagonales de en frente, para que de esta manera no se pierda el equilibrio obtenido en el trabajo de punteado.

De esta manera, se logró mantener un centrado con el eje de la turbina del turbo compresor.



FIGURA 59: Suelta de las pestañas y base de la tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Soldado el asiento y todas las pestañas con su trabajo de desbaste en cada uno de los cordones, se obtiene una tobera de escape lo más equilibrada posible, de tal manera que puede ser parada de cualquiera de los dos extremos, concluyendo que tendremos un flujo homogéneo y direccionado en forma perpendicular a la espalda del sujeto que dirigirá el go-kart, obteniendo el mayor empuje posible de acuerdo a la presión del turbo compresor y al diseño de la cámara de combustión y la tobera de escape.



FIGURA 60: Presentación e la tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

4.3 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN PARA EL TURBO COMPRESOR.

El sistema de lubricación y refrigeración es el sistema más importante para el turbo compresor, de éste, depende que el sistema de eje-bocín que se encuentra al interior del $\frac{3}{4}$ del turbo compresor sea lubricado continuamente, y que con el aceite que circula por él sea también refrigerado, para mantener en buen estado y lograr un trabajo exitoso del turbocompresor, sin tener fallas por sobrecalentamiento, ni por falta de lubricación.

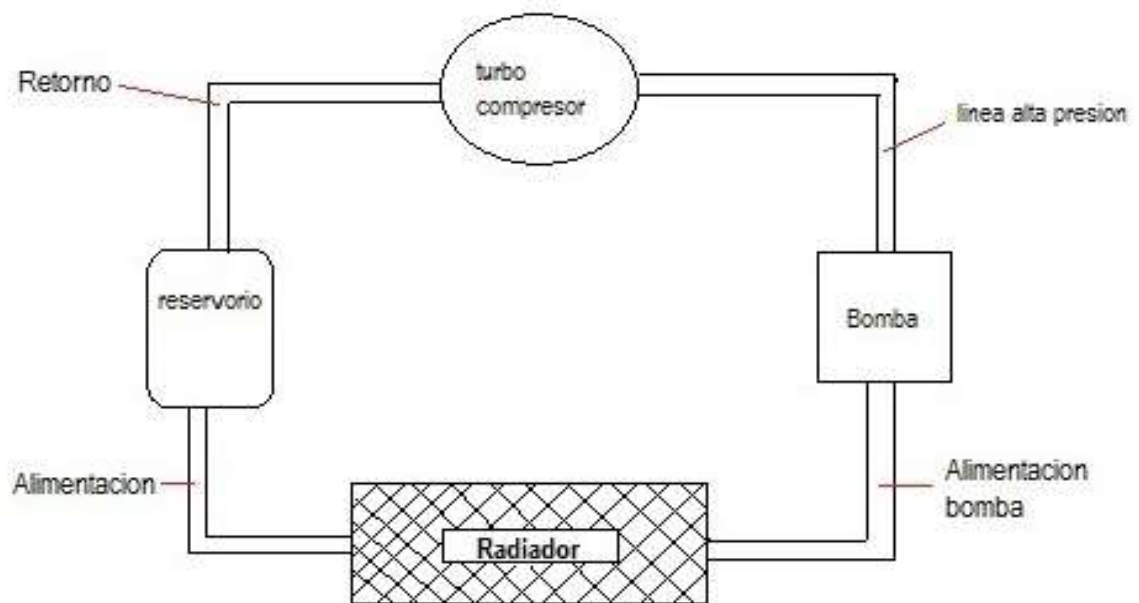


FIGURA 61: Diseño del sistema de lubricación y refrigeración.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Para obtener una presión constante de aceite hacia el turbo compresor, colocamos una bomba hidráulica, capaz de otorgar una presión de 8psi en frío y una presión de entre 1.5 y 2 psi en caliente, la variación de temperatura se refiere a la del aceite.



FIGURA 62: Bomba hidráulica del sistema de lubricación y refrigeración.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Se coloca un radiador para lograr un enfriamiento del aceite antes de ingresar a la bomba, para que esta trasporte el fluido hasta el turbo compresor, y de esta manera, pueda ser lubricada y refrigerada todas las partes motrices del turbo compresor.



FIGURA 63: Radiador del sistema de lubricación y refrigeración.

Fuente: (Espinosa, 2014)

El tanque o reservorio de aceite se coloca para almacenar la mayor cantidad posible de fluido, y mantener un constante flujo de aceite desde la bomba hidráulica hasta el turbo compresor.



FIGURA 64: Reservorio de aceite, del sistema de lubricación y refrigeración.

Fuente: (Espinosa, 2014)

La bomba hidráulica es una bomba mecánica, esto quiere decir que esta es accionada exteriormente por una fuerza motriz, la fuerza motriz de este sistema de lubricación y refrigeración la entrega un motor eléctrico de 12v.

El motor eléctrico y la bomba hidráulica mantienen un sistema de poleas y banda entre sí, para lograr el giro en la bomba y a su vez presión en el aceite para dirigirlo hasta el turbo compresor, el motor eléctrico entrega unas 5000 r.p.m., lo que es demasiado para la bomba hidráulica si estuviese conectado a una relación 1-1 en las poleas.

La relación de desmultiplicación en las poleas es de 1 a 5, lo que quiere decir que la bomba hidráulica gira a unas 1000 r.p.m., cuando el motor eléctrico gira a sus 5000 r.p.m.

A este sistema se suma el distribuidor, que es encargado del sistema de encendido. Con este componente tenemos 2 poleas, que son accionadas por la polea motriz del motor eléctrico.



FIGURA 65: Componentes del sistema motriz del sistema de lubricación y refrigeración.

Fuente: (Espinosa, 2014)

El sistema de refrigeración y lubricación completo, comprende de mangueras de alta presión de $\frac{3}{4}$ de pulgada, que salen desde el turbo compresor, de la toma de retorno de aceite hasta el reservorio, del reservorio hasta el radiador y del radiador hasta la bomba hidráulica.

Desde la bomba hidráulica hasta la toma de entrada del turbo compresor se colocó cañería de $\frac{1}{4}$ de metal, para evitar pérdidas de presión y sobre todo de fluido.



FIGURA 66: Sistema de lubricación y refrigeración.

Fuente: (Espinosa, 2014)

4.4 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO.

El sistema de encendido es el encargado de entregar energía eléctrica desde la batería hacia todos los implementos eléctricos que constituyen el sistema, con la función de generar una chispa al interior de la cámara de combustión, para iniciar la combustión de la mezcla aire- combustible.

El sistema se constituye de batería, interruptor, bobina, distribuidor y bujía. El distribuidor está conectado con una polea al sistema de banda polea para obtener el movimiento del motor eléctrico.

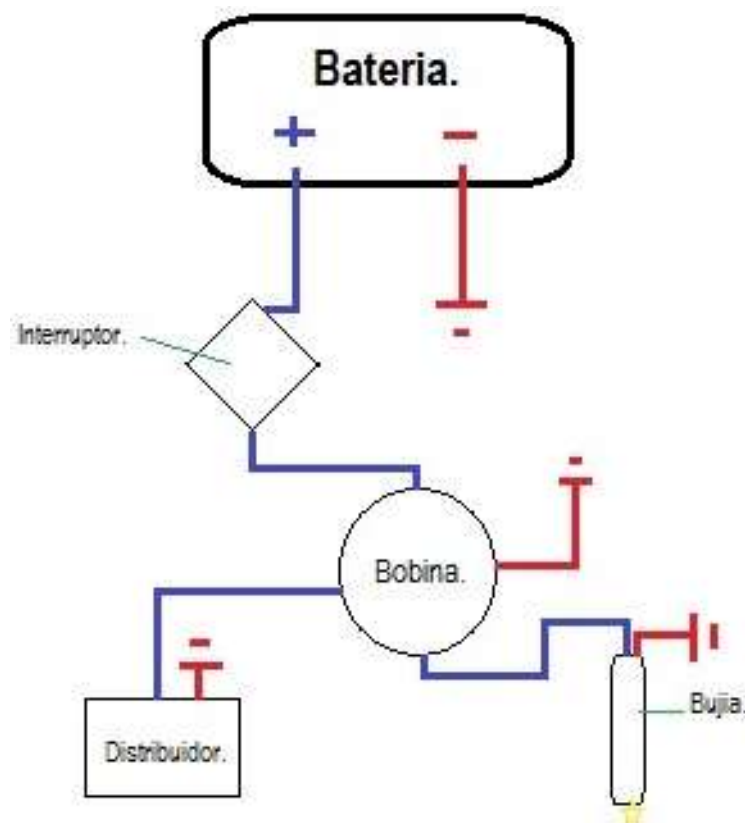


FIGURA 67: Diseño del sistema de encendido.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Este sistema está constituido como un sistema de encendido de un automóvil en base a un distribuidor de platino. En la ilustración #67 se detalla la configuración de cada uno de los elementos que constituyen el sistema, también grafica los polos de la batería, utilizando el color rojo para el polo negativo y el color azul para el polo positivo.

La bobina está compuesta por una resistencia, que como función tiene la de proteger el cuerpo bobinado de fluctuaciones en el voltaje, proveniente de la batería y el cuerpo bobinado, que es el encargado de elevar la tensión, para lograr que la chispa obtenida en la bujía sea lo bastante grande o fuerte capaz de encender la mezcla carburante.



FIGURA 68: Bobina del sistema de encendido.

Fuente: (Espinosa, 2014)

El distribuidor es el elemento administrador de los saltos de corriente, para que la bujía logre completar una chispa significativa capaz de encender el carburante al interior de la cámara de combustión.

Este distribuidor está compuesto de un eje, que regularmente trae 3 o más levas o protuberancias, que al girar hacen que el platino de saltos al pasar por cada una de las levas, este eje fue modificado para tener una sola leva, y de esta manera, tener menos saltos de corriente hacia la bujía, obteniendo una chispa de mayor fuerza, y una platinera que es la encargada de dar el mando de corriente en intervalos debido al trabajo en matrimonio con la leva del eje. La platinera está compuesta por dos perfiles que se juntan cada vez que la pata del platinero pasa por el punto muerto inferior del eje de levas del distribuidor y cierra el circuito eléctrico para enviar el mando de corriente, en este caso, hasta la bobina y esta elevar la tensión y obtener una chispa característica en la bujía.



FIGURA 69: Distribuidor del sistema de encendido.

Fuente: (Espinosa, 2014)

La bujía es la encargada de producir la chispa que inflama la mezcla carburante al interior de la cámara de combustión. La bujía está compuesta de un cuerpo de acero rodeado de un aislante de porcelana. Contiene un electrodo de acero inoxidable que recibe la corriente de alta tensión y genera la chispa.



FIGURA 70: Bujía del sistema de encendido.

Fuente: (Espinosa, 2014)

El interruptor es un elemento mecánico que interrumpe o da continuidad al paso de corriente hacia todo el sistema de encendido. En este caso, el interruptor del sistema de encendido es el de la derecha, ya que el de la izquierda es el del motor eléctrico.



FIGURA 71: Interruptores del sistema de encendido.

Fuente: (Espinosa, 2014)

El sistema de encendido, ya constituido con todos sus elementos, se ve de esta manera. En la ilustración #72 podemos ver también el motor eléctrico, que da la energía motriz al distribuidor y a la bomba hidráulica.



FIGURA 72: Sistema de encendido.

Fuente: (Espinosa, 2014)

4.5 CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS DEL TURBORREACTOR.

El chasis del turborreactor está constituido de tubos de sección cuadrada de 1", con el fin de obtener el mayor soporte posible, ya que en este se asientan todos los sistemas y el turborreactor. Se lo construyó de forma que el turborreactor quedase en el centro del go-kart de neumático a neumático trasero.



FIGURA 73: Piezas del chasis del turborreactor.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Soldado el cuadrante inferior, se da puntos de suelda a los parantes que sostendrán el turbo compresor, fijándose que exista espacio suficiente en la parte inferior del turbo compresor, para lograr montar y desmontar la cámara de combustión sin ningún abstráculo que lo impida. En el cuadrante inferior se colocaron vástagos de tubo, que encastrarán en los asientos del guardachoques del go-kart. De esta manera, se evita construir más bases para el motrimonio entre el chasis del turbo reactor y el go-kart, dismyuyendo peso e impidiendo la disminución de la velocidad de vehículo, por motivo del peso excesivo.

Con un nivel mantuvimos al eje del turbo compresor lo más derecho posible, ya que al eje del turbo compresor está diseñado la tobera de escape, y así, logrando el mayor empuje posible sin disminuciones de poder, por el mal alineamiento del flujo de la tobera de escape con la pista o carretera.



FIGURA 74: Ubicación turbo compresor

Fuente: (Espinosa, 2014)

Compuesto todo el chasis, continuamos con la soldadura de cada una de sus piezas, teniendo en cuenta que antes solo estaba sostenido por puntos de suelda, para lograr de manera más facil la perfecta ubicación de las piezas, si estas necesitan de ser modificadas.



FIGURA 75: Soldadura bases del chasis.

Fuente: (Espinosa, 2014)

De esta manera, se obtiene el chasis del turborreactor con el turbo compresor colocado, y cada una de las bases perfectamente asentadas.



FIGURA 76: Presentación del chasis con el turborreactor.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Ya montado el turborreactor en el chasis y el go- kart completamente armado, se debe ver de esta manera. Aquí se encuentra sin ningún sistema auxiliar del turborreactor.



FIGURA 77: Presentación del chasis y go-kart.

Fuente: (Espinosa, 2014)

De esta manera, se encuentran montados cada uno de los elementos conformantes de los sistemas del turborreactor sobre el chasis, el turbo compresor está desmontado para lograr una mejor visualización de los elementos y conexiones, tanto de cableado como de mangueras.



FIGURA 78: Chasis del turborreactor y sus sistemas auxiliares.

Fuente: (Espinosa, 2014)

Se logra observar al turborreactor montado en su soporte del chasis, y a cada uno de los elementos constituyentes de los sistemas auxiliares, y como están conectados al turborreactor, logrando observar que el sistema de lubricación y refrigeración conecta al turbo compresor, y de menor forma, se logra observar que el sistema de encendido se dirige a la parte inferior del turborreactor, donde se ubica la cámara de combustión.

Se observa también la ubicación del tanque de combustible y la manguera, que es redirigida a la toma situada en la cámara de combustión.



FIGURA 79: Presentación turborreactor y sus sistemas auxiliares.

Fuente: (Espinosa, 2014)

4.6 ENCENDIDO DEL TURBO REACTOR.

4.6.1 PASOS PARA EL ENCENDIDO DEL TURBORREACTOR.

- 1.** Verificar una carga absoluta de la batería, dado que no existe un elemento encargado de recargar la batería, mientras está en uso sobre el turbo reactor.
- 2.** Verificar que el freno del go-kart esté en óptimas condiciones y mantenerlo apretado para evitar accidentes.
- 3.** Verificar que el tanque de combustible esté cargado completamente.

4. Verificar en el panel de control que los dos interruptores estén apagados, con los dos ojos de cangrejo hacia abajo, como indica la ilustración #80, para que al momento de conectar los terminales de la batería no existan arranques en falso.

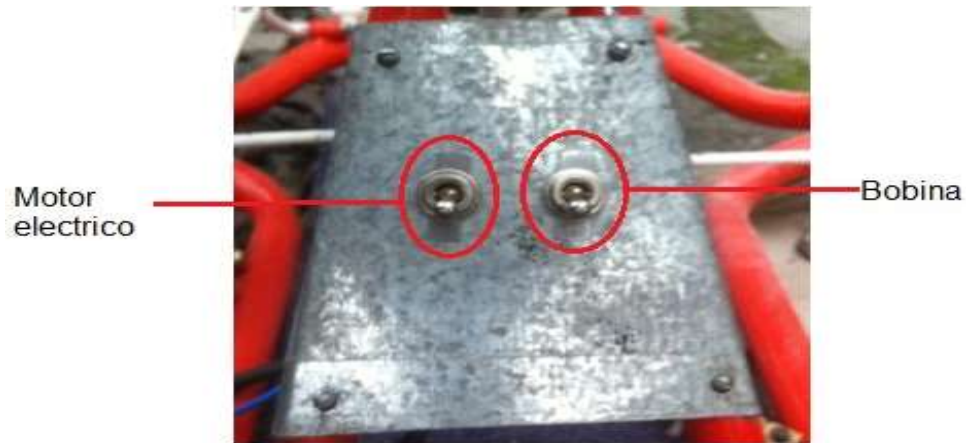


FIGURA 80: Panel de control.

Fuente: (Espinosa, 2014)

5. Conectar los polos de la batería con cada uno de sus terminales del cableado del turborreactor.

6. Verificar el ajuste de los polos de la batería para evitar interrupciones o cortes de corriente y falla de trabajo de los sistemas auxiliares del turborreactor, debido a la vibración que se tiene en el vehículo.

7. En el panel de control dar arranque al motor eléctrico, dando paso de corriente en el interruptor de la derecha, subiendo el ojo de cangrejo, como indica la ilustración #81.



FIGURA 81: Encendido motor eléctrico.

Fuente: (Espinosa, 2014)

8. Verificar que los elementos conectados por la banda motriz hacia el motor eléctrico, (bomba hidráulica y distribuidor) giren sin obstáculos ni interrupciones.



FIGURA 82: Elementos motrices.

Fuente: (Espinosa, 2014)

9. Comprobar que existe presión de aceite hacia el turbocompresor, confirmando en el reservorio de aceite que existe flujo de lubricante, entrando desde la manguera de verificación de flujo de aceite.



FIGURA 83: Reservorio de aceite.

Fuente: (Espinosa, 2014)

10. Iniciar el sistema de encendido, entregando paso de corriente hacia la bobina, subiendo el ojo de cangrejo de la izquierda en el panel de control.



FIGURA 84: Inicio sistema de encendido.

Fuente: (Espinosa, 2014)

11. La llave de rueda tiene una configuración de 2 vueltas, al girar las vueltas a la derecha el tanque permite el paso de combustible a su mayor presión posible. La llave de palanca tiene una configuración de 90°, que abierto al máximo a cualquiera de los dos lados, tendremos el paso de combustible hacia la cámara de combustión. A la llave de rueda girarla 1 vuelta a la derecha, para abrir el paso de combustible al 50%, la llave de palanca abrir 10° para empezar el arranque del turborreactor.

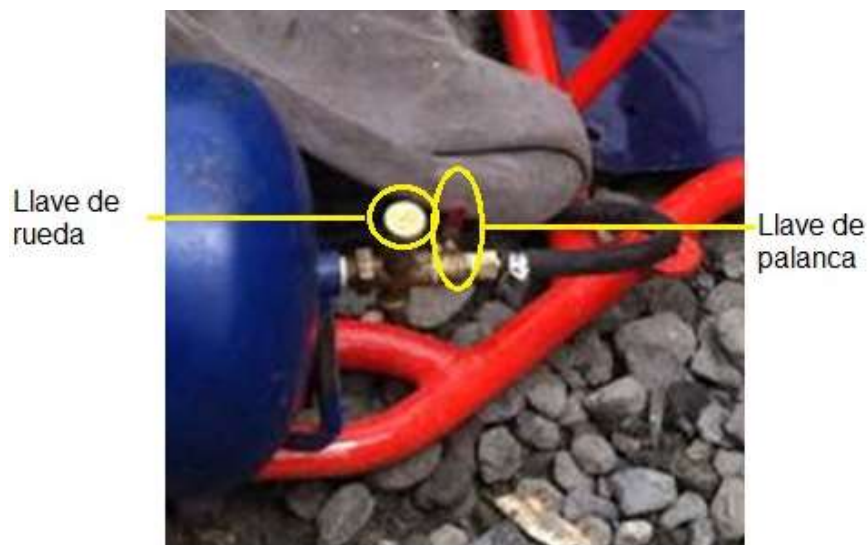


FIGURA 85: Apertura llaves de combustible.

Fuente: (Espinosa, 2014)

12. El compresor de aire, es un soplador de hojas o polvos de 750W. de potencia o 1hp, es el encargado de dar arranque o giro a la turbina de compresión o admisión del turbo compresor, hasta que el turborreactor pueda generar la fuerza suficiente para girar la turbina de escape y así a la turbina de admisión del turbo compresor. Con el compresor de aire dar inicio de giro al turbo compresor.



FIGURA 86: Compresor de aire.

Fuente: (Espinosa, 2014)

13. A una distancia de 20cm, acercar el compresor de aire para dar inicio de giro a la turbina de compresión del turbo compresor. Se lo hace a esta distancia para lograr encender la mezcla de aire-combustible, sin ahogar la mezcla con oxígeno, debido a que la turbina de admisión apenas empieza a girar ya inicia su trabajo de compresión, y debemos tener una mezcla rica en combustible para una ignición pronta y segura. Con esta configuración de encendido del 50% de apertura en la llave de rueda, 10° de apertura en la llave de palanca y 20cm de distancia entre el compresor de aire y la turbina de admisión, se debe obtener la ignición de la mezcla en el interior de la cámara de combustión, escuchando un sonido muy característico de “POFF”, lo que indica que la mezcla ya encendió.



FIGURA 87: Arranque turborreactor.

Fuente: (Espinosa, 2014)

14. Acercar el compresor de aire a la turbina de admisión a 10cm de distancia, para que esta gire a mayor velocidad y comprima mucho más aire, que será direccionado a la cámara de combustión, al mismo tiempo se abre la llave palanca a 25° y la llave de rueda $\frac{1}{4}$ de vuelta hacia la derecha.



FIGURA 88: Calentamiento turborreactor.

Fuente: (Espinosa, 2014)

15. Unir el compresor de aire al difusor del turbo compresor, para lograr la mayor velocidad posible de la turbina de admisión, siendo asistida en el giro por el compresor de aire; mantener la llave de palanca abierta a 25° y la llave de rueda abrir al máximo.

En este momento, debe empezar un sonido como de silvido proveniente del turborreactor, esto indica que está empezando a trabajar solo el turborreactor, y de a poco se empieza a retirar el compresor de aire, verificando que aún no necesita de la asistencia del compresor. De ser así, se vuelve a unir con el difusor del turbo compresor. Desde el paso 11 hasta el 15, deben pasar de 3 a 4 minutos aproximadamente, esto se debe a que deben llegar a temperaturas óptimas de trabajo la turbina de escape, la cámara de combustión y la tobera de escape. Pasado este tiempo, el turborreactor está trabajando por sí solo y escucharemos un sonido subsónico como lo generan los aviones.



FIGURA 89: Arranque turborreactor.

Fuente: (Espinosa, 2014)

4.7 RESPUESTAS A INTERROGANTES.

- ¿Por qué reparar el turbo compresor?

Se realiza la reparación del turbo compresor con el kit de reparación, porque en este Proyecto de Tesis se lo utiliza con el mismo principio de funcionamiento que en un automóvil, pero con la diferencia que en este Proyecto se lo somete a extremas condiciones de trabajo, como la temperatura y presión.

- ¿Es técnicamente viable la construcción de un turborreactor en base a un turbo automotriz?

Como antecedente, se debe indicar que la construcción de un turbo reactor a base de un turbo compresor, se mira fácil, pero empezando por el motivo que no podemos ubicar la cámara de combustión en la misma dirección que el eje de las turbinas, se inicia con el primer problema de diseño.

Otra de las dificultades es que, el turbo compresor está diseñado para fallar a un cierto punto de fatiga, y el turbo reactor lo que hace es llegar a los márgenes de falla por fatiga en cualquier tipo de material, con el que esté trabajado el turbo, por lo que hace mucho más difícil el diseño de una cámara de combustión, que llegue a márgenes relativamente medios para el óptimo trabajo del turbo reactor, sin llegar a destruir el turbo compresor.

El costo y la poca información de cómo construir o planos de diseño de un turbo reactor, hace que este trabajo sea absolutamente abrumador y de una gran carga emocional e intelectual, porque el constante trabajo que demanda el diseño y construcción de Proyecto de tal envergadura, simplemente abruma y frustra en ocasiones.

4.8 GLOSARIO DE TÉRMINOS.

c.c.: Cámara de combustión.

t.e.: Tobera de escape.

Propelente: Combustible (Diesel, gasolina o GLP)

GLP: Gas Licuado del Petróleo.

Carburante: Mezcla aire- combustible.

Go-kart: Vehículo pequeño utilizado para carreras de velocidad.

Soldadura: Operación destinada de modo permanente dos o más piezas de metal.

Desbastado: Quitar las partes excedentes o más bastas a una cosa que haya de labrar.

Empuje: Acción de una fuerza sobre un cuerpo.

Reacción: Acción que resiste o se opone a otra acción.

Chorro: Golpe de agua o de otro líquido, o de gas, que sale por una parte estrecha con alguna fuerza.

CAPÍTULO V

5 MARCO ADMINISTRATIVO.

5.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

TABLA 2: Cronograma de actividades.

N°	Tiempo Actividad	2012					2013												2014												2015
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
1	Elaboración plan de tesis.																														
2	Aprobación plan de tesis.																														
3	Desarrollo de la investigación																														
4	Desarrollo proyecto práctico.																														
5	Pruebas del proyecto.																														
6	Edición de tesis																														
7	Informes tribunal calificador																														

Fuente: (Espinosa, 2014)

5.2 RECURSOS.

5.2.1 RECURSOS HUMANOS.

El presente trabajo de investigación será elaborado por el señor Egresado de la especialización de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Espinosa Marroquín Carlos Fabricio.

Tutor:

Ing. Fausto Tapia.

5.2.2 RECURSOS INSTITUCIONALES.

TALLERES MUTIMARCAS R & R.

Técnico Propietario Cristian Rosero.

Ernesto Monje Sandoval 1-188 y Piedad Gómez Jurado.

(Ciudadela Nuevo Hogar.)

Ibarra-Ecuador.

5.2.3 RECURSOS ECONÓMICOS/PRESUPUESTO.

TABLA 3: Tabla de presupuesto económico.

Especies. N°	Material.	Cantidad.	Costo Unitario.	Costo Total.
1	Go kart	1	800\$	800\$
2	Turbo automotriz	1	600\$	600\$
3	Tubo de acero 3	2	150\$	300\$
4	Bomba de aceite	1	250\$	250\$

5	Motor eléctrico 12V	1	60\$	60\$
6	Tanque de aceite	1	90\$	90\$
7	Cañería acero	50cm	10\$	10\$
8	Radiador	1	50\$	50\$
9	Bobina	1	50\$	50\$
10	Tanque de propano	1	95\$	95\$
11	Mangueras	3 m.	7.50\$	22.50\$
12	Bujía	1	8\$	8\$
13	Distribuidor	1	60\$	60\$
14	Angulo de acero	2 m.	10\$	20\$
15	Poleas	3	12\$	36\$
16	Kit reparación turbo	1	90\$	90\$
17	Automático	1	45\$	45\$
18	Banda	1	15\$	15\$
19	Gastos talleres.	2	300\$	600\$
20	Pintura	3	35\$	105\$
21	Soplador.	1	65\$	65\$
22	Gastos varios.		150\$	150\$
	TOTAL			3521.50\$

Fuente: (Espinosa, 2014)

CAPÍTULO VI

6.1 CONCLUSIONES.

- La apertura de las llaves del tanque de combustible, después de experimentar en diferentes posiciones, ha permitido tener un óptimo desempeño de la cámara de combustión, logrando que, al final el encendido del turborreactor tenga la suficiente fuerza para girar las turbinas del turbo compresor, sin ninguna asistencia externa.
- Se concluye que es necesario tener un soplador de hojas o compresor de aire para el encendido del turborreactor, ya que es un elemento externo necesario para el arranque en frío del turborreactor.
- Una vez encendido el turborreactor y en caso de que se apagara, simplemente se debe dar una asistencia externa rápida del compresor de aire, y volverá a trabajar por sí solo el turborreactor.
- La bujía que se colocó en la cámara de combustión fue de una Toyota Hilux, porque las bujías utilizadas en este tipo de vehículos son mucho más largas que las normales, lo que permite que el electrodo de la bujía quede a una mayor altura que el shiglor de inyección de combustible al interior de la cámara de combustión, permitiendo una rápida ignición del combustible.
- Se concluye que el diseño y construcción del turborreactor es viable y puede ser adaptada a cualquier tipo de combustible, siempre y cuando se coloquen los sistemas auxiliares para la inyección de cualquier combustible líquido.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda mejorar la entrada de aire, ya que con esto se podría disminuir el tiempo de encendido del turborreactor, lo que permitiría tener más combustible en el tanque y mayor carga en la batería, permitiendo una prueba de velocidad mucho más larga en tiempo y distancia.

- Se recomienda realizar las pruebas de encendido y manejo con todas las normas de seguridad, ya que se manipula combustible (GLP) y electricidad, por lo que, si no se maneja adecuadamente podría generar alguna falla.
- Se sugiere encender el turborreactor en lugares abiertos o predestinados para pruebas o competencias, como un autódromo o pista de pruebas de velocidad, debido a que el turborreactor genera mucho ruido.
- Se propone una mayor investigación en cuanto al difusor de la cámara de combustión para obtener el mejor funcionamiento del turborreactor, con la menor pérdida de energía calórica.
- Es recomendable obtener mayor información y experimentación con la tobera de escape para lograr la más alta velocidad final de los gases, de tal manera que obtengamos una mayor velocidad en el movimiento del vehículo.
- Se recomienda realizar mantenimiento al turborreactor cada 10 horas de uso del turborreactor para alargar la vida útil de la máquina.

6.3 BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

aerea, S. (s.f.). *Seguridadaerea.es.com*. Obtenido de *Seguridadaerea.es.com*:
http://www.seguridadaerea.es/NR/rdonlyres/D27F40CC-72F6-436F-BAFB-6E0744574E09/39719/modulo14_cap01_a.pdf

Aeronauticos., C. S. (s.f.). *revista de aeronautica*.

Aeronauticos., C. S. (s.f.). *Revista de Aeronautica*.

Alvarez, M. C. (1980). Motores de Reaccion *TEGNOLOGIA Y OPERACION DE VUELO*. En M. C. Alvarez, *Motores de Reaccion TEGNOLOGIA Y OPERACION DE VUELO*. (pág. 102). Madrid, ESPANA.: PARANINFO, S.A.

Austrogas. (17 de 07 de 2011). *Austrogas*. Recuperado el 07 de 10 de 2013, de Austrogas.:

http://www.austrogas.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=23

Beltrán, L. M. (2010). *PRIMERA LEY PARA SISTEMA CERRADO*. Recuperado el 10 de 05 de 2013, de *PRIMERA LEY PARA SISTEMA CERRADO*:
<http://termoweb.comyr.com/primeraley.html>

Bing. (s.f.). *Los Automoviles.info.com*. Recuperado el 11 de 07 de 2012, de Los Automoviles.info.com: http://www.losautomoviles.info/2010_08_10_archive.html

C.S.Tarifa. (1951). Motores de reaccion y turbinas de gas. En C.S.Tarifa., *Motores de reaccion y turbinas de gas*. (pág. 65). Madrid.: Imprenta Instituto Nacional de Tecnica Aeronautica Esteban Terradas.

CarDiagram. (2012). Obtenido de CarDiagram: <http://cardiagram.com.ua/kakim-budet-samyi-bystryi-automobil-v-mire-bloodhound-ssc/>

Claudio, M. (2000). *Turbomaquinas, Terminas, Turbinas de Vapor, Turbinas de gas, Turbocompresores.* . Limusa.

Cuevas G., M. A. (14 de 07 de 2010). *El auto más veloz del mundo*. Recuperado el 11 de 07 de 2012, de El auto más veloz del mundo: http://www.losautomoviles.info/2010_08_10_archive.html

De La Fuente Silva, L. (2010). *La Investigacion Cientifica*. (monografias.com, Editor) Recuperado el 07 de 2012, de La Investigacion Cientifica.: <http://www.monografias.com/trabajos7/inci/inci.shtml>

Diez., V. S. (2007). El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares. 9 Edicion. En V. S. Diez., *El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares.9 Edicion*. (pág. 149). Madrid-ESPANA: Paraninfo, S.A.

Diez., V. S. (2007). El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares. 9 Edicion. En V. S. Diez., *El Motor de Reaccion y sus sistemas auxiliares.9 Edicion*. (pág. 155). Madrid-ESPANA: Paraninfo, S.A.

Electromecanica, A. d. (2007). Guia de mecanica automotriz.. En S. J. Valencia, *Mantenimiento de Sobrealimentadores de Motores*. (pág. 3). Atacama: COPIAPÓ. Obtenido de <http://www.geocities.com/mcascella/sobrealim/index.html>

Espinosa, F. (2014). Ibarra, Imbabura, Ecuador.

Javier.es. (s.f.). *Tecnologiajavier.es.com*. Obtenido de tecnologiajavier.es.com: <http://www.tecnologiajavier.es/3eso/t03mecanica/07motores.html>

Jimenez, J. (12 de 2008). *Motores para Volar*. Recuperado el 02 de 07 de 2012, de Motores para Volar: <http://www.google.com.ec/imgres?q=motores+pulsorreactores&hl=es&sa=X&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=zaARTMc5LMY2EM:&imgrefurl=http://www.tecnologiajavier.es/3eso/t03mecanica/07motores.html&docid=knys4jMzewl3pM&imgurl=http://www.tecnologiajavier.es/3eso/t03meca>

Jimenez, J. (12 de 2008). *Motores para Volar*. Recuperado el 06 de 07 de 2012, de Motores para Volar: <http://www.google.com.ec/imgres?q=motores+pulsorreactores&hl=es&sa=X&tbnm=isch&prmd=imvns&tbnid=zaARTMc5LMY2EM:&imgrefurl=http://www.tecnologiajavier.es/3eso/t03mecanica/07motores.html&docid=knys4jMzewl3pM&imgurl=http://www.tecnologiajavier.es/3eso/t03meca>

Lukascheuski, J. (2011). *HISTORIA DEL MOTOR A REACCION*. (E. r. Vago., Editor) Recuperado el 05 de 06 de 2012, de HISTORIA DEL MOTOR A REACCION: <http://html.rincondelvago.com/historia-del-motor-a-reaccion.html>

Martin, C. A. (1995). *Motores de Reaccion*. Madrid: Paraninfo.

Martin, C. A. (1995). *Motores de Reaccion, octava edicion*. Madrid: Paraninfo.

Martínez López, N. (06 de 2011). *DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN*. Recuperado el 07 de 2012, de DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.: http://www.aniorte-nic.net/apunt_metod_investigac4_4.htm

NFPA 58. (2004). *Codigo del gas licuado de petroleo*.

Principios basicos de un motor a reaccion. (09 de 2011). Recuperado el 03 de 06 de 2012, de Principios basicos de un motor a reaccion: http://www.seguridadeaerea.es/NR/rdonlyres/D27F40CC-72F6-436F-BAFB-6E0744574E09/39719/modulo14_cap01_a.pdf

Sanchez Tarifa Carlos, T. C. (s.f.). Motores de Reaccion. *Revista de Aeronautica.*, 67-72.

Sistemas de propulsion aeronautica. (08 de 2012). Recuperado el 05 de 06 de 2012, de Sistemas de propulsion aeronautica: http://www.ultraligero.net/Cursos/mecanica/Sistemas_de_propulsion_aeronautica.pdf

The Triumph Catrol Rocket. (2010). Obtenido de The Triumph Catrol Rocket:
<http://castrolrocket.com/worlds-fastest-automobiles/>

Ultraligero. (s.f.). *ultraligero.net.com*. Obtenido de Ultraligero.net.com:
http://www.ultraligero.net/Cursos/mecanica/Sistemas_de_propulsion_aeronautica.pdf

Vargas Cordero, Z. R. (06 de 2009). *LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER*. Recuperado el 07 de 2012, de LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER:
<http://www.latindex.ucr.ac.cr/educacion-33-1/educacion-33-1-09.pdf>

Whitney, P. &. (1994). *Manual de Mantenimiento de motores P & W*. Revision.

William, B. (1989). *Fundamentos de Turbinas de Gas*. Mc Graw Hill.

www.seguridadaerea.es. (s.f.). *PRINCIPIOS BASICOS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE REACCION*. Recuperado el 31 de 01 de 2013, de PRINCIPIOS BASICOS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE REACCION.:
http://www.seguridadaerea.es/NR/rdonlyres/D27F40CC-72F6-436F-BAFB-6E0744574E09/39719/modulo14_cap01_a.pdf

www.turbodrive.com. (20 de 02 de 2013). *Borg Warner*. Recuperado el 23 de 09 de 2013, de Borg Warner:
<http://www.turbodrive.com/es/turbofacts/designBearingSystem.aspx>

ANEXOS



FIGURA 90: Prueba cámara de combustión.

Fuente: (Espinosa, 2014)



FIGURA 91: Prueba turborreactor sin tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)



FIGURA 92: Prueba turborreactor sin tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)



FIGURA 93: Prueba turborreactor con tobera de escape.

Fuente: (Espinosa, 2014)

APELLIDOS Y NOMBRES	CURSO	CEDULA DE IDENTIDAD	FIRMA
Gómez Moreno Alonso Sebastián	9 ^{no}	100323411-7	
Echeverría Juan Carlos	9 ^{no}	100373940-4	
Edison Danilo Acuña	9 ^{no}	100330650-1	
Daniel Guevara Cristóbal	9 ^{no}	100330252-6	
Hilarión Xavier Ayala Yépez	9 ^{no}	040168048-3	
Jeferson Ricardo Botello Yépez	9 ^{no}	100349595-7	
Carlos Adán Pozo Rosero	9 ^{no}	040132261-5	
Darwin Javier Ramírez Ante	9 ^{no}	040194400-4	
Andrés Euspín		100356961-3	
ESTEBAN PÁEZ	9 ^o	172443494-7	
Alejandro Molina	9 ^o	172249505-4	
Jeferson Simbari	9 ^{no}	100345878-1	
Miguel Cevallos	9 ^{no}	040161526-5	
Víctor Cevallos	9 ^{no}	100345346-9	
Patricio Catucwaya	9 ^{no}	100378493-8	
Yasolga Auz Wilson Fernando	9 ^{no}	100331759-9	
Cristhian Andrés Godoy Salazar	9 ^{no}	040131115-4	
Cristhian Andrés Pilatucci Sandoval	9 ^{no}	100325532-08	
Rommel Isaac Salazar Villalba	9 ^{no}	100378079-6	

FIGURA 94: Lista de asistentes a la socialización.

Fuente: (Espinosa, 2014)



FIGURA 95: Socialización del tema.

Fuente: (Espinosa, 2014)



FIGURA 96: Socialización con los alumnos.

Fuente: (Espinosa, 2014)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer los textos completos de forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003826870		
APELLIDOS Y NOMBRES:	CARLOS FABRICIO ESPINOSA MARROQUIN		
DIRECCIÓN:	CARANQUI, LOS INCAS 5-127 Y AV. ATAHUALPA		
EMAIL:	fambrich_17@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	065001946	TELÉFONO MÓVIL:	0987854711
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TURBORREACTOR Y MONTAJE EN UN GO KART.”		
AUTOR:	CARLOS FABRICIO ESPINOSA MARROQUIN		
FECHA:	MARZO DEL 2015		
PROGRAMA:	☐ GRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
DIRECTOR:	ING. FAUSTO TAPIA		

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo CARLOS FABRICIO ESPINOSA MARROQUIN, con cédula de identidad N° 100382687-0, en calidad de autora y titular de los derechos Patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

Firma.....



Nombre: Carlos Fabricio Espinosa Marroquin

Cédula: 100382687-0

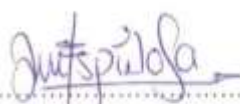
Ibarra, Marzo del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Firma.....

Nombre: Carlos Fabricio Espinosa Marroquin

Cédula: 100382687-0

Ibarra, Marzo del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

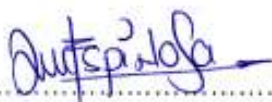
FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, CARLOS FABRICIO ESPINOSA MARROQUIN, con cédula de identidad Nro. 100382687-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: "Diseño Y Construcción De Un Turborreactor Y Montaje En Un Go Kart." que ha sido desarrollada para optar por el título De Ingeniero En Mantenimiento Automotriz., quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes mencionada, aclarando que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

Firma.....

Nombre: Carlos Fabricio Espinosa Marroquin

Cédula: 100382687-0

Ibarra, Marzo del 2015