

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ



TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE GASES DE ESCAPE MEDIANTE UN TURBO-COMPRESOR EN UN MOTOR MEP (4T) DE COMPETENCIA.

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

AUTOR(A):

PÁEZ CEVALLOS EDISON ALEJANDRO

DIRECTOR(A):

ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS. MSC.

Ibarra, 2023

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE GASES DE ESCAPE MEDIANTE UN TURBO-COMPRESOR EN UN MOTOR MEP (4T) DE COMPETENCIA**, presentado por el señor: Páez Cevallos Edison Alejandro, con número de cédula **1004169494**, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 01 días del mes junio del 2023.

Atentamente

IGNACIO
BAYARDO
BENAVIDES
CEVALLOS

Firmado digitalmente
por IGNACIO BAYARDO
BENAVIDES CEVALLOS
Fecha: 2023.06.07
10:12:23 -05'00'

Ing. Ignacio Benavides. MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100416949-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Páez Cevallos Edison Alejandro		
DIRECCIÓN:	San Antonio de Ibarra Calle Eloy Alfaro 3-46		
EMAIL:	eapaezc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	932-688	TELÉFONO MÓVIL:	0989623182
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE GASES DE ESCAPE		

	MEDIANTE UN TURBO-COMPRESOR EN UN MOTOR MEP (4T) DE COMPETENCIA.
--	--

AUTOR (ES):	Páez Cevallos Edison Alejandro
FECHA: DD/MM/AAAA	25 / 05 / 2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ignacio Benavides. MSc

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 07 días del mes de junio del 2023

EL AUTOR:



Nombre: Páez Cevallos Edison Alejandro.

DEDICATORIA

Le dedico la culminación de este trabajo de grado a toda mi familia. Principalmente a mis padres que me acompañaron en todo el proceso, en momentos buenos y no tan buenos. Les agradezco por darme las fuerzas necesarias para no decaer ante las dificultades, manteniéndome tranquilo y con los pies en el suelo y no dejarme morir en el intento.

Me han formado desde pequeño y me han corregido, para llegar a ser la persona que soy hoy en día, con principios, valores, empeño y perseverancia. Sin pedirme nada a cambio y con mucho amor.

También quiero dedicar mi trabajo de grado a mi hija Nathalia, por ser ese pilar fundamental para no rendirme y luchar sin decaer hasta conseguir los objetivos dándome la fuerza y amor que siempre necesito.

Por último y no menos importante, a mi hermano Javier, esto va por ti, y que este logro sirva de ejemplo para que nunca te rindas y sigas adelante en todos tus proyectos.

A mi enamorada Wendy, por tu fuerza, por tu voluntad, por tu amor, por siempre presionarme a cumplir mis metas, por estirarme la mano en los momentos no tan buenos. Sin duda ella logra calmarme y ayudarme a conseguir una paz, que me permite obtener el potencial que llevo dentro.

AGRADECIMIENTO

Todo el trabajo culminado fue posible a las enseñanzas de todos los docentes que con su paciencia y enseñanzas lograron brindarme un pedazo de todos sus conocimientos.

Gracias a los compañeros de aula, que en varias noches nos quedábamos estudiando para lograr entender temas de complejidad en el transcurso de todo este proceso.

Gracias a mis padres por brindarme todo lo necesario, incluso más de lo que merecía para obtener este resultado. Gracias a mi hermano por su ayuda incondicional en momentos difíciles, donde sin dudarlo acudió en mi salvación.

Gracias a la virgencita dolorosa por poner a todas estas personas en mi camino y poner un granito de arena en mi formación personal y académica.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCIÓN	19
ANTECEDENTES	20
JUSTIFICACIÓN	22
OBJETIVO GENERAL	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
ALCANCE	24
1 CAPITULO I: FUNDAMENTACION TEÓRICA.....	28
1.1 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	28
1.1.1 TREN DE POTENCIA	28
1.2 POTENCIA Y TORQUE.....	31
1.2.1 RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA.....	32
1.2.2 INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	32
1.2.3 UNIDAD DE CONTROL PROGRAMABLE	36
1.2.4 INTRODUCCIÓN AL TURBO COMPRESOR.....	38
1.2.5 SOBREALIMENTACIÓN	39
1.2.6 EMISIONES VEHÍCULARES	43
1.2.7 PÉRDIDAS DE POTENCIA POR ALTURA.....	45

1.2.8	TIPOS DE LUBRICANTE.....	47
2	CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS.....	51
2.1	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	51
2.1.1	Tipo de investigación.....	51
2.1.2	Diseño de la investigación	52
2.1.3	Niveles de la Investigación	52
2.1.4	Instrumentos.....	52
2.1.5	Procesamiento de la información.....	56
3	CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSION.....	60
3.1	DISEÑO Y SIMULACIÓN.....	60
3.1.1	DISEÑO DEL MÚLTIPLE DE ESCAPE.....	62
3.1.2	PREPARACIÓN O TRUCAJE DE MOTORES.....	63
3.1.3	MATERIALES	70
3.1.4	Simulación de SOLID WORKS FLOW SIMULATOR.....	72
3.1.5	Selección y Dimensionamiento del Turbo Compresor	78
3.1.6	Dimensionamiento del intercooler.....	83
3.2	IMPLEMENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
3.2.1	COMPARATIVA ANÁLISIS DE resultados de GASES DE ESCAPE 97	
3.2.2	COMPARATIVA ANÁLISIS resultados de dinamometro.....	99
4	CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101

4.1 Conclusiones.....	101
4.2 Recomendaciones.....	102
REFERENCIAS	103
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 0.1. Características del vehículo Corsa Wind	25
Tabla 0.2. Características modificadas del vehículo Corsa Wind.....	26
Tabla 1.1 Elementos de inyección multipunto.....	34
Tabla 2.1 Ficha técnica dinamómetro.	56
Tabla 3.1. Condiciones para la simulación	75
Tabla 3.2 tabla comparativa de características del vehículo antes y después de esta investigación	95
Tabla 3.3. Análisis de gases motor con turbo en relantin	97
Tabla 3.4 Análisis de gases motor sin turbo en relantin	97
Tabla 3.5 Análisis de gases motor con turbo a 4000 (RPM)	98
Tabla 3.6 Análisis de gases motor sin turbo a 2500 (RPM).....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Componentes del tren de potencia	28
Figura 1.2 Sistema de inyección multipunto	34
Figura 1.3 Funcionamiento del sensor MAP	35
Figura 1.4 Ilustración de una ECU-Halltech	37
Figura 1.5 Diagrama de conexión de un Halltech.....	37
Figura 1.6 Variación de rendimiento de motores a partir del uso de sistemas overboost.....	40
Figura 1.7 Controlador de tipo manual T	41
Figura 1.8 Controlador de tipo manual F.....	41
Figura 1.9 Válvula de descarga Blow off.	43
Figura 1.10 Afectación de la altura al rendimiento de un motor	46
Figura 1.11 Resumen de las condiciones climáticas de la ciudad de Ibarra, Ecuador.	47
Figura 1.12 Agrupación de lubricantes.....	48
Figura 1.13 Clasificación de lubricantes S	48
Figura 1.14 Propiedades de la bujía.....	50
Figura 2.1 Ilustración de dos tipos de torquímetros	53
Figura 2.2 Ilustración de tipos de medidores de compresión de vehículos	53
Figura 2.3 Ilustración de un tacómetro vehicular	54
Figura 2.4 Analizador de emisión de gases a través de tubos de escape	55

Figura 2.5 Características del analizador de emisión de gases	55
Figura 2.6 Diseño de proceso para toma de datos	57
Figura 3.1 Solidworks.....	60
Figura 3.2 Simulación con Solidworks Flow Simulation	62
Figura 3.3 Diseño del múltiple de escape con configuración 4 a 1	63
Figura 3.4 Procedimiento de rebajar la culata por la zona de las cámaras	64
Figura 3.5 Válvula de Admisión.....	65
Figura 3.6 Elementos de un sistema de admisión	67
Figura 3.7	70
Figura 3.8 Composición química del material utilizado	71
Figura 3.9 Propiedades mecánicas.....	71
Figura 3.10 Condiciones de frontera	76
Figura 3.11 Flujo de velocidad	77
Figura 3.12 flujos de presión	77
Figura 3.13 flujos de velocidad	78
Figura 3.14 Temperatura de entrada intercooler.....	85
Figura 3.15 Temperatura de salida intercooler.....	86
Figura 3.16 Intercooler a implementar	86
Figura 3.17 Imágenes del cabezote.....	88
Figura 3.18 Imágenes después de la limpieza de imperfecciones	89
Figura 3.19 Condiciones de construcción del múltiple de escape	89

Figura 3.20 Imagen del proceso de construcción e instalación del múltiple de escape	90
Figura 3.21 Condiciones finales de la implementación del múltiple del sistema de escape.....	90
Figura 3.22 Reemplazo del múltiple de admisión tipo ITV'S.....	91
Figura 3.23 Inyectores y riel de combustible utilizados con el sistema tipo UTV'S	91
Figura 3.24 Inyectores y riel de combustible utilizados con el sistema tipo UTV'S	92
Figura 3.25 Colocación de múltiple original del vehículo (Aveo)	93
Figura 3.26 Ubicación de las tuberías turbo – intercooler.....	93
Figura 3.27 Ubicación de la válvula de control de presión (BlowOff)	94
Figura 3.28 Análisis de Dinamómetro motor con turbo.....	99
Figura 3.29 Análisis de Dinamómetro motor sin turbo.....	99

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I Imágenes del Vehículo en el dinamómetro	110
Anexo II Pruebas de Dinamómetro	111

RESUMEN

El uso de sistemas de recuperación de gases de escape en motores de combustión interna se ha vuelto cada vez más popular debido a la creciente preocupación por la eficiencia energética y la reducción de emisiones contaminantes. Uno de los sistemas más efectivos para lograr estos objetivos es el sistema de recuperación de gases de escape mediante un turbo-compresor. La presente investigación “Implementación de un Sistema de Recuperación de Gases de Escape Mediante un Turbo-Compresor en un Motor MEP (4t) de Competencia” se la llevo a cabo empleando una metodología de investigación aplicada, con un enfoque descriptivo con un diseño cuantitativo permitieron realizar el modelamiento a través de procesamiento de información y los resultados permitieron una adaptación y preparación de un motor de competencia que cumplió con las condiciones necesarias para un adecuado rendimiento en cuanto a eficiencia térmica, mecánica, potencia y torque en diferentes condiciones físicas y geográficas. Esta implementación obtuvo como resultado mejoras sustanciales en el caballaje que aumento de 112.2 CV a 170.9 CV y con el enriquecimiento de la mezcla se obtuvo un aumento de casi el 50% de hidrocarburos no quemados.

Palabras clave: Turbo, intercooler, Eficiencia, Mejora, Hidrocarburos no quemados

ABSTRACT

The use of exhaust gas recovery systems in internal combustion engines has become increasingly popular due to growing concerns about energy efficiency and the reduction of polluting emissions. One of the most effective systems to achieve these objectives is the exhaust gas recovery system using a turbo-compressor. The present investigation "Implementation of an Exhaust Gas Recovery System Using a Turbo-Compressor in a Competition MEP Engine (4t)" was carried out using an applied research methodology, with a descriptive approach with a quantitative design allowed perform the modeling through information processing and the results allowed an adaptation and preparation of a competition engine that met the necessary conditions for adequate performance in terms of thermal, mechanical, power and torque efficiency in different physical and geographical conditions. This implementation resulted in substantial improvements in horsepower that increased from 112.2 CV to 170.9 CV and with the enrichment of the mixture, a reduction of almost 50% of unburned hydrocarbons was obtained.

Keywords: Turbo, intercooler, Efficiency, Improvement, Unburned hydrocarbons

INTRODUCCIÓN

El uso de sistemas de recuperación de gases de escape en motores de combustión interna se ha vuelto cada vez más popular debido a la creciente preocupación por la eficiencia energética y la reducción de emisiones contaminantes, tanto en vehículos de uso diario como de competencia. Uno de los sistemas más efectivos para lograr estos objetivos es el sistema de recuperación de gases de escape mediante un turbo-compresor.

Foronda et al. (2020), indican que este sistema funciona aprovechando la energía de los gases de escape que normalmente se pierden en el proceso de combustión. Al reciclar esta energía para mover un compresor, se aumenta la densidad de aire en la admisión del motor, lo que permite que el motor pueda consumir más aire y enriquecer la mezcla con el combustible. Esto, a su vez, aumenta la potencia y eficiencia del motor.

Además, el uso de un turbo-compresor en el sistema de recuperación de gases de escape también tiene un impacto positivo en el medio ambiente. Al permitir que el motor funcione más eficientemente, se reduce la cantidad de emisiones contaminantes producidas por el motor. Esto contribuye a la protección del medio ambiente y a la lucha contra el cambio climático.(Varón & Uribe, 2018, p. 53)

Sin embargo, es importante destacar que el uso de un sistema de recuperación de gases de escape mediante un turbo-compresor requiere un mantenimiento adecuado y regular para funcionar de manera efectiva. Esto incluye la limpieza y el reemplazo periódico de componentes clave, como el compresor y los colectores de escape.

Se puede indicar que el uso de un sistema de recuperación de gases de escape mediante un turbo-compresor puede ser una solución eficaz para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones contaminantes de los motores de combustión interna. Sin embargo, es importante asegurarse de que el sistema se mantenga adecuadamente para lograr resultados óptimos.

ANTECEDENTES

El uso del empleo de la turbo alimentación se remonta a la invención del motor de combustión interna como tal. Ya en 1885 y 1896, Gottlieb Daimler y Rudolf Diésel investigaron incrementar la potencia y reducir el consumo de combustible de sus motores mediante la pre - compresión del aire de combustión. En 1925, el ingeniero suizo Alfred Büchi fue el primero en lograr la turbo alimentación por gases de escape, obteniendo un aumento de potencia superior al 40%. Esto marcó el inicio de la introducción paulatina de la turbo alimentación en la industria automovilística (BorgWarner Turbo Systems, 2021, p. 16).

Las primeras aplicaciones de mejoramiento del rendimiento de motores empleando un turbocompresor se limitaban a motores enormes, como los usados en vehículo marítimos. En la industria de motores para automóviles, la turbo alimentación empezó aplicándose a motores de camiones (vehículos empleados para cargas pesadas). En 1938, se construyó el primer motor turboalimentado para camiones a cargo de la sociedad "Swiss Machine Works Saurer "(BorgWarner Turbo Systems, 2021, p. 17).

En los años 1962 – 1963 cuando el turbo llega a los automóviles de producción en serie, la marca General Motors en Estados Unidos comienza la producción en línea de vehículos turboalimentados; los estudios sobre la potenciación aplican a los turismos que avanzan de manera significativa. Esos años, Europa estaba en una crisis tras la guerra, lo que dictaminó que se construyeran motores con una cilindrada dictaminada y no muy elevada, de igual manera que los vehículos sean accesibles económicamente a la hora de adquirirlos y en su consumo (Ferrer, 2019, p. 23). Estos avances facilitaron y motivaron el empleo de vehículos en cierto tipo de competencias.

En la industria automotriz, la competencia para que los modelos deportivos de las marcas fueran más potentes no incumpliendo las normas impuestas ya en Europa de contaminación dan paso a nuevas tecnologías. De esta manera los motores con válvulas en la culata y varillas de empuje fueron desapareciendo, dando paso a cabezotes con árboles de levas y propulsores. Los ingenieros desarrollan motores más pequeños que fueran más rápidos, de la misma manera se estudiaba que los sistemas de sobrealimentación fueran más eficientes (Ferrer, 2019, p. 24).

El objetivo llevo a la consecución de un nuevo avance, el antiguo carburador cedió su terreno ante la llegada de nuevos sistemas a inyección electrónica. Con esta evolución, la sobrealimentación crece de manera paralela y empieza a extenderse con numerosas campañas especializadas en la fabricación como la reconocida marca de turbos Garrett, Holset, BorgWarner, entre otras (Foronda et al., 2019)

El auge de los turbos en la competencia empezó en los años de 1979, donde la marca Renault con su división de la Formula 1 gano una carrera con el primero motor turbo alimentado de competición marcando un hecho histórico en las carreras de automovilismo y de la marca como tal.

En la actualidad, la sobre alimentación en motores de gasolina no se la ve principalmente desde las prestaciones, sino que se utiliza como la forma de reducir el consumo de combustible y, por tanto, la contaminación ambiental, gracias a la reducción en las emisiones de dióxido de carbono El motivo fundamental de aplicar la turbo alimentación proviene del aprovechar de los gases de escape para reducir el consumo y emisiones, brindando una mayor potencia. (BorgWarner Turbo Systems, 2021, p. 23).

Los motores de combustión interna, para su correcto funcionamiento necesitan mantener una relación de aire combustible muy exacta, con esto logrando que la energía química del combustible sea aprovechada en su gran mayoría. Esto lleva a que los autos de combustión interna, al subir metros de altura van perdiendo fuerza ya que la presión ejercida del aire disminuye y la calidad de oxígeno que llega a la cámara de combustión no es la adecuada. En los motores a carburador se utilizaba un compensador de altura, este reajustaba la cantidad de combustible que necesitaba (Italo Cevallos, 2015, p. 22).

En los vehículos a inyección electrónica cuentan con sensores de presión barométrica, los cuales envían al computador una señal y, los inyectores reciben esta señal para que inyecten el combustible necesario de acuerdo a la altura que se encuentra el vehículo

Estos sistemas de compensación de altura son instalados generalmente en países que superar los 1.500 metros sobre el nivel del mar como es el caso de países como Colombia, Ecuador, Bolivia, evitando que los motores sufran por falta de pérdida de potencia.

Desde hace varios años la simulación es un campo muy amplio e importante a la hora de determinar factores en los cuales brinden información antes de aplicarlos en la vida real, evitando daños materiales y brinda un ahorro tanto económico como en factores de tiempo.

JUSTIFICACIÓN

Es importante conocer que energía es la capacidad de producir trabajo, así como el torque es la energía que se trasmite a la rueda. Al hablar de torque del motor, es la energía que está brindando el motor en ese momento. Cuando se habla de potencia, se hace referencia a la velocidad en la que se transforma la energía luego de un tiempo. (Maciej Serda et al., 2018, p. 38)

El desarrollo de este proyecto contribuye con la solución de la pérdida de potencia por la altura (sobre el nivel del mar) en la cual se encuentra el vehículo para sus competencias, solucionando también una mejora en su eficiencia. El vehículo en el cual se implementó el diseño propuesto, actualmente está modificado para la competencia; sin embargo, sus modificaciones actuales son básicas y realizadas empíricamente, al término de la investigación y aplicación, el vehículo no está totalmente finalizado, dando margen a una mejora de su rendimiento la cual será levemente notorio y eficiente en ciudades que se ubiquen sobre los 2.000 msnm.

La importancia de la contribución para el ámbito de las competencias automovilísticas, es una investigación tanto a técnica, científica como académica, que permite que el Ecuador se haga presente en este tipo de eventos incrementar el turismo a nivel nacional e internacional. Es necesario citar que en la provincia de Imbabura-Ecuador existe el autódromo internacional de Yahuarcocha, espacio físico que facilita las pruebas funcionales, las cuales arrojan datos reales en una pista de esta índole permitiendo tener una visión más realista del mundo de la competición que son normalmente televisadas o retrasmittidas por redes sociales o diversos medios de comunicación.

Con la aplicación del diseño se logrará demostrar que un vehículo turbo-cargado puede generar mayor eficiencia y rendimiento a la hora de competir brindando datos reales y soluciones en relación de la eficiencia y rendimiento del vehículo en competencia. Cuando

se habla de presión atmosférica refiere a cuanta presión ejerce el aire dependiendo a la altura la cual se encuentre, sabiendo que mientras más metros sobre el nivel del mar menos presión existirá.

Se conoce de la densidad del aire que mientras el aire más frío se encuentra ingresando a la cámara de combustión habrá una mejor eficiencia volumétrica, teniendo en cuenta todas las restricciones nuestro porcentaje se vería entre un 75% a 85%, obteniendo que nunca se va a lograr llenar por completo de aire nuestro cilindro y disminuyendo nuestro torque y potencia; pero no significa que mientras se tenga un mejor llenado se va a tener por seguro un mayor desempeño, la calidad del aire nos da a conocer que este puede estar muy contaminado o no.(Anchatuña Llumiquinga, 2021, p. 39)

(Valencia-Ochoa et al., (2020), indican que un fluido es toda sustancia en fase líquida, gaseosa o inclusive en plasma, que se caracteriza por que sus partículas se mueven y cambian de posición con gran facilidad. Un fluido se distingue con mayor facilidad debido a que al aplicarle una fuerza se deforma continuamente debido al esfuerzo así este sea pequeño. Los fluidos carecen de forma propia, adoptando la forma del recipiente o espacio donde se encuentra o lo contiene, también hay que tener en cuenta que los fluidos se mueven, deslizan o incorporan a cualquier forma en la cual se encuentran.

Los gases son mucho menos viscosos que los líquidos, estos últimos tienen volumen y forma propia, mientras que los gases carecen de estos dos atributos ocasionando que las moléculas se muevan o dispersen con facilidad. La mecánica de fluidos ayudara a entender el comportamiento de los fluidos que se utilizarán en el presente proyecto brindando información valiosa y, a su vez ayudara al entendimiento de materias pertinentes a la mecánica de fluidos y la dinámica y termo dinámica, con la ventaja de poder sacar datos en tiempo real para solucionar problemas.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de recuperación de gases de escape mediante un turbo-compresor en un motor MEP (4T) de competencia

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar documentación bibliográfica existente sobre modificaciones de motores para competencia.
- Elaborar la propuesta de diseño y simulación de los componentes a implementarse en el vehículo de competencia.
- Implementar los diseños elaborados y simulados en la propuesta, para verificar el rendimiento en ciudades de altura.

ALCANCE

El presente trabajo de investigación se realiza en un vehículo liviano de la marca Chevrolet, modelo Corsa (conforme características detalladas en la Tabla 1) preparado de competencia con motor Chevrolet 1.6L, los diseños para la elaboración de todo el sistema de turbo – cargador nos brindaran mayor información de análisis para alcanzar la eficiencia requerida. Se escogerá un máximo de tres materiales con los cuales se construirá los múltiples de escape y conductos del intercooler.

La realización del presente proyecto permitirá incrementar la potencia del motor de competencia. El trabajo a realizar consiste en el diseño, simulación e implementación de los componentes requeridos para mejorar el rendimiento del motor (potencia, torque, velocidad.).

El alcance del presente trabajo está limitado por el diseño e implementación de un motor de competencia, el cual inicialmente ya cuenta con un cabezote modificado (características expuestas en la Tabla 2) y que posteriormente, luego de un adecuado diseño y simulación de las partes y componentes, se procederá a implementar las modificaciones requeridas del kit de turbo, múltiple de escape y el intercooler.

Tabla 0.1. Características del vehículo Corsa Wind

DATOS TÉCNICOS DEL VEHÍCULO PRE-REPOTENCIADO	
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Marca	Chevrolet Corsa Wind
No. Cilindros	4
Distribución	DOHC
Cilindrada	1593 cc
Relación de compresión	1:9.5
Potencia	120 CV
Torque	100.6Nm@6000rpm
Velocidad Máxima	179 km/h
a) MOTOR	
Tipo	Delantero Transversal
Tracción	Delantera
Grado viscosidad aceite motor	20W50

Cantidad de litros del motor	3.25
Grado de viscosidad aceite caja	70W90
Cantidad en litros de la caja	1.6

b) ENCENDIDO

Tipo	DIS
Orden de encendido	1-3-4-2
Bobina de encendido	AC DELCO
Resistencia	4700 ohm

Tabla 0.2. Características modificadas del vehículo Corsa Wind

Variable/ Sistema			Parámetro		Observación
			Antes	Actual	
Chevrolet Wind	Corsa	1.6L	1.6L		Misma cilindrada con mejor eficiencia.
Número de cilindros		4	4		No varía.

Distribución	DOHC	DOHC	No varia.
Cilindrada	1593cc	1593cc	No varia.
Potencia	120 CV	170.9 CV	Considerable aumento de potencia, en un 42%.
Torque o par motor:	100.6Nm a 5900 rpm	195.15Nm a 5958 rpm	Con la mejora de torque se obtendrá una mejor aceleración. Aumento de torque en un 51.55%
Velocidad máxima	192 km/h	192 km/h	No se ha modificado cono y corona en la transmisión, la velocidad máxima no varía.
Sistema de encendido	DIS Orden de encendido:1-3-4-2	DIS Orden de encendido:1-3-4-2	No varía
Bobina de encendido:	AC DELCO	Bobina.	
Resistencia	5700 ohm	5700 ohm	

1 CAPITULO I: FUNDAMENTACION TEÓRICA

1.1 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

1.1.1 TREN DE POTENCIA

De acuerdo con Laverde (2020), al hablar de él tren de potencia, se refiere a un gran conjunto armonioso de sistemas, que logran ejecutar el trabajo en las ruedas de tracción del vehículo. Considerando que la potencia motriz es el resultado de la transformación de energía química generada por el motor (de combustión interna, eléctrico, híbrido, entre otros) en energía mecánica que genera el movimiento lineal y mediante el cigüeñal en movimiento rotativo. Dependiendo de la posición del motor y la propulsión en ruedas traseras o delanteras o ambas, se tiene diversos componentes en el tren de potencia, como se puede apreciar en la Figura

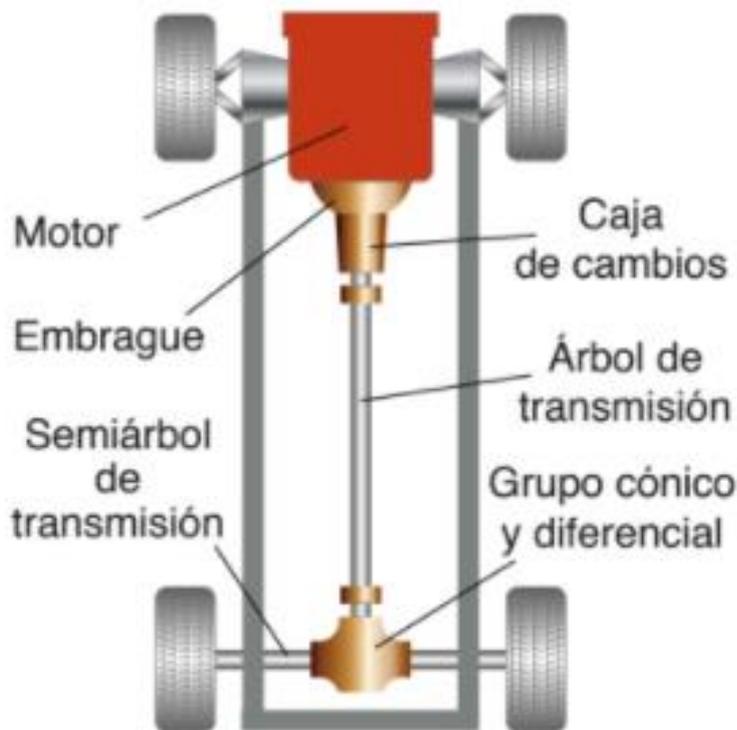


Figura 1.1 Componentes del tren de potencia

Fuente: (Dominguez & Ferrer, 2018, pág. 15)

Las partes del tren se potencia son varios: motor, transmisión, diferencial, ejes, etc. Sin embargo, para el presente trabajo de implementación, se procederá a detallar dos componentes claves: motor de combustión interna y embrague.

1.1.1.1 Motor de combustión interna

Los también identificados como motores endotérmicos alternativos o motores de combustión interna son capaces de convertir la energía química en energía mecánica, directamente utilizable, según la afirmación de Camacho & Chancusi, (2021) el rendimiento de los motores de combustión interna aumento luego de las mejoras implementadas por Nikolaus Otto.

A continuación, se plasman dos figuras correspondientes al motor de combustión interna y la descripción de los cuatro tiempos.



Figura 1.2 Motor de combustión interna

Fuente: (Vanegas et al., 2021)

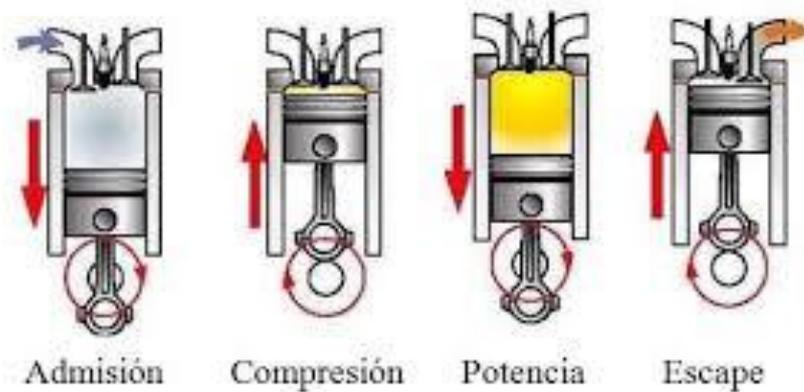


Figura 1.3 Descripción de los 4 tiempos del motor de combustión interna

Fuente: (AutoDoc, 2020, p. 12)

1.1.1.2 Embrague

Es un componente que permite la conexión entre motor y la caja de cambios, controlado mediante la aplicación de fuerza en el pedal, lo que activa o desactiva esta transmisión de movimiento.

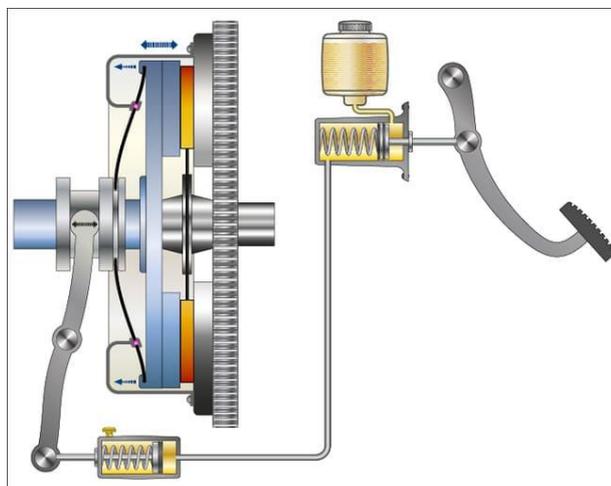


Figura 1.4 Esquema de funcionamiento del embrague

Fuente: (AutoDoc, 2020, p. 12)

1.2 POTENCIA Y TORQUE

El torque es una magnitud vectorial, también definida como momento de fuerza, en términos generales, se considera como la fuerza aplicada en un punto específico, con la finalidad de provocar el giro del cuerpo total de la misma. En el ámbito automotriz, el torque es la fuerza que permite el movimiento del vehículo, y uno de los indicadores de este movimiento son las revoluciones por minuto (rpm) (Hello auto, 2022, párr. 5).

Es importante resaltar que el torque no es sinónimo de potencia, y, por el contrario, las condiciones de torque que dispone un motor no afectan a la velocidad del mismo. Sin embargo, el torque si puede estar relacionado con la potencia del motor (al expresar la fuerza que dispone un motor para moverse) y con el índice de consumo de combustible (debido a que el torque ocurre cuando el pistón se comprime al momento en que el combustible traspasa el cilindro de combustión).

El torque también es conocido como par motor, es una magnitud variable, y es computado como el producto de la fuerza ejercida sobre la biela y el radio del cigüeñal (Castillo et al., 2017, p. 23). En un motor de cuatro tiempos, esta fuerza se maximiza en el momento en que se produce la combustión y la expansión del cilindro, mientras que, en los otros tres tiempos, el valor del torque es negativo.

Por otro lado, la **Potencia** es una magnitud que expresa la velocidad, por tanto, refleja disponibilidad del torque en el transcurrir del tiempo. Por su parte, esta magnitud es obtenida como el producto del torque por la velocidad angular, por tanto, también es una relación entre la compresión y el cilindraje (Castillo et al., 2017, p. 23).

Es fundamental comprender que forzar el rendimiento del motor por encima de los límites máximos de torque y potencia no genera el efecto esperado, pues cuando un motor alcanza su rendimiento máximo, el exceso de revoluciones puede ocasionar una disminución en la potencia y limita el correcto funcionamiento de cilindros, por ende, disminución del torque

1.2.1 RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA

Cuando el aire y el carburante se mezclan y el aire contiene el oxígeno necesario para reaccionar con el carbono del carburante se habla de una mezcla estequiométrica, la cual puede ser rica o pobre según la concentración de oxígeno, si hay mucho oxígeno la mezcla es pobre mientras que si hay poco oxígeno la mezcla es rica

1.2.2 INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Según (Laverde, 2020), para el funcionamiento del motor el sistema de alimentación de combustible es uno de los más importantes, ya que es el encargado de dar el combustible en el interior del cilindro del motor y que la mezcla de aire combustible se genere y con esto se dé el fenómeno de combustión que genera el trabajo del motor.

Gracias a los avances tecnológicos que se han desarrollado, el carburador, que era el dispositivo principal para el suministro de combustible ha quedado obsoleto, dando paso a la inyección electrónica de combustible, que mejora el rendimiento y la economía ya que reduce el gasto innecesario de combustible y también ayuda a mantener de mejor manera el motor, pero principalmente ha reducido la contaminación del aire.

Existen varios tipos de sistemas de inyección electrónica entre estos se tiene :

Inyección multipunto,

Inyección mono punto,

Inyección Jetronic,

Inyección Motronic,

Inyección mona motronic,

Inyección Motronic ME 7,

Inyección Motronic MED 7.

En términos generales, los inyectores son clasificados de acuerdo a diversos criterios, como: impedancia (alta y baja impedancia), válvula obturadora (de aguja, de disco o de bola), conector eléctrico (interno o externo), alimentación de combustible (superior y lateral) (Villavicencio, 2012, p. 34).

Así mismo, la literatura y la industria oferta clasificación de inyectores acorde al número de inyecciones, siendo estos inyectores del tipo: continuos, directos y electrónicos (PURO Motor, 2022, p párr. 7).

Tomando como referencia de un motor sobrealimentado, el cual se diseña y construye conservando principios que permitan mayor ingreso de aire y combustible (para conseguir una adecuada mezcla estequiométrica), puesto que estas condiciones permitirán un mayor desempeño, tienden a emplear inyectores cada vez más sofisticados, a fin de alcanzar el máximo rendimiento posible del mismo.

Por tanto, un motor sobre alimentado demanda mayor cantidad de combustible por unidad de tiempo para alcanzar un máximo rendimiento del motor, puesto que el no disponer del flujo de combustible requerido provoca un sobrecalentamiento, mismo es perjudicial en términos de rendimiento. Este requerimiento induce que el inyector cumpla condiciones específicas de tamaño y presión, puesto que el solo incremento de tamaño, no garantiza el flujo de combustible necesario (Hartman, 2013, p. 22). Normalmente, estos inyectores tienen orificios más grandes.

Por otro lado, en un motor convencional se considera la constante de 14,7 partes de aire por cada parte de gasolina (a esta afirmación se le considera como $\lambda=1$), por tanto, para un motor sobre alimentado, el valor de presión cambia, siendo que para el efecto se puede considerar un $\lambda \leq 1$, lo que implica que existirá un mayor rendimiento del motor, siempre y cuando, la proporción de aire sea menor a la señalada (Hartman, 2013, p. 23).

Para este caso se considera la Inyección multipunto la cuál utiliza una válvula de inyección o inyector por cada cilindro del motor.

Tabla 1.1 Elementos de inyección multipunto

Numero	Elemento
1	Tubo distribuidor de la entrada de
2	Aire
3	Mariposa de aceleración
4	Colector de admisión
5	Inyectores
6	Motor

Nota: En la Tabla se puede observar los elementos de un sistema de inyección multipunto, elaborado por el investigador.

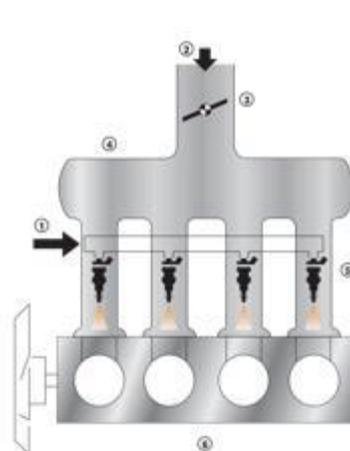


Figura 1.2 Sistema de inyección multipunto

Fuente: (Laverde, 2020)

En lo referente al tipo de sensores que se emplearán en el MEP (4T) sobre alimentado, es importante señalar que el ECU programable tiene una gran capacidad para administrar los sensores requeridos; sin embargo, en este caso se han priorizado el uso de los siguientes sensores:

MAF,

O₂; y,
ECT.

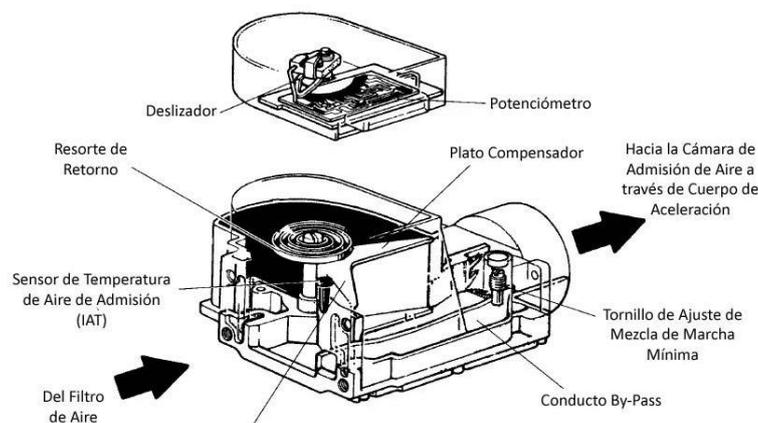


Figura 1.3 Funcionamiento del sensor MAF

Fuente: (Auto Avance, 2022)

Los sensores MAF (Mass Air Flow, por sus siglas en inglés) están destinados a medir el flujo de aire o cantidad de aire que aspira el motor, por tanto, para cumplir este objetivo, suele ubicarse antes del colector de aire y posterior al filtro de aire. Para el efecto, utiliza un alambre (normalmente de platino), que permite correlacionar la temperatura del motor con su temperatura natural, siendo que su umbral máximo de temperatura debe permanecer constante, a pesar de que el motor siga en funcionamiento. Toda esta información es enviada al ECU, para los cálculos pertinentes y para la difusión o exposición de dichos valores a través de los diferentes dispositivos de visualización y control (Actualidad Motor, 2022), (Hartman, 2013).

Los sensores de oxígeno (O₂), como su nombre lo indica, es útil para medir la cantidad de oxígeno de los gases de escape del motor. Este sensor es fundamental en cualquier tipo de motor, y más aún en un motor sobre alimentado, puesto que permite inferir ciertos fallos, a partir de observar causas injustificadas de incremento en consumo de combustible, alteración en velocidad de ralentí, disminución de capacidad dinámica y pérdida de potencia (Ingeniería y Mecánica Automotriz, 2022). Estos sensores pueden correlacionar el peso o masa de aire y la cantidad ideal para mantener una temperatura permanente en su alambre o lámina usada como sensor referencial (Hartman, 2013).

Los sensores ECT (*engine coolant temperatura sensor*, por sus siglas en inglés), permiten monitorear la temperatura del refrigerante del motor, acción que permite la inmediata activación de dispositivos de enfriamiento de temperatura (como ventiladores) y difundir alarmas a través de pantallas y tableros de control (Ingeniería y Mecánica Automotriz, 2022).

1.2.3 UNIDAD DE CONTROL PROGRAMABLE

Conocido también como ECU programable, este tipo de unidad de control regulan el avance de encendido por lo que mejoran el desempeño del vehículo.

Como acota Almeida & Calderón (2016) indica que cuando se programa el sistema de inyección se puede controlar la distribución del combustible en los inyectores que sirven para un mejor rendimiento del motor. Estas computadoras electrónicas tienen conexiones USB y las cuales se pueden controlar y cambiar con un PC.

Una ECU controla mapas de inyección y encendido que permiten la mejora en la combustión del motor logrando así una alta eficiencia térmica.

Existen varios tipos de ECUs, cada uno con detalles y características específicas, según detalle:

ECM (Electronic Control Module). - Modulo destinado para registrar los valores transmitidos por los diferentes sensores, procesarlas empleando su tecnología instalada y alertar las posibles fallas del motor. (Cardoso et al., 2018, p.16)

PCM (Powertrain Control Module). - Es una unidad que opera con conjunto con la ECM, su función específica es la de realizar la comparación de valores transmitidos por los sensores y los valores referenciales guardados en la memoria de la PCM. (Cardoso et al., 2018, p.16)

BCM (Body Control Module). – Unidad que opera en conjunto con la ECM, su función es la de medir, chequear o verifica el estado de ciertos componentes y accesorios como: puertas, aire acondicionado, espejos, etc. ((Cardoso et al., 2018, p.16)

Halltech. – Es un módulo caracterizado por su modernismo, emplea pantallas de cristal líquido para difundir y exponer los valores medidos por los diferentes sensores

adaptados a su sistema. Este tipo de ECU, es una de las más versátiles y robustas del mercado, un ejemplo de dicho sistema es expuesto en la Figura XX, mientras que en la figura YY, se observa la variedad de modelos existentes en el mercado. El sistema permite observar información de sus sensores de encendido e inyección del motor, el número de entradas y salidas del sistema, dependerá del modelo utilizado. (Carhuas et al., 2020, p. 12)



Figura 1.4 Ilustración de una ECU-Programable

Fuente: (Hartman, 2013)

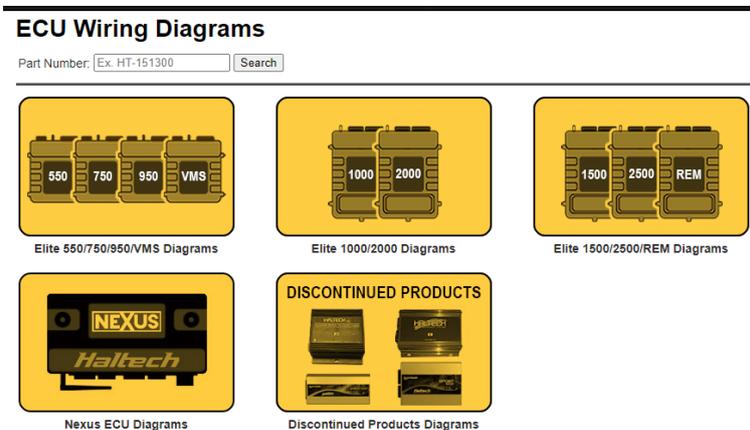


Figura 1.5 Diagrama de conexión de una ECU programable

Fuente: (HallTech, 2022)

1.2.4 INTRODUCCIÓN AL TURBO COMPRESOR

A finales del siglo XIX, Gootlieb Daimler inició el estudio y primeras patentes relacionadas con sobrealimentación, pero en 1915 el ingeniero Alfred Buchi instaló el primer turbo compresor en 1925 motores diésel de 10 cilindros.

Por los años 60 se pudo experimentar por fin los éxitos del turbo compresor, ya que los motores con menor cilindrada, más compactos y ligeros no perdían potencia equipados con este sistema.

Ya en los años 70, Renault creó el ALPINE A-422, cuyo motor era la base de su auto de fórmula uno el cuál debutó en 1977. “Ese monoplace equiparía un V6 de 1,5 litros y una potencia máxima de 510 CV a 11.000 r.p.m., aumentando su potencia hasta los 650 CV a 12.000 r.p.m. en 1983.” (Diario Motor, 2020)

Es una turbina accionada mediante gases de escape obtenidos por la combustión dentro del motor, la cual toma aire que pasa primero por un filtro, para después ser comprimido y enviado a los cilindros con una mayor presión que la obtenida de la atmósfera para que las cámaras se llenen de una mejor manera lo que produce un aumento considerable en la potencia.

1.2.4.1 TIPOS DE TURBO COMPRESOR

Turbos Sencillos. Son los más conocidos. Con unos pequeños ajustes dentro del turbo se obtiene características completamente distintas de par motor. Los turbos pequeños producen una respuesta más rápida y suministran una mejor potencia en el rango bajo, mientras que los turbos grandes producen una mayor potencia en el rango alto (Melett, 2022).

Turbos Dobles. Este se obtiene aumentando un segundo turbo al motor. Al utilizarse de esta manera se emplea una configuración conocida como Turbo-compresión doble secuencial donde cada turbo se dedica a operar un banco de cilindros, y donde un turbo se puede utilizar en bajas RPM y el otro en RPM más altas, esto produce una mejora en el par motor en bajas RPM reduciendo el retraso producido hasta que el turbo alcance sus RPM óptimas.

Turbos de Doble Entrada. Este tipo de diseño de turbo entrega de forma más eficiente la energía producida por los gases del escape hacia el turbo y provee de un aire más denso y puro en cada cilindro ya que la caracola de escape tiene dos entradas separadas que junto con el múltiple de escape conectan de manera independiente con los cilindros de entrada a la caracola.

Turbos de Geometría Variable (VGT). Estos turbos poseen un anillo de álabes aerodinámico en su caracola de escape hacia la entrada de la turbina.

Los VGT son usados en mayor rango con motores diésel porque estos producen gases de menor temperatura, su funcionamiento se produce cuando los álabes internos cambian la relación de área a radio (A/R) ajustándose a las RPM del motor ya que al girar pueden variar el ángulo de entrada de los gases y el área de sección y transversal.

Turbos Variables de Doble Entrada (VTS) Una combinación de un turbo de doble entrada y un turbo de geometría variable. Su funcionamiento se hace posible porque una válvula redirige el flujo de gases de escape a una sola entrada, o en su defecto por la variación de apertura de esta válvula para repartir el flujo entre las dos entradas.

Turbos Eléctricos Utilizado básicamente para eliminar el retraso y dar soporte a un turbo normal en RPM bajas. Su funcionamiento se da agregando un motor eléctrico que ayuda con la rotación del compresor del turbo desde el inicio y cuando este se encuentra en bajas RPM, hasta que el volumen de gases es suficiente para accionar el turbo.

1.2.5 SOBREALIMENTACIÓN

La sobrealimentación de un motor puede ser alcanzada a través de la adaptación de ciertos dispositivos, comúnmente se los conoce como dispositivos “overboost”, los cuales tienen como finalidad incrementar la potencia en un motor por un tiempo determinado, alcanzando índices de rendimiento próximos o iguales a su límite máximo establecido. Normalmente, estos sistemas actúan sobre las válvulas que moderan la cantidad de combustible.(Vanegas et al., 2021)



Figura 1.6 Variación de rendimiento de motores a partir del uso de sistemas overboost

Fuente: (CAR, 2016)

1.2.5.1 TIPOS DE SOBREALIMENTACIÓN

La industria actual oferta varios dispositivos para sistemas sobre alimentadores, cada uno de ellos con sus generalidades y particularidades.

Tipo T.- Es un controlador de tipo manual que permite elevar el rendimiento de un motor, 800 revoluciones antes de lo que un motor que no cuente con este sistema. Incrementa en un 200% el rendimiento de la válvula de descarga interna y un 100% más para descargas externas.



Figura 1.7 Controlador de tipo manual T

Fuente: (FORJA2 Racing Equipment, 2022)

Tipo F.- Es un controlador manual, con muchas similitudes de rendimiento a las alcanzadas por los controladores tipo T. Dentro de sus principales características destacan que el ajuste de nivel sencillo, a través de un dial. Su estructura es de aluminio resistente.



Figura 1.8 Controlador de tipo manual F

Fuente: (Foronda et al., 2019)

Blox. - Es un controlador de tipo manual, emplea material de tipo cerámico que permite una rápida reacción a la demanda de impulso requerido.



Figura 1.11 Controlador de tipo Blox.

Fuente: (FORJA2 Racing Equipment, 2022).

Válvula de descarga (Blow off). – es una válvula de descarga de tipo manual, esta válvula despresuriza el caudal que ingresa al sistema de admisión. Su funcionamiento está controlado por diferentes muelles de distintas tolerancias y elasticidades para obtener un control sobre el vacío que se busca.



Figura 1.9 Válvula de descarga Blow off.

Nota: En la figura se puede observar una válvula Blow-off, tomado de (MOTORSPORTS, 2022)

1.2.6 EMISIONES VEHÍCULARES

1.2.6.1 Efectos de las emisiones vehiculares

La contaminación ambiental es cada vez más analizada y prevenida, debido que el efecto invernadero causado por el calentamiento global ha observado el creciente impacto en la vida de la sociedad, provocando alteraciones en las temperaturas y estaciones climáticas.

Uno de los factores que afecta significativamente a la contaminación ambiental y al calentamiento global es la emisión de gases provenientes de los vehículos, específicamente, provocados por la combustión de sus combustibles.

La contaminación ambiental provocada por el uso de vehículos a combustión, es una realidad que cada día va en aumento, puesto que el parque automotor crece cada día, generando una afectación ambiental que alcanzará límites de no retorno, en un futuro no muy lejano. Específicamente en el Ecuador, hasta el año 2021 existían aproximadamente 2,7 millones de vehículos, es decir, una tasa de un vehículo por cada 8 habitantes, según lo publicó el sitio Fayals autos (2022).

Es importante señalar que la contaminación ambiental no es únicamente provocada por la combustión del motor, sino que, esta contaminación arranca en el momento de la fabricación del vehículo y finaliza con la destrucción o chatarrización o abandono del mismo (Ecología Verde, 2022). Por otro lado, se suman otros agentes contaminantes, como son los suelos contaminados por desechos de aceites y lubricantes, o la contaminación del suelo por diversos desechos y residuos de gases, y también la contaminación sonora.

Enfocando el análisis sobre la contaminación generada por la combustión de motores, (Ecología Verde, 2022, párr. 13) afirma que, entre los principales gases emitidos por vehículos hacia la atmósfera, constan:

Óxidos nitrosos (NO_x);

Monóxido de carbono (CO);

Dióxido de carbono (CO_2);

Pequeñas cantidades de dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno y amianto.

Finalmente, es preciso señalar que esta contaminación, si bien es cierto ha sido caracterizada en su mayoría, aún existen muchas investigaciones por concretarse al respecto, siendo que entre las consecuencias más complejas constan:

Incremento de enfermos con asma y otras enfermedades pulmonares.

EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica), provocada por dióxido de nitrógeno.

Uno de los gases nocivos de origen automotriz es el monóxido de carbono, cuya fórmula química es el CO, que implica la combinación de un átomo de carbono y un átomo de oxígeno. Este gas se caracteriza por ser inoloro e incoloro y en el caso de la combustión en motores vehiculares, este gas se presenta en el humo de la combustión, la inhalación directa del mismo puede causar la muerte de un ser humano. Este gas también ha sido considerado como un factor causante de enfermedades cancerígenas (ABC motor, 2022, parr. 33). Su producción es posible en motores a diésel y gasolina.

Otro de los contaminantes originados de la combustión vehicular son los hidrocarburos no quemados, los cuales se sitúan en los tubos de escape de los vehículos. Su toxicidad provoca irritación en la piel, en los ojos y hasta en los pulmones de quienes los aspiren con cierta frecuencia. Su producción es posible tanto en motores a diésel como en motores a gasolina.

Por otro lado, los óxidos nitrosos (NO_x), son generados mayormente en motores a diésel, aunque, el uso de tecnologías de inyección directa está provocando que también se generen en motores a gasolina, en especial, cuando no se alcanzan mezclas esquiométricas. Los óxidos nitrosos tienen alta posibilidad de oxidación y posteriormente amalgamarse como

átomos de hidrógeno, llegando a formar componentes como el HNO_3 , el cual tiene graves afectaciones a la salud y a la atmósfera.

1.2.7 PÉRDIDAS DE POTENCIA POR ALTURA

1.2.7.1 Condiciones Geográficas

Como se expresó anteriormente, el rendimiento del motor de un vehículo depende de la mezcla estequiométrica, la cual requiere una mezcla adecuada entre la cantidad de aire y la cantidad de combustible, por ende, se ha evidenciado que los cambios en cantidad de oxígeno, a causa de variación de altura sobre el nivel del mar, afectan el rendimiento de los motores.

Un fenómeno físico que ocurre en el planeta tierra, es aquel que provoca que a medida que se ubica a mayor altura sobre el nivel del mar, existen condiciones disminución de la cantidad de oxígeno.

En el caso de motores de combustión, los cuales demandan oxígeno para su correcto funcionamiento, y más aún, para el caso de motores vehiculares de competencia, este fenómeno afecta directamente al rendimiento.

1.2.7.2 Metros Sobre el Nivel del Mar

Según Diego López (2022), se ha podido determinar que por cada 1.000 metros que incrementa la altura, los motores sufren una disminución que, aproximada de 8 a 12 atmósferas, conforme lo muestra la figura. Esta disminución de oxígeno provoca que existan menos explosiones y consecuentemente una disminución del rendimiento del motor. Este efecto ocurre debido a que el oxígeno es un comburente que facilita la oxidación de los combustibles que utilizan los motores para su funcionamiento.

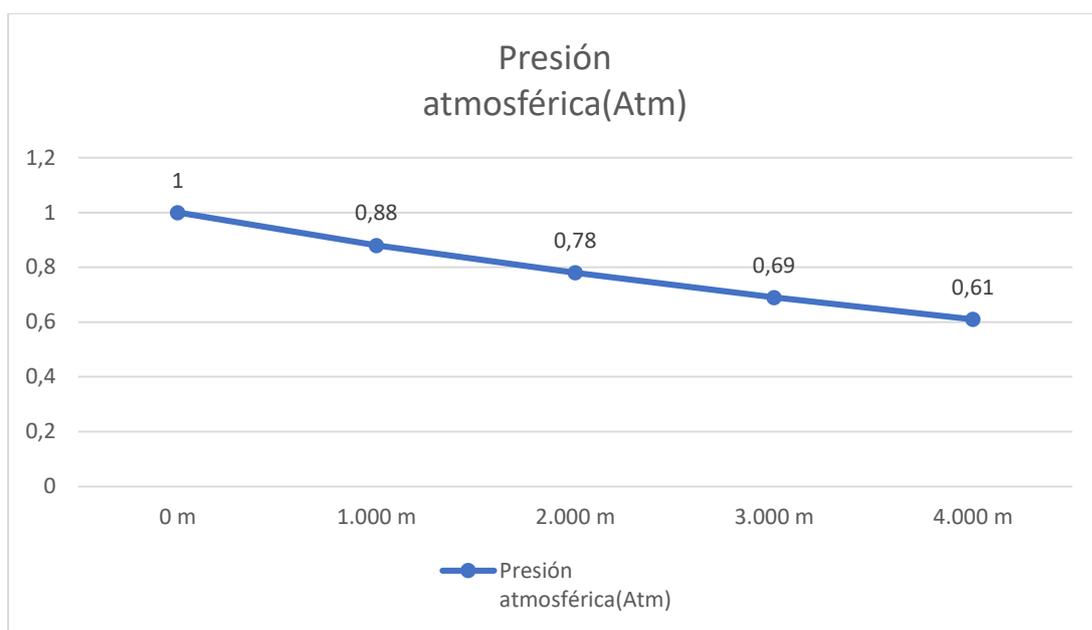


Figura 1.10 Afectación de la altura al rendimiento de un motor

Fuente: (López, 2022,p. 15)

1.2.7.3 Altura y Presión Atmosférica de la Ciudad de Ibarra

Ibarra es la capital de la provincia de Imbabura, se sitúa en el callejón interandino y es parte de la región sierra del Ecuador.

A pesar de ser una ciudad interandina, su topografía es variada, siendo que existen sectores elevados y otros espacios muy similares a un valle. Su clima es templado y su altura sobre el nivel del mar es de 2.384 metros (ECURed, 2022). Otras fuentes, como Google Earth, la sitúan en una altura aproximada de 2.210 metros

La Figura a continuación, se muestra un resumen detallado de la temperatura y humedad que presenta la ciudad de Ibarra, datos que son importantes considerarlos, tanto para las etapas de diseño, como para las fases de evaluación del rendimiento de los motores, puesto que el mes más húmedo refleja una diferencia del 16% con el mes más seco.

IBARRA

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	15.8	16.1	16.1	16.1	16.1	15.6	15.6	16	16.7	16.4	16	15.9
Temperatura mín. (°C)	12.1	12.3	12.4	12.4	12.2	11.5	11	10.9	11.4	12.2	12.6	12.3
Temperatura máx. (°C)	20.5	20.7	20.8	20.8	20.8	20.6	20.8	21.8	22.7	21.7	20.7	20.4
Precipitación (mm)	156	156	193	218	168	128	116	75	80	142	179	173
Humedad(%)	81%	80%	81%	82%	80%	77%	73%	69%	67%	76%	82%	82%
Días lluviosos (días)	17	16	20	20	20	19	18	15	15	18	18	18
Horas de sol (horas)	5.5	5.4	5.5	5.4	5.4	5.2	5.2	6.1	6.9	6.2	5.8	5.5

Figura 1.11 Resumen de las condiciones climáticas de la ciudad de Ibarra, Ecuador.

Fuente: (Climate-Data, 2022)

En lo referente a la presión atmosférica, el promedio puede ser aproximado a 1010 (mbar), presión que se considera aceptable y razonable para realizar pruebas de rendimiento del motor a ser preparado.

1.2.8 TIPOS DE LUBRICANTE

En cuanto a los tipos de lubricante a utilizar en motores de competencia, es pertinente emplear diversas variables de análisis como es el grado de viscosidad, API, SN.

Díaz (2016) manifiesta que en los vehículos modificados se realizan cambios significativos para mejorar la potencia del motor, lo que implican mayores revoluciones y mayor temperatura de combustión, produciendo incremento de actividad en las piezas de automotor. En este sentido, el rol del lubricante es reducir la viscosidad a medida que sube la temperatura, por esta razón se eligen los lubricantes de aceite sintético sobre aceites minerales, debido a que son lubricantes de alta viscosidad.

Autodoc club (2022) destacan que los especialistas del Instituto Americano del Petróleo (API) realizaron una agrupación de los aceites como se aprecia en la siguiente figura:



Figura 1.12 Agrupación de lubricantes

Fuente: (AUTODOC CLUB, 2022)

Además, en función de sus descripciones técnicas y las propiedades de uso, los aceites se dividen en dos categorías, en este estudio se revisan los de categoría S, que son destinados para motores a gasolina, subdivididas en diversas clases que son mostradas en la siguiente figura.

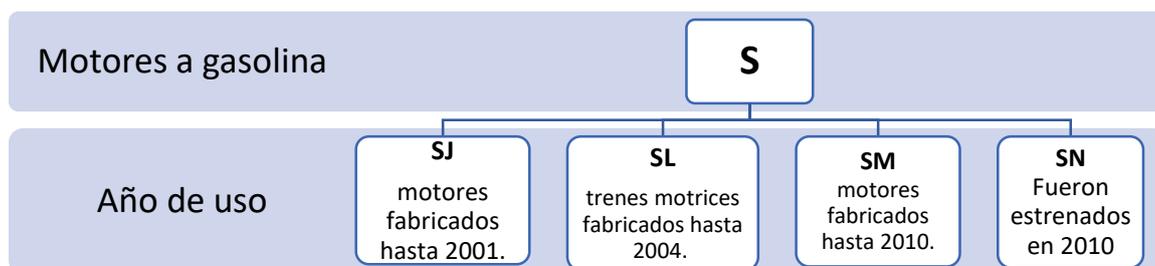


Figura 1.13 Clasificación de lubricantes S

Fuente: (AUTODOC CLUB, 2022)

Para el este estudio se utiliza el SN que tiene las siguientes características “Hoy en día son capaces de proporcionar el grado de protección más alto del motor, tanto como su alta eficiencia. Contribuyen al ahorro del combustible. Previenen el desgaste prematuro del turbocompresor. No ejercen una influencia destructiva en los sellos y los retenedores de aceite” (Autodoc club, 2022, pág. 1)

Según la empresa Penzoil (2022) los lubricantes para motores pueden ser estratificados en cuatro grupos, a saber: convencional (alta viscosidad y recomendable para motores sencillos), sintético (mantiene morfología uniforme y menos impurezas que el de tipo convencional y mejora el rendimiento en temperaturas extremas), semisintético (generado a partir de una mezcla de sintético y convencional. Además, presenta mayor resistencia a la oxidación), de alto kilometraje (recomendable para motores con recorridos superiores a los 120.000 Km.).

Una variable importante a analizar en el tipo de aceites, es el grado de viscosidad, el cual tiene un amplio rango de variación, y además fluctúa con la temperatura del motor. Por ejemplo, en el caso de aceite SAE 0W-20, el cero antes de la W (de Winter o invierno en español) implica el grado de viscosidad a una temperatura baja, y el 20 representa el grado de viscosidad a temperaturas altas. Y es bajo esta filosofía y notación que se puede interpretar y determinar la utilidad de cada tipo de aceite. (Penzoil, 2022,p. 22).

Por otro lado, el indicativo API (del inglés American Petroleum Institute), indica que un lubricante cumple con las exigencias y normativa. Nótese que el nominativo API puede aparecer en forma de estrella o en forma de dona. La primera justamente denotando que cumple con la normativa de API o también la normativa ILSE (del inglés International Lubricante Standarization and approval Committe), mientras que la segunda puede ser analizada desde tres aspectos, el servicio API, el grado de viscosidad y las propiedades de conservación del lubricante.

Se hace una mención especial a la capacidad de la bujía para transferir calor a la culata y al sistema de refrigeración del motor, lo que se conoce como grado térmico. Por lo que la bujía es fría o caliente por el calor que transmite, según lo indicado por Medina, citado en (Gavilanez & Pérez, 2022). Las propiedades de la bujía se muestran en la siguiente figura.



Figura 1.14 Propiedades de la bujía

Fuente: (Calleja, 2018)

2 CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS

2.1METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La naturaleza de la presente investigación se enmarca en un trabajo de investigación aplicada, en vista de que la información, el procesamiento y los resultados permitirán una adaptación y preparación de un motor de competencia que satisfaga las condiciones necesarias para un adecuado rendimiento en cuanto a eficiencia térmica, mecánica, potencia y torque en diferentes condiciones físicas y geográficas.

2.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Uno de los enfoques recomendados para este tipo de investigación es de tipo descriptivo puesto que emplea diseño cuantitativo. Este enfoque es pertinente para una investigación e implementación de este tipo de propuestas, dado que requiere una medición y valoración de rendimiento, así como también una medición de satisfacción del usuario o técnico validador.

En consecuencia, el enfoque cuantitativo implica la medición de rendimiento del motor a través de sensores y equipos de medición, los cuales serán valorados de forma precisa y bajo un determinado protocolo, el cual deberá diferenciar el rendimiento específico para ciertas condiciones, sean estas, motor frío, motor en rodaje, motor pos rodaje, etc.

Por otro lado, al enfoque cualitativo, coleccionará la percepción y sensación de quienes conduzcan el vehículo, pues estos datos coadyuvarán al mejoramiento o a la detección de posibles fallos o alteraciones del motor de competencia.

Nótese que el presente trabajo emplea el tipo de investigación descriptiva y exploratoria (de requerirse), considerando que es necesario medir variables, y estudiar el fenómeno “rendimiento del motor de competencia en las condiciones geográficas de la provincia de Imbabura”. Se fundamenta en los conocimientos existentes sobre la preparación de motores de competencia y no pretende alcanzar el desarrollo de ninguna teoría o metodología de preparación de motores.

2.1.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.3 Niveles de la Investigación

El método a seguir en este trabajo se fundamenta en un enfoque deductivo, que inicia por un contexto general y se aproxima con detalle al contexto específico que permita determinar las formas más adecuadas para la preparación de motores de competencia.

Para el efecto se plantean tres fases, la primera es la búsqueda de información, seguidamente, se realiza un análisis comparativo de la información y se realiza una primera aproximación a las necesidades tecnológicas y físicas requeridas para la preparación del motor de competencia. Finalmente, se realizarán pruebas preliminares de campo y se recibirán criterios y recomendaciones de mejora para el desarrollo del presente trabajo.

Así mismo, es necesario realizar una investigación documental o también denominada revisión bibliográfica, sobre las formas de preparación de motores de competencia, pues a pesar de que estas acciones son repetitivas y conocidas a nivel nacional, las cuales están fuertemente sustentadas en metodologías empíricas, siendo necesario acompañar estas experiencias del adecuado conocimiento científico.

Una vez revisada la documentación bibliográfica se procederá con la selección de partes y piezas, así como de diseño requerido de componentes que serán construidos para la modificación del motor, como son los diseños de múltiple de escape, y dimensionamiento del intercooler y turbocargador.

2.1.4 Instrumentos

Los instrumentos de medición, sensores y rendimiento deberán coleccionar la siguiente información:

Torquímetro Un torquímetro es un instrumento que permite medir el torque a ciertos elementos de sujeción. En este caso, se precisa medir el torque que es capaz de generar un motor de competencia, por tanto, debido a la utilidad y necesidad de medición se puede optar por un torquímetro tipo electrónico (Figura 3 parte izquierda) o un torquímetro tipo caratula (Figura 3 parte derecha) (Hello auto, 2022)



Figura 2.1 Ilustración de dos tipos de torquímetros

Fuente: (De máquinas y herramientas, 2015)

Medidor de compresión Es un dispositivo que permite medir la compresión de los pistones de un vehículo, específicamente puede medirse este valor en la cámara de combustible del vehículo. Estos dispositivos pueden encontrarse en el mercado en modelos convencionales analógicos y también en modernos modelos digitales, cada uno de ellos con sus ventajas y desventajas (Hello Auto, 2022)



Figura 2.2 Ilustración de tipos de medidores de compresión de vehículos

Fuente: (Launch, 2022)

Tacómetro Un tacómetro es un dispositivo que permite medir las revoluciones por minuto de un motor, a través de esta herramienta es posible determinar las condiciones funcionales y de rendimiento de un motor, sea este convencional, o un motor de competencia como el estudiado en el presente trabajo (Hello Auto, 2022)



Figura 2.3 Ilustración de un tacómetro vehicular

Fuente: (Mejores multímetros, 2022)

Cronómetro;

Cronómetro es un dispositivo que permite medir con precisión el tiempo transcurrido durante la ejecución de una actividad, para el caso específico es empleado para medir el tiempo de desplazamiento del vehículo de un lugar a otro, el tiempo que toma en alcanzar una velocidad específica, el tiempo de frenado, entre otros (Definición, 2022).

Analizador de escape de gases Este tipo de equipos que actúa a través de un conjunto neumático realiza la toma de muestras de emisiones en un tubo de escape, puede actuar de forma estática y dinámica. Para el efecto emplea una sonda (Hello Auto, 2022).



Figura 2.4 Analizador de emisión de gases a través de tubos de escape

Fuente:(Calleja, 2018)

A continuación, se identifican las características del analizador de gases Brain bee AGS 68

CAMPOS DE MEDICIÓN					
CO	0	÷	9,99	% vol	Res. 0,01
CO ₂	0	÷	19,9	% vol	Res. 0,1
HC hexano	0	÷	9 999	ppm vol	Res. 1
O ₂	0	÷	25	% vol	Res. 0,01
NO _x	0	÷	5 000	ppm vol	Res. 1
Lambda	0.5	÷	5		Res. 0,001
Revoluciones Inductancia/ capacitancia	300	÷	9 990	rpm	Res. 10
Temperatura del aceite	20	÷	150	°C	Res. 1

Figura 2.5 Características del analizador de emisión de gases

Fuente: (Mahle, 2022)

Dinamómetro Este equipo medirá la potencia y el torque de una manera apropiada, en las ruedas y el motor. Con la utilización de un sistema computacional que, a través de los rodillos, este dará potencia a la rueda y al motor, siendo estos datos meritorios en la investigación. Este equipo demostrara si el diseño y construcción son factibles en dicho proyecto.

Tabla 2.1 Ficha técnica dinamómetro.

Especificaciones	Datos
Marca	MWD RR 760i
Torque	1500 Nm
Potencia máxima	1200 hp
Frecuencia	50 – 60 hz
Masa	2000 kg
Dimensiones	760 mm x 2660 mm
Diámetro del rodillo	760 mm
Ancho del rodillo	1330 mm x 2
Velocidad máxima	320 km/h
Voltaje de suministro	220 – 400 V AC
Frenos	2

Fuente: (Bancos de Prueba, 2022)

2.1.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información colectada a través de los instrumentos será procesada en tablas o imágenes, para el caso de datos cuantitativos, mientras que los resultados de las encuestas,

serán interpretados de forma directa por el equipo investigador y equipo técnico responsable de la preparación del vehículo de competencia y corroborar el funcionamiento del diseño.

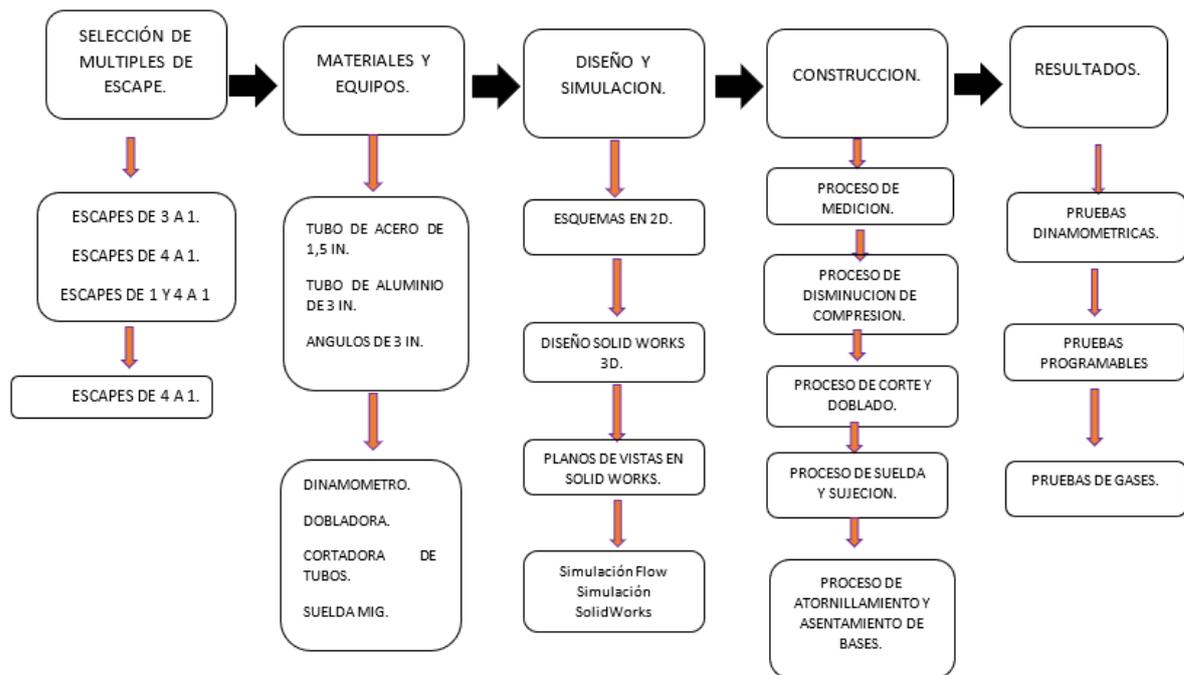


Figura 2.6 Diseño de proceso para toma de datos

Fuente: el investigador.

3 CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 DISEÑO Y SIMULACIÓN

En el ámbito del diseño y la simulación existen diversos tipos de software, para la presente investigación es necesario identificar el que sea más apropiado en referencia a los objetivos del estudio, por esta razón se ha seleccionado al software de gran robustez que permita experimentar y revisar el funcionamiento de los productos creados, siendo SolidWorks el que mejor se adapta para los requerimientos. Entre sus características consta el ecosistema abierto, que significa esta relación con otros sistemas de CAD, CAE, CAM, siglas en inglés que representan el diseño, ingeniería y fabricación, asistidas por computador.

Para el diseño se utilizó el software SolidWorks el mismo que es definido por (SOLIDBI, 2022) como:

Un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. (p.1)

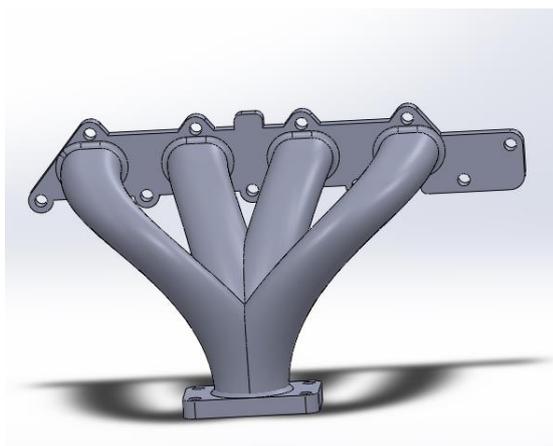


Figura 3.1 Diseño 3D

Fuente: el investigador

Laskova, (2015), indica que dentro del campo del análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD), esta ha pasado a ser más socializada, dejando de ser exclusiva de profesionales altamente cualificados el software de análisis CFD conocida como “CFD concurrente” está demostrando ser muy efectiva en la ejecución de análisis de caída de presión. Entre las ventajas de utilizar SOLIDWORKS Flow Simulation se puede mencionar:

- No es necesario contratar ni formar especialistas en CFD.
- Subcontratar análisis a consultores ni realizar pruebas con diversos y costosos prototipos físicos.
- Puede mejorar la productividad del diseño y reducir radicalmente el número de prototipos físicos necesarios.

De acuerdo con Solidworks (2021), “el método del volumen de fluido (VOF), utilizado para simular flujos con una interfaz de movimiento libre entre dos fluidos inmiscibles, se ha optimizado en SOLIDWORKS Flow Simulation 2021”, por consiguiente, se logra la resolución de mezclas de fluidos de manera adecuada.

Dassault Systemes (2022) ratifica que Solidworks Flow Simulation “permite visualizar lo que ocurre en el flujo del diseño, proporcionando al ingeniero información valiosa que incide en la toma de decisiones sobre el diseño” Además, su visualización es propicia para una examinación detallada del campo de flujo. En la figura se muestra el uso de solidworks Flow simulation gestionando simulaciones de filtro.

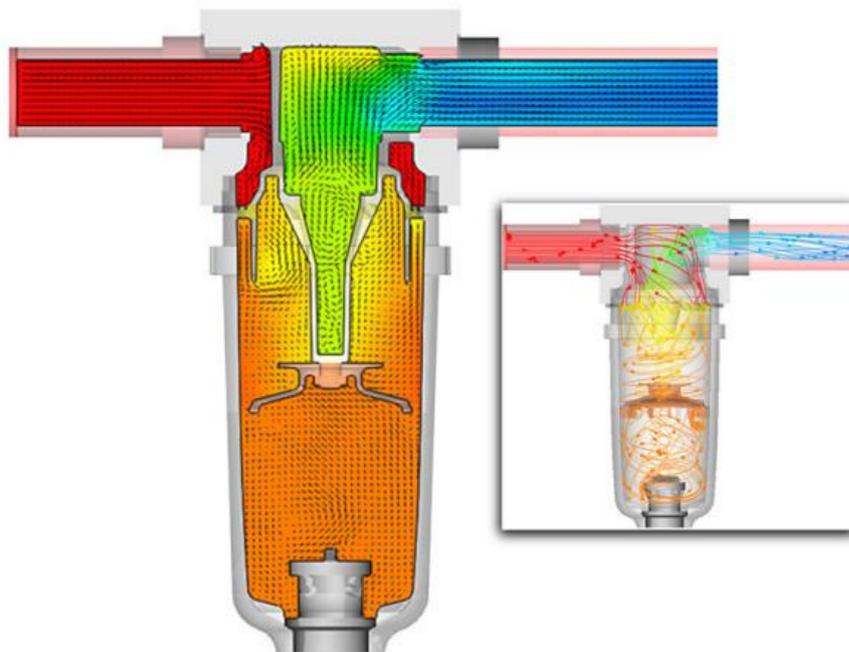


Figura 3.2 Simulación con Software

Fuente: (Bancos de Prueba, 2022)

Dassault Systemes, (2022) menciona que las capacidades de visualización permiten al usuario examinar el diseño de forma más exhaustiva y visualizar el campo de flujo.

3.1.1 DISEÑO DEL MÚLTIPLE DE ESCAPE

Es importante señalar que el múltiple de escape es un componente fundamental del sistema de escape de gases de cualquier vehículo, pues a través de este es posible que los gases generados en los cilindros del motor puedan ser evacuados hacia el exterior, alejándolos lo más pronto posible y evitando contaminación y sobrecalentamiento.

A continuación, las figura 3.3 muestran el diseño del múltiple de escape que se ha considerado como el más ideal para la presente investigación, mismo que tiene una configuración 4 a 1.

Para la construcción física del diseño presentado se consideró la siguiente lista de materiales:

Plancha de acero de 5 mm para base de salida del multiple de escape y salida hacia el tubo cargador.

Tubería de acero inoxidable de 1,5 pulgadas y 2 mm de espesor.

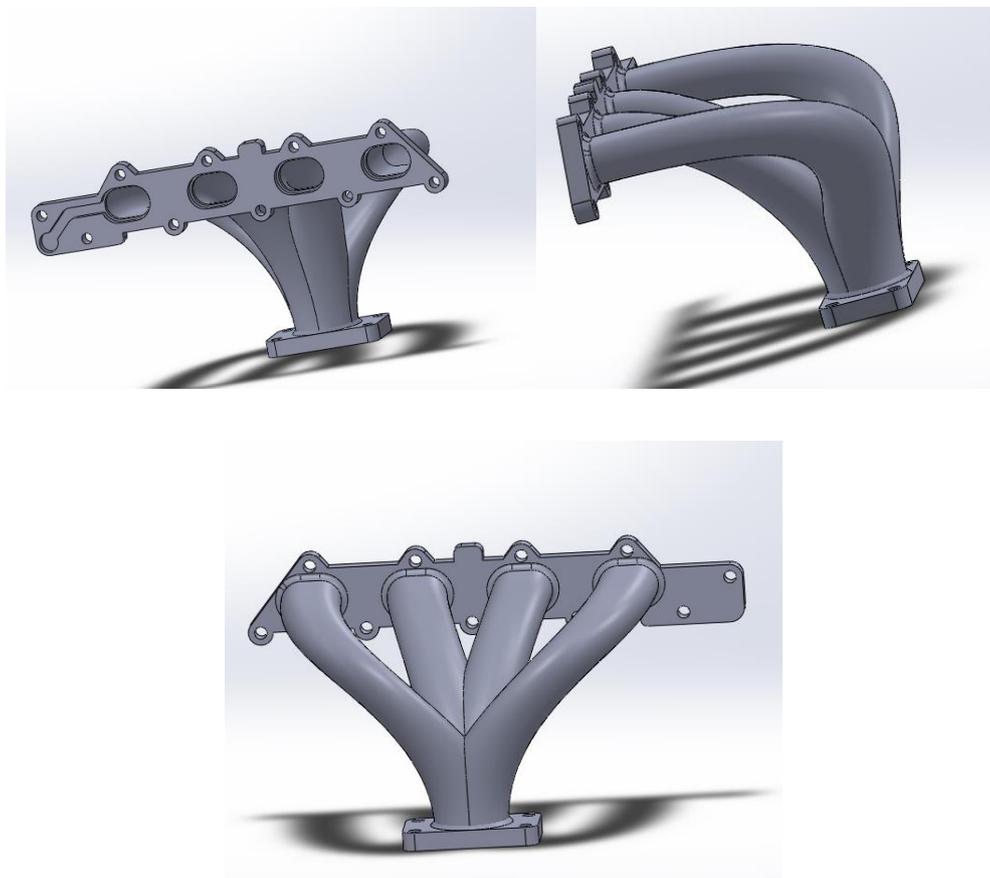


Figura 3.3 Diseño del múltiple de escape con configuración 4 a 1

Fuente: el investigador empleando el software SolidWorks.

3.1.2 PREPARACIÓN O TRUCAJE DE MOTORES.

Un motor de combustión puede ser transformado en un motor de competencia, para el efecto se requieren una serie de acciones enfocadas en la adaptación, transformación o reemplazo de varias partes, piezas y accesorios (Pozo & Cabezas, 2022,p. 13), así como ciertas relaciones, a saber:

3.1.2.1 *Requerimientos del rendimiento volumétrico*

Entendiéndose por rendimiento volumétrico a la “relación entre el aire que aspira el cilindro del motor y el volumen que podría contener la cilindrada del mismo” (Renting Finders, 2022, pág 1). Entonces cuando se fuerza la entrada de aire en los cilindros aumentando la respiración y el rendimiento volumétrico, se tendrá por consiguiente un incremento de cilindraje y también mayor es la cantidad de combustible que se requiere.

Relación de compresión

Mecánica General (2006) afirma que “el aumento de la presión media efectiva (P.M.E). constituye otro de los factores fundamentales de la posibilidad de trucaje de un motor para lograr que proporcione más potencia” (p. 5) Entonces el aumento de la relación de compresión es disminuir el volumen de la cámara y se distinguen tres procedimientos:

Rebajar la culata por la zona de las cámaras.

Rebajar el bloque

Poner émbolos más altos para que su cabeza penetre en el interior de la cámara y reduzca el volumen.

Mediante la siguiente figura se identifica el primer procedimiento.

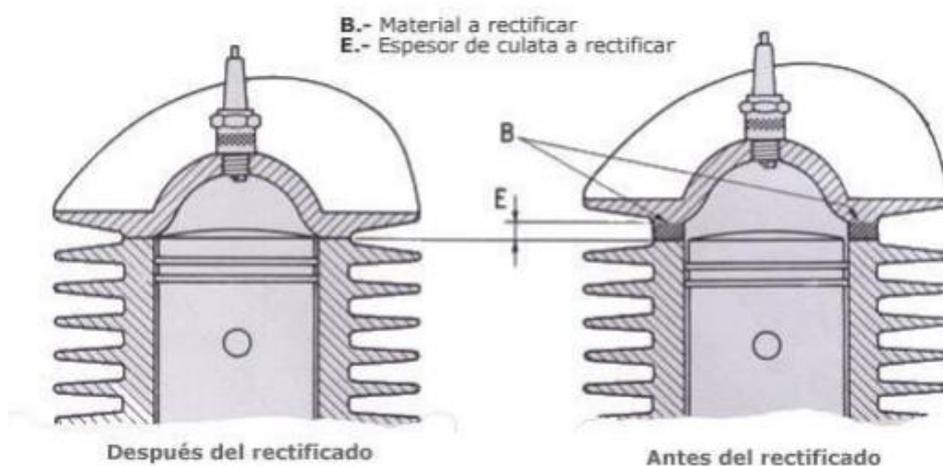


Figura 3.4 Procedimiento de rebajar la culata por la zona de las cámaras

Fuente: (Bancos de Prueba, 2022)

Para entregar la medida exacta que se debe rebajar la culata se aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 3.1 Relación de compresión del motor

$$R_c = \frac{V - V_c}{V_c}$$

Donde:

R_c= Relación de compresión del motor

V= volumen del cilindro unitario

V_c= volumen de la cámara de combustión.

Aumentar respiración o admisión de aire

El mejoramiento de la respiración del motor, consiste en el llenado del cilindro, para lo que se aumenta el tamaño de las válvulas, identificando si es posible y determinando cual será este aumento.

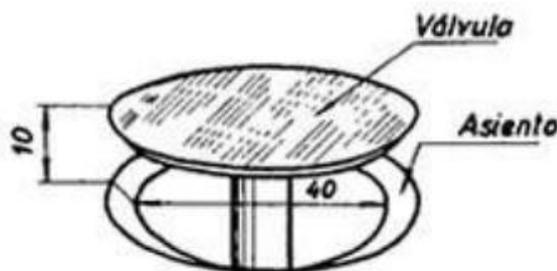


Figura 3.5 Válvula de Admisión

Fuente: (Mecánica General, 2006)

Disminuir la fricción de piezas

Para el mejoramiento del motor también se aplica el trucaje de émbolos que consiste en identificar semejanza de la cabeza del embolo a la cámara de explosión con lo que se obtiene ventaja sobre los émbolos de serie que es la reducción de la falda de los pistones. Al resultar más cortas se reduce la fricción y el efecto de frenado el calentamiento excesivo del émbolo. (Todo mecánica, 2022,párr. 8)

Relación biela y carrera

Dentro del cigüeñal existe la posibilidad modificar el conjunto biela y pistones para aumentar la carrera, esto a su vez permite aumentar la cilindrada o reducir la carrera y lograr aumentar el tamaño de los cilindros y las válvulas (Todo mecánica, 2022)

Modificaciones en cabezas de cilindro

Una forma efectiva de aumento de cilindrada es el incremento del diámetro del cilindro, unos pocos milímetros pueden marcar la diferencia en el comportamiento del motor. Para lograr este propósito se reducen las paredes del cilindro mediante una rectificación, definiendo la cantidad de milímetros permitidos que se puedan rebajar. (Mecánica General, 2006)

Modificaciones en eje de levas

La función del eje de levas es abrir y cerrar las válvulas en un tiempo correcto para entregar a los cilindros la mezcla aire/gasolina antes de la combustión, vaciar la misma ya consumida para repetir la secuencia. Para un mejoramiento una modificación del árbol de levas es “modificar el perfil de las levas para obtener un mayor llenado en la cámara de combustión y un flujo de gases más eficiente, tan solo con una mayor apertura de las válvulas de admisión y escape” (Marin, 2015).

Sistema de admisión

El denominado sistema de admisión es el que le permite respirar al coche, pues sus elementos se encargan de darle aire limpio al motor, a la velocidad y temperatura ideal según el régimen de revoluciones al que trabaje. (Autolab, 2021)

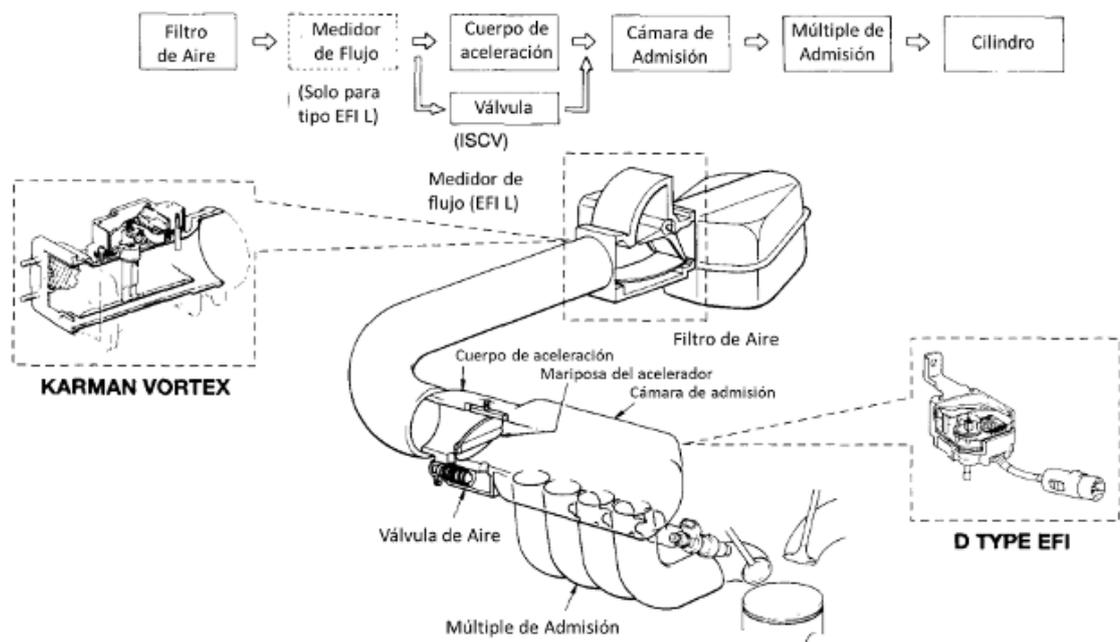


Figura 3.6 Elementos de un sistema de admisión

Fuente:(Calleja, 2018)

Modificaciones en múltiple de admisión y escape

Un múltiple puede ser una importante fuente de contra presión, ya que los gases de un cilindro pueden acumular presión en el múltiple del próximo cilindro, creando una reacción en cadena con los otros cilindros.

De acuerdo con Bermúdez y Tormos citados en (Chiriboga , 2021)“Las pérdidas de bombeo al tener su origen en el proceso de renovación de la carga, se las puede reducir en base al dimensionamiento adecuado de válvulas de admisión y escape mediante el diseño de los conductos de admisión y escape sintonizados con el diagrama de distribución”.

Nuevos pistones, bielas y casquetes

Siendo pistones, bielas y casquetes elementos que son susceptibles de reducir su peso por medio de perforaciones y reducción de material mediante lijado, esto permite disminuir la inercia del motor, obtener el acabado liso ayuda en la reducción de fricción de las partes hacia el aceite para una lubricación eficiente.

Capacidades de fluidos.

En relación a la capacidad de fluidos en el motor es pertinente la compresión de su formación: aire, combustible y conjunto de gases producidos en la combustión. Estas conformaciones tienen variación en el ciclo de trabajo.

“Un ciclo de trabajo es la sucesión de operaciones que la mezcla aire y combustible o combustible se ejecuta dentro del cilindro, necesarias para que haya una carrera de trabajo” (Rafael & Hernández, 2014, pág 11)

El que se utilizó en este estudio es el ciclo de cuatro tiempos: Aspirado naturalmente, sobrealimentado y turbo cargado (admitiendo la mezcla fresca comprimida en un compresor conducido por una turbina de extractor) (Rafael & Hernández, 2014, p. 33)

Finalmente cabe mencionar que, existen diversas posibilidades o formas diferenciadas de modificar un motor de combustión estándar y convertirlo en un motor de competición, estas condiciones dependerán del número de piezas a reemplazar y las modificaciones a realizar. Siendo fundamental comprender que mínimo se alcanzarán las siguientes modificaciones:

- En el Motor
- Incremento en el cilindraje;
- Disminución del diámetro y de la carrera;
- Incremento de la relación de compresión;
- Incremento de las RPM;
- En el cabezote
- Incremento en diámetro de admisión y escape;
- Incremento en el diámetro de paso de válvulas de admisión y escape;
- En las válvulas
- Colocación de válvulas de admisión y escape de mayor tamaño.
- En la cámara de combustión
- Cambio de pistones

En términos generales, los tipos de modificaciones a realizar al momento de preparar un motor de competencia, dependerán del tipo de motor a modificar, de los objetivos deseados o rendimiento deseado del motor y del presupuesto disponible para el efecto.

En la preparación de un motor de alto rendimiento, la duda sobre el empleo de un turbo o de un compresor, está siempre presente, pues un compresor comprime el aire que recepta desde el exterior, por lo que sus rotores provocan mayor presión. Por otro lado, los turbos, realizan un trabajo similar en cuanto a la presión del aire, pero, a diferencia del compresor, estos no se conectan al motor a través del cigüeñal. Así mismo, refiere un menor consumo de gasolina.

Por otro lado, una alternativa importante en la preparación de motores, es el uso de turbocompresores, sistemas que incrementan el rendimiento respecto a los dos diseños explicados anteriormente. En especial, debido a un incremento aproximado de 50% en el rendimiento del motor, incremento que es inversamente proporcional al consumo energético, pues la eficiencia de estos sistemas se fundamenta en la reutilización de los gases de escapes del motor.

Las formas más básicas y comunes para preparar un motor de competencia, es a través del incremento del cilindraje, la alteración de la presión media efectiva o a través de la modificación del régimen de giro del motor (Fiallo & Vacacela, 2010).

El incremento de cilindrada puede ser logrado a través del incremento del diámetro o a través del incremento de la carrera del motor. Por otro lado, la presión media efectiva se incrementa al modificar la relación de compresión, al incrementar la mezcla estequiométrica, o al mejorar el rendimiento de las válvulas. Finalmente, la relación de giro se alcanza con la modificación de las dimensiones del émbolo, de las bielas o del cigüeñal y volante de inercia (Fiallo & Vacacela, 2010).

De lo expuesto en los párrafos anteriores, se puede afirmar que las ventajas y desventajas de emplear un método específico de trucaje suelen ser relativas, tanto al costo de las modificaciones a realizar, cuanto al tiempo y a los fines que se persiguen, siendo que

el costo será un factor clave, debido a que la cantidad de modificaciones en cada una de las formas es significativamente diferente.

Así mismo, la selección propuesta para el intercooler se fundamenta en que acorde al tipo de motor y sus características de rendimiento esperado, este intercooler debe ser del tipo aire, el material de dicha pieza es de aluminio. (revisar)

Finalmente, la selección del turbocargador obedece a que al ser un motor pequeño y de cilindrada baja se optó por un turbo compresor de mediano tamaño con el objetivo de no generar mucha presión desde bajas RPM y así lograr alcanzar en medianas RPM una carga adecuada al motor, lo que con un turbo cargador pequeño no se lograría ya que se tendría un excedente de carga positiva y se podría romper el motor.

3.1.3 MATERIALES

Para la construcción del múltiple de escape se utilizó el acero inoxidable 304 – 316 de 2 pulgadas (inch), fueron los más recomendables y accesibles en el mercado, dándonos como datos técnicos sus especificaciones, propiedades mecánicas y su composición química.

Figura 3.7

Característica	Detalle
Material	200/300/400 Series
Grado:	310S, 316L, 316, 430, 304, 304L, 201
Standard:	JIS/ASTM/AISI/GB/DIN
Tecnica:	Cold Drawn/Hot Drawn
Superficie	BA/2B/NO.4/8K/HL/Polished
Diametro externo	1.5"
Espesor	1mm-150mm

Fuente: (China Stainless, 2023)

Grade	C	Si	n	P \leq	S \leq	Cr	Mo	Ni	Other
301	≤ 0.15	≤ 1.00	≤ 2.00	0.045	0.03	16-18	-	6.0	-
304	≤ 0.07	≤ 1.00	≤ 2.00	0.035	0.03	17-19	-	8.0	-
304L	≤ 0.075	≤ 1.00	≤ 2.00	0.045	0.03	17-19	-	8.0	-
309S	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	0.045	0.03	22-24	-	12.0	-
310	≤ 0.08	≤ 1.5	≤ 2.00	0.045	0.03	24-26	-	19.0	-
316	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	0.045	0.03	16-18.5	2	10.0	-
316L	≤ 0.03	≤ 1.00	≤ 2.00	0.045	0.03	16-18	2	10.0	-
321	≤ 0.12	≤ 1.00	≤ 2.00	0.045	0.03	17-19	-	9.0	Ti $\geq 5 \times C$

Figura 3.8 Composicion quimica del material utilizado .

Fuente: (China Stainless, 2023)

Grade	YS(Mpa) \geq	TS (Mpa) \geq	EI (%) \geq	Hardness(HV) \leq
301	200	520	40	180
304	200	520	50	165-175
304L	175	480	50	180
309S	200	520	40	180
310	200	520	40	180
316	200	520	50	180
316L	200	480	50	180
321	200	520	40	180

Figura 3.9 Propiedades mecánicas.

Fuente: (China Stainless, 2023)

Suelda MIG 0.9

El uso de cable de soldadura MIG de 0.9 mm es adecuado para soldaduras de espesor moderado y para una amplia variedad de materiales, incluyendo acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones de aluminio. Sin embargo, el diámetro de cable de soldadura puede variar dependiendo del tipo de trabajo que se requiera realizar, por lo que es importante considerar los materiales a soldar, el tipo de soldadura y los requisitos específicos para

determinar el diámetro adecuado de cable de soldadura. Es importante asegurarse de utilizar las técnicas correctas de soldadura y seguir las pautas de seguridad para obtener los mejores resultados.

3.1.4 SIMULACIÓN DE SOLID WORKS FLOW SIMULATOR.

Para el proceso de simulación se necesita obtener varios datos informativos del motor, los cuales serán necesarios para ingresar valores al programa de simulación. Los datos que se presentaran a continuación, son tomados del vehículo el cual se modificó y realizo los estudios.

Ecuación 3.2 Formula de área y volumen de salida del motor

$$diametro = 77,00mm \Rightarrow 0.077m$$

$$cilindro = 73.00mm \Rightarrow 0.073m$$

$$V = \frac{\pi x (D1)^2 x C}{4}$$

Donde:

A1 = área del pistón $(cm)^2$

D1 = diámetro del pistón (cm)

C = carrera del pistón

$$V = \frac{\pi x (0.077m)^2 x 0.073m}{4}$$

$$V = \frac{\pi x (0.077m)^2 x 0.073m}{4}$$

$$V = \frac{1.359x10^{-3}}{4}$$

$$V = 3.3975x10^{-4} m^3$$

Donde 1.359×10^{-3} es el valor total del volumen del cilindro el cual se tomó en cuenta para el caudal volumétrico.

Y el valor de $3.3975 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ es el resultado del volumen unitario de cada cilindro donde se divide para el número de cilindros.

Ecuación 3.3 Formula de RPM a rev/s.

$$1rpm = \frac{1 \text{ rev}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$5958rpm = \frac{1 \text{ rev}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$\text{Solucion} = 99.3 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

Se tomo en cuenta el valor de una vuelta del cigüeñal se consideró el valor obtenido de las revoluciones dividido entre 2 para lo cual la entrega de gases en una vuelta es de:

$$\frac{99.3}{2} = 49.65 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

Ecuación 3.4 Flujo del caudal volumétrico.

$$Q = \text{Volumen del cilindro} \times \text{RPM}$$

$$Q = 1.359 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 49.65 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$Q = 0.0674 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ecuación 3.5 Formula de Área y volumen de salida del motor.

$$A = \frac{\pi (D1)^2}{4}$$

Donde:

A = Área (m^2)

D1 = diámetro de entrada al recuperador de gases de escape.

El diámetro del ingreso al recuperador de gases de escape es de 1.5 pulgadas, realizado el proceso de conversión dio el resultado de 0.04 m que se utiliza en la ecuación.

$$A = \frac{\pi (0.04m)^2}{4}$$

$$A = 1.256 \times 10^{-3} m^2$$

Al haber obtenido el área de entrada al recuperador de gases de escape utilizamos la ecuación de flujo volumétrico despejando la velocidad promedio.

Ecuación 3.6 Flujo volumétrico.

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = caudal de flujo volumétrico ($\frac{m^3}{s}$)

A = área (m^2)

Vpro = velocidad promedio ($\frac{m}{s}$)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.0674 \text{ m}^3/s}{1.256 \times 10^{-3} m^2}$$

$$V_{pre} = 53.66 \frac{m}{s}$$

En la herramienta de diseño SolidWorks también se encuentra el mencionado Flow Simulation, donde se realizó la simulación previa a un modelado del diseño. El análisis es interno, para observar la fluidodinámica y las presiones que maneja el diseño en diferentes puntos del mismo, para lo que se debe crear límites en el diseño, esta herramienta llamada (Create lids) se aprecia en el programa, permitiendo cerrar los pasos de entrada y salida en las tuberías.

Una vez terminado los límites se procede a escribir los parámetros analizados anteriormente, en este caso el flujo del caudal volumétrico y la presión (msnm) que se desea analizar cómo se observa en la tabla a continuación.

Tabla 3.1. Condiciones para la simulación

Parámetro	Condición
Tipo de análisis	Estático
Material del dominio	Aire (gas ideal)
Presión de referencia	1 atm
Temperatura	293.3 k
Flujo volumétrico	0.062 m ³ /s

Fuente: el investigador

Para las condiciones de frontera (Boundary condition), se realizó para cada una de las entradas del múltiple de escape (4), y donde se realizó el análisis de velocidad y presión al interior del diseño ingresando los valores obtenidos de flujo volumétrico y presión del ambiente.

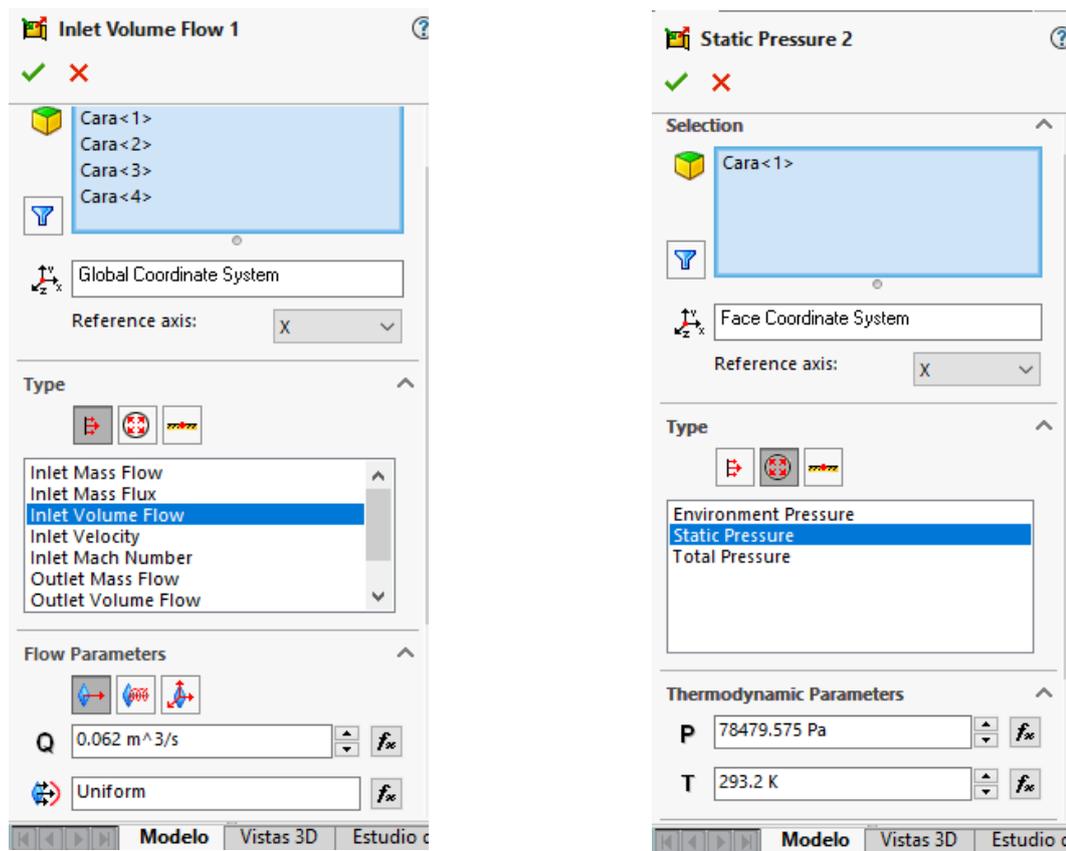


Figura 3.10 Condiciones de frontera

Fuente: el investigador

Flujos de trayectoria.

En la figura se observan las condiciones de velocidad de $0.062 \text{ m}^3/\text{s}$ para obtener los flujos de trayectoria en velocidad del múltiple de escape.

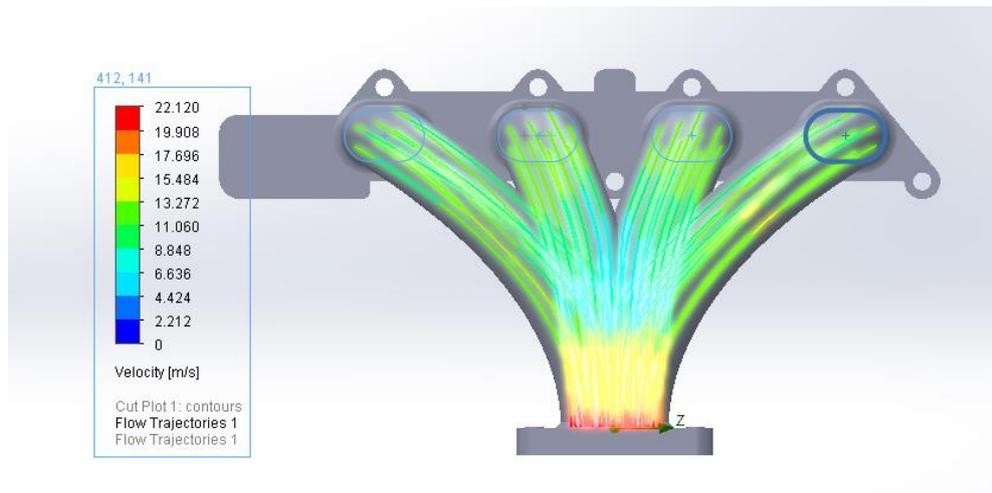


Figura 3.11 Flujo de velocidad

Fuente: el investigador

La figura siguiente indica la presión interna que se genera en el múltiple de escape, observando las tuberías que expulsan el fluido al tener un menor diámetro generan más presión (color amarillo y naranja), mientras que la unión de las 4 tuberías se genera una menor presión al tener un mayor diámetro (color celeste).

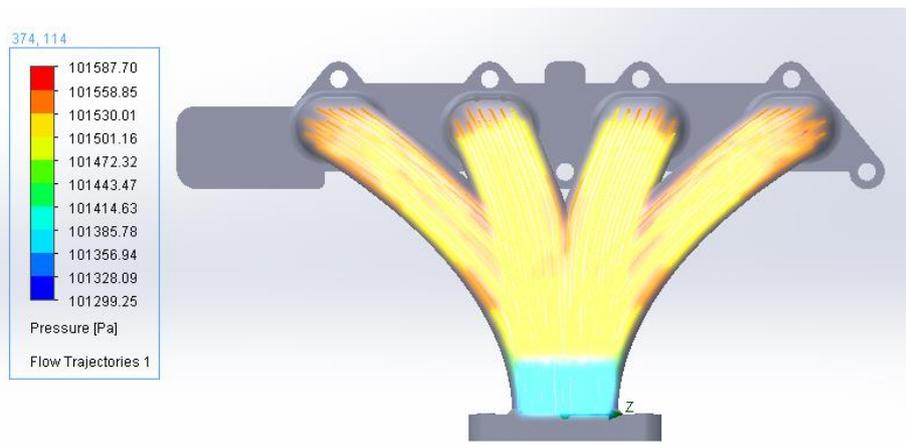


Figura 3.12 flujos de presión

Fuente: el investigador

La figura siguiente la velocidad del fluido en el multiple de escape empieza de forma similar en los 4 cilindros (color verde), al avanzar a la parte inferior del multiple la velocidad se reeentiza aun mas en la union de las 4 tuberias (color celeste), y de acuerdo a los parametros de velocidad y presion en la entrada al turbo la velocidad aunmenta (color amarillo y rojo).

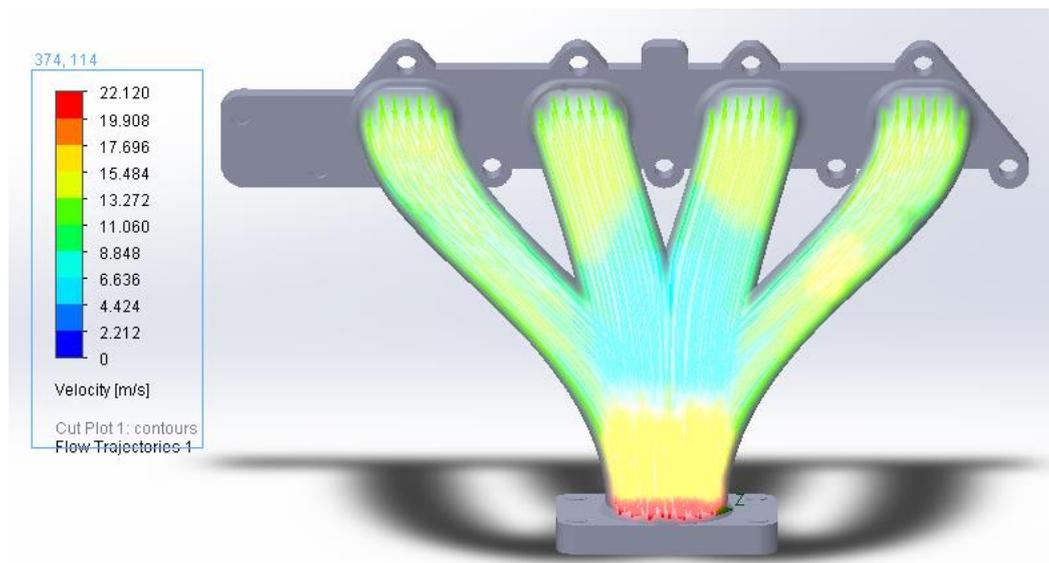


Figura 3.13 flujos de velocidad

Fuente: el investigador

3.1.5 Selección y Dimensionamiento del Turbo Compresor

Cuando se habla de selección de un turbo - compresor, se mencionó de varios datos que se debe obtener del motor en el cual se va a colocar. Parte de la selección del turbo es la potencia que se requiere alcanzar, expertos recomiendan que, a gran tamaño de turbo-compresor mayor flujo de aire, mientras que a menor tamaño menor flujo de aire.

Esto se debe a la carcasa tanto de admisión, como de escape que se va a utilizar, teniendo en cuenta el área del radio A/R. Al hablar de motores aspirados se habla del área del radio utilizado en la tubería de escape, si se tiene un gran tamaño se pierde flujo del efecto buscado, a su vez a menor tamaño se produce un cuello de botella causando pérdida de potencia.

Ecuación 3.7 Formula de radio de presión.

$$(PR = P2c / P1c)$$

Donde:

P1c = presión absoluta de admisión (psia)

P2c = presión absoluta de soplado (psia)

Psia = presión absoluta, presión a la que se debe sumar la presión atmosférica.

Psig = presión relativa, presión indicada en el manómetro de presión.

En el reloj de presión marca 5 psi entonces Psia = 5 Psig + 14.7 Psia, esto nos da un resultado de 19.7 Psia. Por lo que Pr = 19.7 Psia dividido para 14.7 Psia.

$$Pr = \frac{19.7 \text{ psia}}{14.7 \text{ psia}}$$

$$Pr = 1.34 \text{ esto en un mundo ideal.}$$

Para los objetivos logrados se aplica la corrección por restricciones de admisión de la compresora que genera caídas de presión y la presión de admisión es menor que la presión estándar.

$$P2c = 14.7 \text{ psia} - 1 \text{ psig} = 13.7 \text{ psia}$$

Por lo que:

$$Pr = \frac{(5 \text{ psig} + 14.7 \text{ psia})}{13.7 \text{ psia}}$$

$$Pr = 1.347$$

Luego se aplica la corrección de la altura a la cual nos encontramos en la ciudad de Ibarra la presión es de 11.022 psia ya que 14.7 psia lo obtenemos al nivel del mar.

Con lo que:

$$Pr = \frac{(5 \text{ psig} + 11.022 \text{ psia})}{(11.022 \text{ psia} - 1 \text{ psia})}$$

$$Pr = 1.598$$

Con este resultado se obtuvo la presión a la que trabajamos, el radio de presión donde se va a mover la compresora. Ahora esta presión Pr la transformamos a densidad de radio, que es la cantidad de aire que ingreso a la compresora contra la cantidad de aire comprimido. Este tiene dos variables que son temperatura y presión de soplado, aquí es donde el intercooler toma una gran importancia.

Ecuación 3.8 Formula de densidad de radio

$$Dr = \left(\frac{t1}{t2}\right) \times Pr$$

Donde:

$T1$ = temperatura de admisión original.

$T2$ = temperatura después de la compresión.

$$Dr = \left(\frac{90.40}{33}\right) \times 1.598$$

$$Dr = 2.739$$

Estas temperaturas fueron tomadas con un medidor de temperatura laser. Normalmente esta se encontraba entre 18°C y 25°C dependiendo de la temperatura ambiente, y entre unos 28°C a 35°C cuando el turbo soplaba. Tras circular por el intercooler las temperaturas superiores a 40°C no resultan eficientes.

Ahora se calculó la cantidad de aire que necesita nuestro motor y la potencia que se logró para realizar el cálculo.

El flujo volumétrico del motor fue calculado por la cilindrada y eficiencia del motor (VE) que para un motor de gasolina de 4 válvulas por cilindro sin sobrealimentación es de un 80%. El flujo de aire transformado a masa al multiplicarlo por la densidad del aire.

Ecuación 3.9 Formula de flujo de aire

$$Af = (HP \times AFR \times BSFC/60)$$

Donde:

Af = masa actual de aire (lb/min).

HP = caballos deseados.

AFR = radio de aire combustible (E85) =8,50.

BSFC = consumo específico del combustible = E85= 0,60.

$$Af = (170 \text{ HP}) \times (8,50) \times \frac{(0,60)}{60}$$

$$Af = 14.45 \frac{lb}{min}$$

Una libra por minuto es igual a 0.021666216 pies cúbicos sobre minuto, entonces:

$$Af = 0.313 \text{ CFM } o \frac{ft^3}{min}$$

Este valor fue necesario para alcanzar los 170 HP, ahora para conseguir los 14.45 libras de aire tenemos la variable de la cilindrada y las revoluciones del motor. Un motor pequeño debe subir muchas más revoluciones para mover esa cantidad de aire por la que se calcula la presión necesaria en el colector para generar esa masa de aire.

Ecuación 3.9 Formula de presión requerida en el colector de admisión.

$$MAp_{req} = \frac{Wa \times R \times (460 + Tm)}{VE \times \frac{N}{2} \times Vd}$$

Donde:

MAp_{req} = presión en el colector en PSI.

Wa = flujo de aire en (lb/min)

R = constante de gases = 639,6

Tm = temperatura de admisión en el colector (F°).

VE = eficiencia volumétrica del motor (4 válvulas) $VE = 0,90$

N = velocidad del motor (RPM Max) = 6500 rev.

Vd = cilindrada del motor en pulgadas cúbicas

Se convierte los litros en cilindrada multiplicando 61,02

Por lo que un motor de 1.6 litros de cilindrada da = 1.60 litros x 61.02 = 97.64 $inch^3$

$$MAp_{req} = \frac{(14.45) \times (639,6) \times (460 + 115)}{(0,90) \times \left(\frac{6500}{2}\right) \times (97,64)}$$

$MAp_{req} = 12.87 \text{ psia}$ esta es la presión absoluta, por lo que si restamos la presión atmosférica a la que nos encontramos en la ciudad de Ibarra 10.022 psia dio un resultado de 2.248 psia.

Normalmente existen pérdidas por factores como tuberías, codos, diferentes dimensiones en las tuberías desde la salida del turbo hasta la entrada al colector de admisión, por lo que se asume una pérdida de 2 psia la cual se añadió, por lo que:

$$P2c = 12.87 \text{ psia} + 2 \text{ psia} = 14.87 \text{ psia}$$

$$P1c = Patm = Pperdida = 11.022 \text{ psia} - 1 \text{ psia} = 10.022 \text{ psia}$$

Con lo que:

$$Pr = \frac{P2c}{P1c}$$

$$Pr = \frac{14.87 \text{ psia}}{10.022 \text{ psia}}$$

$$Pr = 1.48 + 2.248$$

$$Pr = 3.731$$

Por lo tanto, para el objetivo del motor 1.6 litros requiere 14.45 lb/ min y requiere un radio del turbo de 2.248 psia el turbo seleccionado genera suficiente aire para el objetivo logrado, cumpliendo satisfactoriamente lo planteado.

3.1.6 DIMENSIONAMIENTO DEL INTERCOOLER.

En el selecciona miento del intercooler se procedió a realizarlo tomando datos del núcleo tanto originales de casas comerciales, así también como de marcas tunner con mayores tamaños y especificaciones.

La diferencia entre originales y tunner es su tamaño y la construcción de su núcleo, teniendo en cuenta que existen diferentes tipos como son aire/aire y aire/agua.



Núcleo de tubo/aleta



Núcleo de barra/placa

Figura 3.14 comparativa entre intercooler de tubo/aleta y barra/placa.

Fuente: El investigador

Característica	Tubo y aleta	Barra y placa
Transferencia de calor	Bueno	Mejor
Peso	Ligero	Mas pesado
Resistencia al daño	Pobre	Mas robusto
Coste	Barato	Mas caro
Tasa de fallo	Medio	Bajo
Tolerancia a la presión	Medio	Mayor
Límites de construcción	Restricciones de tamaño debido al modo de fabricación	Mas versátil

Fuente: (<https://ztrsport.com/>, 2018)

Teniendo en cuenta las anteriores comparaciones, se decidió optar por un intercooler de mayores prestaciones para no tener problemas a futuro, incluso si luego se decide incrementar la potencia con distintas modificaciones.

Para obtener el máximo de potencia a soportar, se calculó el núcleo, sin tomar en cuenta los laterales ni las bocas tanto de entrada como de salida.



Figura 3.14 Temperatura de entrada intercooler.

Fuente: el investigador

Con un medidor laser se tomó la temperatura de entrada del intercooler, dando como resultado el valor de 90.4 °C como se muestra en la figura, una temperatura no muy elevada que, con el funcionamiento y cambio de temperatura a realizar en el intercooler debe bajar y con eso obtener un resultado favorable para la mejora de rendimiento del motor.



Figura 3.15 Temperatura de salida intercooler.

Fuente: el investigador

En esta figura se observa el cambio de temperatura que realizó el intercooler, de 90.4°C de entrada a 33°C de salida, dando como resultado positivo la baja de temperatura antes de ingresar al múltiple de admisión para su posterior combustión, de igual manera obteniendo una menor densidad.



Figura 3.16 Intercooler a implementar

Fuente: el investigador

Ecuación 3.10 Dimensiones del Intercooler

$$cm^3_{inter} = h \times l \times a$$

$$cm^3_{inter} = (15.5)cm \times (45.5)cm \times (9)cm$$

$$cm^3_{inter} = 6347.25cm^3$$

Este intercooler tiene una capacidad de 6347.26 cm^3 , la cual se tiene que transformar a pulgadas, dividiendo el valor obtenido por 16.387, dando como resultado 387.33 inch^3 .

3.2 IMPLEMENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez seleccionados los diseños y construidas las partes y piezas requeridas, se procede a la fase de medición de rendimiento y valoración funcional.



Ecuación 3.11 . Imagen lateral izquierda del vehículo a ser modificado

Nota: En la figura se puede observar el vehículo utilizado en la investigación, elaborado por el investigador

La Figura muestra una imagen lateral del vehículo, mismo que al inicio de la investigación presentó buenas condiciones, no tuvo problemas en el arranque; pero, presentaba un error en la entrada de combustible, ocasionando una respuesta negativa a la hora de encender y mantener en ralentí el vehículo. La Figura 9 muestra una ilustración de

las condiciones físicas del motor del vehículo, además, en las mediciones de presión de cada cilindro se evidenció un valor promedio de 170 psi, por tanto, se procedió a reducir esa presión levantando el cabezote del vehículo.



Figura 3.17 Imagen de la parte frontal del vehículo donde se evidencia el proceso de cambio del radiador

Fuente: el investigador



Figura 3.18 Imágenes del cabezote

Fuente: el investigador

Posteriormente a la remoción del cabezote del motor se procedió a retirar el empaque original estándar y se realizó una limpieza de todas las imperfecciones o residuos que podrían quedar.



Figura 3.19 Imágenes después de la limpieza de imperfecciones

Fuente: el investigador

Una vez que las imperfecciones observadas en el motor fueron limpiadas, se procedió a colocar el nuevo empaque sobre medida $+0.60\text{mm}$ con lo que se logró reducir la presión de cada uno de los cilindros a una presión de 120 psi que sería la adecuada para la implementación del recuperador de gases de escape mediante el turbo compresor. Alcanzando una mejor condición física en el motor, como lo muestra la figura .

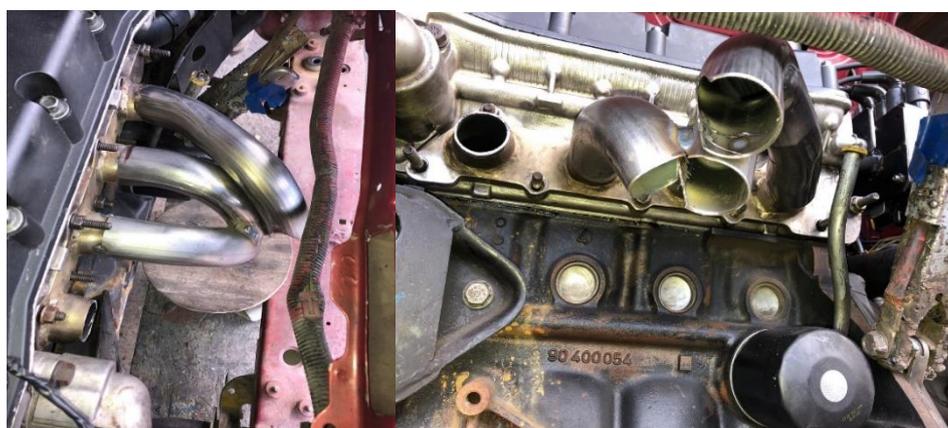


Figura 3.20 Condiciones de construcción del múltiple de escape

Fuente: el investigador

Posteriormente, en base a los diseños presentados se procedió a la construcción del múltiple de escape 4 a 1, cuyos resultados son expuestos en la figura 8.



Figura 3.21 Imagen del proceso de construcción e instalación del múltiple de escape

Fuente: el investigador

En la implementación se empleó suelda MIG, con un cable de acero dulce de 0.9mm de diámetro. Luego de culminar el proceso de suelda del múltiple se procedió a la colocación de la base del turbo compresor para que su ubicación sea estratégica y no ocasione incomodidad alguna a la hora de realizar otras actividades de reparación y mantenimiento del vehículo, como se muestra en la figura 15.



Figura 3.22 Condiciones finales de la implementación del múltiple del sistema de escape

Fuente: El investigador

Finalmente, luego de la implementación del múltiple de admisión (cambiando el múltiple tipo ITVS) y las mediciones pertinentes, se procedió a reemplazar el radiador de agua del motor y también colocar las bases del intercooler, a fin de tener las condiciones mínimas necesarias para un adecuado rendimiento del motor, como lo muestra la figura 16.



Figura 3.23 Reemplazo del múltiple de admisión tipo ITV'S

Fuente: el investigador

Este cambio se lo realizo con la finalidad de, evitar fugas a la hora de construir un múltiple de admisión con esta base que se muestra en la imagen 16.



Figura 3.24 Inyectores y riel de combustible utilizados con el sistema tipo UTV'S

Fuente: el investigador

Estos inyectores se los reemplazo por los sistemas originales del vehículo Chevrolet Aveo, ya que la culata pertenece a ese vehículo. En la siguiente imagen número 18 se observa ya instalados el cuerpo de aceleración, riel de inyección e inyectores originales anteriormente mencionados.

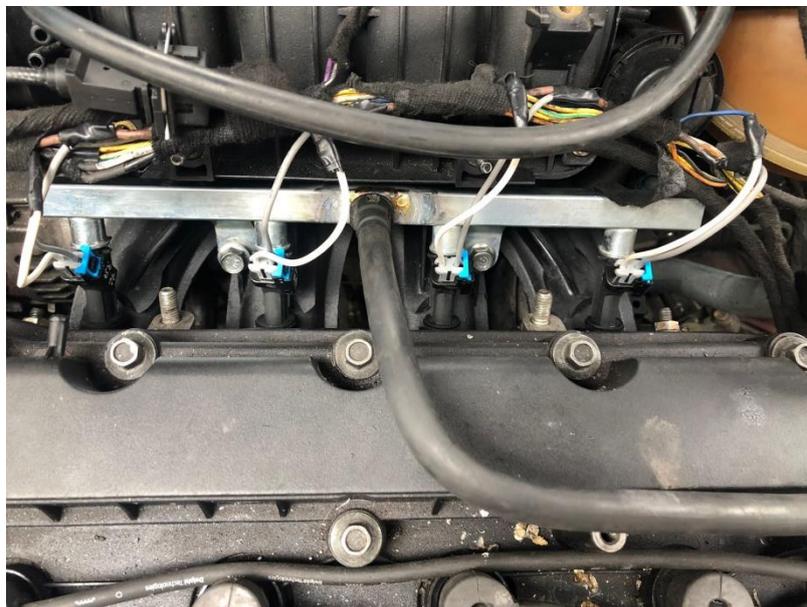


Figura 3.25 Inyectores y riel de combustible utilizados con el sistema tipo UTV'S

Fuente: el investigador

En la figura anterior se aprecia que el riel de combustible original tiene una modificación, se añadió un retorno de combustible ya que este no contaba con el mismo.

Como se observa en la imagen los cables blanco y gris son adaptaciones que se realizó para colocar los sockets de los nuevos inyectores (originales).



Figura 3.26 Colocación de múltiple original del vehículo (Aveo)

Fuente: el investigador

En esta imagen se está colocando el sistema de admisión original del vehículo (Aveo) cambio que se lo realizo con la finalidad de obtener una mayor seguridad y eficiencia al momento que el aire a presión ingrese a la cámara de combustión para su posterior combustión.



Figura 3.27 Ubicación de las tuberías turbo – intercooler

Fuente: el investigador

En esta imagen se observa el sistema de tuberías desde el turbo-cargador hacia la entrada de admisión, pasando por el intercooler para enfriar el aire.



Figura 3.28 Ubicación de la válvula de control de presión (BlowOff)

Fuente: el investigador

Ubicación de la válvula de descarga de presión de aire (BlowOff), con el objetivo de controlar las presiones que van a ingresar a la cámara de combustión, evitando que estas sean excesivas y el motor no pueda sufrir daños mayores.

Para poder comprobar las temperaturas que ingresan al motor son adecuadas para obtener una mayor potencia, se utilizó un medidor de temperatura laser, dando como resultado inicial a la entrada del intercooler un valor de 90.4 C.

Seguidamente la Tabla a continuación se describe las características en las que se recibió el vehículo y las características con las que ha finalizado una vez terminado el trabajo.

Tabla 3.2 tabla comparativa de características del vehículo antes y después de esta investigación

Variable/ Sistema	Parámetro		Observación
	Antes	Actual	
Chevrolet Corsa Wind	1.6L	1.6L	No varia
Número de cilindros	4	4	No varía.
Distribución	DOHC	DOHC	No varia
Cilindrada	1593cc	1593cc	No varia.
Relación de compresión	9,5:1	8.93:1	Reducción en la cámara de combustión.
Potencia	120 CV	171 CV	Considerable aumento de potencia, en un 42%

Torque o par motor	100.6Nm a 5900 rpm	195.15Nm a 5958 rpm	Con la mejora de torque se obtiene mejor aceleración. Aumento de torque en un 51.55%
Velocidad máxima	192 km/h	192 km/h	No se ha modificado cono y corona en la transmisión, la velocidad máxima no varía.
Sistema de encendido	DIS Orden de encendido:1-3-4-2	DIS Orden de encendido:1-3-4-2	No varía
Bobina de encendido:	AC DELCO		Bobina
Resistencia	5700 ohm		5700 ohm

Fuente: el investigador

Para la comparativa de datos se dispone de análisis de gases realizados en estudios anteriores al vehículo en la tesis de ingeniería de Gavilanes Santillán & Pérez Cobos, (2022)

3.2.1 COMPARATIVA ANÁLISIS DE RESULTADOS DE GASES DE ESCAPE

Tabla 3.3. Análisis de gases motor sin turbo en ralentí

ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE CORSA WIND 1,6				
PROGRAMACIÓN	C	+1	Ralentí	
VALORES Y MEDIDAS	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
RPM (1/min)	1230	1240	1250	1250
CO % Vol	9.9	9.99	9.99	9.99
CO2 % Vol	5.	5.	6.	5.
HC ppm/Vol	2610	2340	2840	3760
O2 % Vol	3.0	3.05	2.61	3.80
LAMBDA	0.732	0.744	0.717	0.734
FECHA	29/03/2022	29/03/2022	29/03/2022	29/03/2022
HORA	17:45	17:49	17:52	17:55

Fuente: el investigador

Tabla 3.4 Análisis de gases motor con turbo en ralentí

Análisis de gases de escape corsa Wind a 2320 RPM			
Valores y medidas	Ralentí	Ralentí	Ralentí
	Prueba 3	Prueba 2	Prueba 1
CO % VOL	9.99	9.99	9.99
CO2 % VOL	5.8	5.7	5.5
HC ppm/VOL	2360	2750	2600
O2 % VOL	2.86	2.88	3.21
Lambda	0.734	0.723	0.736
Fecha	24/01/2023	24/01/2023	24/01/2023
Horas	09:00	08:55	08:46

Fuente: el investigador

En la comparativa de los análisis de gases escape en ralentí se puede observar los resultados antes y después de la instalación del turbo que no existe mayor variación en lo que respecta a CO (Monóxido de carbono), el CO2 (Dióxido de carbono), el O2 (Oxígeno)

pero en relación a Hidrocarburos no quemados (HC) siendo los valores máximos en el motor con turbo 2750 y de 3760 en el motor si turbo lo que es equivalente a una reducción de 26.86.

Tabla 3.5 Análisis de gases motor con turbo a 4000 (RPM)

Análisis de gases de escape corsa Wind.			
Valores y medidas	4040(RPM)	4070(RPM)	4000(RPM)
	Prueba 3	Prueba 2	Prueba 1
CO % VOL	9.99	9.99	9.99
CO2 % VOL	5.2	5.2	4.7
HC ppm/VOL	3290	3250	3760
O2 % VOL	3.72	3.36	4.70
Lambda	0.732	0.719	0.748
Fecha	24/01/2023	24/01/2023	24/01/2023
Horas	09:01	08:57	08:50

Fuente: el investigador

Tabla 3.6 Análisis de gases motor sin turbo a 2500 (RPM)

RESULTADOS DE PRUEBAS DE GASES A 2500			
PROGRAMACIÓ	A	B	C
VALORES	-12%	0%	+10%
RPM (1/min)	2542.5	2485	2495
CO % Vol	9.99	8.365	8.39
CO2 % Vol	5.925	4.35	4.15
HC ppm/Vol	2347.5	6015	6800
O2 % Vol	3.39	7.1	7.56

Fuente: el investigador

En la comparativa de los análisis de gases escape entre 4000RPM del motor con turbo y a 2500 RPM con turbo se puede observar los que no existe mayor variación en lo que respecta a CO (Monóxido de carbono), el CO2 (Dióxido de carbono), el O2 (Oxígeno) pero en relación a Hidrocarburos no quemados (HC) siendo los valores máximos en el motor con turbo 3760 y de 6800 en el motor si turbo lo que es equivalente a una reducción

de 44.74 % en las emisiones esto puede deberse al enriquecimiento de la mezcla de oxígeno y combustible .

Estas pruebas se realizaron con el objetivo de verificar que tanto contamina el vehículo con esta nueva preparación mediante el sistema de recolección de gases de escape implementado con el turbo. Los resultados como se puede observar son notorios a la hora de con la disminución en cuanto a contaminación teniendo en cuenta que el vehículo está preparado para la competencia y que su potencia se incrementó notablemente.

3.2.2 COMPARATIVA ANÁLISIS RESULTADOS DE DINAMOETRO

Figura 3.29 Análisis de Dinamómetro motor con turbo

Ensayo: CORSA UTN TURBO 3 N°2		
Cliente: ALEJANDRO PAEZ		
Potencia Máxima	170,9 CV @ 6314 rpm	
Torque Máximo	19,9 Kgm @ 5958 rpm	
	De 2500 rpm a 6300 rpm	De 2500 rpm a 0 rpm
Potencia Media	107,0 CV	107,0 CV
Torque Medio	16,7 Kgm	16,7 Kgm
Aceleración	10,69 s	



Fuente: el investigador

Figura 3.30 Análisis de Dinamómetro motor sin turbo

Ensayo: TESIS CORSA UTN P N°878		
Cliente: JUAN PÉREZ Y BRYAN GAVILANES		
Potencia Máxima	112,2 CV @ 6539 rpm	
Torque Máximo	15,1 Kgm @ 2887 rpm	
	De 2200 rpm a 6800 rpm	De 2200 rpm a 0 rpm
Potencia Media	83,0 CV	16,8 CV
Torque Medio	13,2 Kgm	5,4 Kgm
Aceleración	16,73 s	0,00 s



Fuente: el investigador

En la comparativa se puede observar mejoras sustanciales en la potencia máxima con un aumento de 112.2 CV a 170.9 CV lo que representa un aumento de 58.7 CV, en el torque máximo con un aumento de,15.1 kgm @ 2887 rpm a 19.9 kgm @5958 rpm, la potencia media con un aumento de 83 CV a 107 CV, el torque medio de 13.2 kgm a 16.7 kgm , y la aceleración que se reduce de 16.73s a 10.69 s.

4 CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.

- Se Implemento un sistema de recuperación de gases de escape mediante un turbo-compresor en un motor MEP (4T) de competencia, obteniendo mejoras sustanciales en torque y potencia, de 120 CV a 170.9 CV.
- Se elaboró una propuesta de diseño y simulación de los componentes a implementarse en el vehículo de competencia en el que se logro la optimización en el motor, su rendimiento en torque y potencia obtuvo una mejora significativa de un 48 %, haciendo énfasis que dicho motor en donde se realizó el proyecto se encontraba en un stage 1 de preparación, teniendo en cuenta que las partes móviles del motor no son modificadas.
- Tras la implementación de los diseños elaborados y simulados en la propuesta, para verificar el rendimiento en ciudades de altura. La potencia y el torque en el vehículo se incrementaron significativamente en un 48%, recalcando que las pruebas realizadas a la altura que corresponde son (2200 msnm. Para lo que se realizó cálculos de una manera detallada, con el objetivo de tomar una decisión acertada al momento de la selección y dimensionamiento del turbo - compresor e intercooler.
- Se aplico el diseño del múltiple de escape (4 - 1) porque esta configuración brinda un mayor flujo de gases que son dirigidos al turbo compresor, también el poco espacio en el vano motor marco la diferencia a la hora de aplicar este diseño, por lo contrario, la configuración (4 – 2 - 1) que implicaba un diseño más grande y robusto a diferencia del construido.

4.2 RECOMENDACIONES.

- Tras los datos obtenidos, se recomienda realizar un buen trabajo de mapeo el cual ayudará a reducir los niveles de contaminación sin perjudicar la potencia que se desea alcanzar, teniendo en cuenta que es un vehículo de competencia la prioridad en este trabajo que es mejorar el rendimiento de torque y potencia.
- Es importante tener en cuenta que sobrealimentar un motor puede tener consecuencias negativas, como un aumento en el desgaste del motor y en la posibilidad de fallas mecánicas. Por lo tanto, es importante realizar estas modificaciones con precaución. Además, es necesario tener en cuenta que la sobrealimentación puede afectar la seguridad del vehículo e invalidar la garantía.
- Desde la academia es necesario proponer este tipo de trabajos con tabulación estadística para proporcionar los datos e información como la de los trabajos precedentes a este que permitieron realizar cálculos correctos para un diseño y modificación exitosa.
- Se recomienda instalar un pre y post sensor de temperatura en el intercooler con el fin de precisar el ancho de inyección. Para con esto lograr una programación aún más efectiva en cuanto a torque y potencia se refiere.

REFERENCIAS

- ABC motor. (07 de mar. de 2022). *Qué son el CO2 y el NOx que emiten los coches de combustión.* https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-y-emiten-coches-combustion-201811131413_noticia.html
- Actualidad Motor. (06 de mar. de 2022). *Sensor MAF o sensor de flujo de aire: funcionamiento, averías y soluciones.* <https://www.actualidadmotor.com/sensor-maf-o-sensor-de-flujo-de-aire/>
- Almeida, A., & Calderón, G. (2016). Repotenciación del motor del Corsa Wind 1.4 de la Universidad Técnica del Norte. *Tesis de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.* Ibarra, Ecuador.
- Almeida, A., & Calderón, P. (2016). *Repotenciación del motor del Corsa Wind 1.4 de la marca Chevrolet.* Ibarra: Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5514/1/04%20MAUT%20014%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Anna Escofet, P. F. (2016). Elaboración y validación de un cuestionario para la valoración de proyectos de aprendizaje-servicio. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 929-949.
- Ansys. (2022). [https://www.ansys.com/campaigns/porsche.](https://www.ansys.com/campaigns/porsche)
<https://www.ansys.com/campaigns/porsche>
- Auto Avance. (02 de mar. de 2022). *Sensor MAP Fallas y Funcionamiento.* <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-map-para-que-sirve/>
- AutoDoc. (18 de 12 de 2020). <https://club.autodoc.es>. <https://club.autodoc.es/magazin/que-es-y-como-funciona-el-embrague-del-coche>

AUTODOC CLUB. (08 de 02 de 2022). <https://club.autodoc.es/magazin/los-8-mejores-aceites-para-motores>. <https://club.autodoc.es/magazin/los-8-mejores-aceites-para-motores>

Autolab. (2021). <https://autolab.mx/blog/sistema-de-admision-de-aire/#:~:text=Con%20esto%2C%20podr%C3%ADamos%20decir%20que,de%20revoluciones%20al%20que%20trabaje>. <https://autolab.mx/blog/sistema-de-admision-de-aire/#:~:text=Con%20esto%2C%20podr%C3%ADamos%20decir%20que,de%20revoluciones%20al%20que%20trabaje>.

Camacho, C., & Chancusi, D. (2021). *CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA*. Quito: EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21541/1/CD%2011038.pdf>

CAR. (2016). OverBoost: Un RedBull para tu coche. *CAR*.

Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Rev Politéc. (Quito) vol.39 no.1 Quito ene./mar. 2017*, 49-57.

Chiriboga , L. (2021). Optimización de conductos del múltiple de escape en los materiales bajo su rendimiento experimental en el MEP de un vehículo liviano. *Polo del conocimiento*, 1063-1079. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/2336/4747>

Chopperon. (20 de feb. de 2022). *Cómo funciona la caja de cambios de una moto*. <https://chopperon.com/como-funciona-la-caja-de-cambios-de-una-moto/>

Climate-Data. (02 de abr. de 2022). *Climate-Data.org*. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-imbabura/ibarra-2964/>

Dassault Systemes. (2022). https://www.solidworks.es/sw/docs/Flow_Pressure_Drop_Whitepaper_ESP.pdf. https://www.solidworks.es/sw/docs/Flow_Pressure_Drop_Whitepaper_ESP.pdf

De máquinas y herramientas. (01 de 03 de 2015).
<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/elegir-comprar-torquimetro>. <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/elegir-comprar-torquimetro>

Definición. (10 de julio de 2022). *Definición de cronómetro*.
<https://definicion.de/cronometro/>

Derco Center. (2022). <https://www.dercocenter.cl/noticias/funcion-del-diferencial/>

Diario de León. (2012). <https://www.diariodeleon.es>.
<https://www.diariodeleon.es/articulo/deportes/simulacion-ingenieria-pone-prueba-formula-1/201212221919281310222.html>

Diario Motor. (ago. de 2020). <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/turbo-funcionamiento-componentes-wastegate/>

Díaz, F. (01 de 06 de 2016). <https://noticias.autocosmos.com.co/2016/06/01/que-lubricantes-utilizan-los-carros-de-competencia>.
<https://noticias.autocosmos.com.co/2016/06/01/que-lubricantes-utilizan-los-carros-de-competencia>

Dominguez, E., & Ferrer, J. (2018). *Sistemas de transmisión y frenado*. Editex.

Donaire, D. L. (2022). <https://www.actualidadmotor.com/arbol-de-transmision/>

Ecología Verde. (06 de mar. de 2022). *Contaminación vehicular: qué es, tipos, causas y consecuencias*. <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-vehicular-que-es-tipos-causas-y-consecuencias-2130.html>

ECURed. (09 de mar. de 2022). *Cantón Ibarra*.
[https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Ibarra_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Ibarra_(Ecuador))

El automóvil al desnudo. (18 de abril de 2013).
<http://jeroitim.blogspot.com/2013/04/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html>

- Fayals. (06 de mar. de 2022). *El parque automotor se envejece en Ecuador en 2021*.
<https://www.fayals.com/2021/08/autos-viejos-ecuador-2021.html>
- Fiallo, A., & Vacacela, R. (2010). Trucaje y adaptación del tren de potencia y sistema de frenos para un vehículo de la formula automovilística universitaria. Tesis de Ingeniería Automotriz, ESPOCH. .
- FORJA2 Racing Equipment. (06 de mar. de 2022). <https://forja2.cl/producto/over-boost-blox/>
- Gavilanez, B., & Pérez, J. (2022). *EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE SONDA LAMBDA PARA LA REPOTENCIACIÓN DE MOTORES DE ENCENDIDO PROVOCADO*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12553/2/04%20MAUT%20188%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- HallTech. (05 de mar. de 2022). *ECU Wiring Diagrams*.
<https://www.haltech.com/downloads/wiring-diagrams/>
- Hartman, J. (2013). *Automotive Engine Management Systems*. Minneapolis: MotorBooks.
- Hello Auto. (10 de julio de 2022). *Definición de compresión*.
<https://helloauto.com/glosario/compresion>
- Hello Auto. (10 de julio de 2022). *Definición de tacómetro*.
<https://helloauto.com/glosario/tacometro>
- Hello Auto. (10 de julio de 2022). *Descripción de un analizador de gases de escape*.
<https://helloauto.com/glosario/analizador-gases-de-escape>
- Hello auto. (08 de mar. de 2022). *Significado de torque*.
<https://helloauto.com/glosario/torque>
- Ingeniería y Mecánica Automotriz. (06 de mar. de 2022). *Qué es el sensor de Oxígeno y cuál es su función*. <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-oxigeno-y-cual-es-su-funcion/>

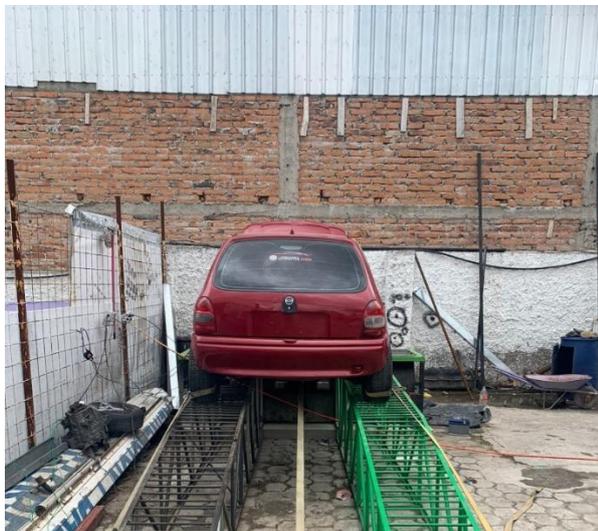
- Laskova, L. (2015). <https://aula.bg/blog/kakvo-e-solidworks/>. <https://aula.bg/blog/kakvo-e-solidworks/>
- Launch. (2022). <https://launchparaguay.com/index.php/producto/medidor-de-compresion/>. <https://launchparaguay.com/index.php/producto/medidor-de-compresion/>
- Laverde, E. (2020). *Implementación del tren de potencia y sistema de transmisión para un vehículo biplaza tipo BUGGY. Tesis de Grado*. Latacunga, Ecuador: Universidad de Fuerzas Armadas ESPE Latacunga.
- López, D. (08 de mar. de 2022). *Factores que afectan al rendimiento del motor: temperatura y altura*. <https://www.actualidadmotor.com/factores-que-afectan-al-rendimiento-del-motor-temperatura-y-altura/>
- Lubricantes. (2021). <https://www.lubricantesvenezuela.com/estructuracion-de-cajas-automaticas/>
- Mahle. (2022). <https://www.brainbee.mahle.com/brainbee/es/product-lines/emission/ags-688/>. <https://www.brainbee.mahle.com/brainbee/es/product-lines/emission/ags-688/>
- Marin, G. (2015). *MEDICIÓN DEL CAMBIO DE POTENCIA DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CICLO OTTO AL MODIFICAR EL ÁRBOL DE LEVAS BAJO EL PROCEDIMIENTO DE DESTALONADO*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. <https://core.ac.uk/download/pdf/71398399.pdf>
- Mecánica General. (2006). <https://mecanicageneral.webcindario.com/trucaje-de-motores.pdf>. <https://mecanicageneral.webcindario.com/trucaje-de-motores.pdf>
- Mejores multímetros. (2022). <https://mejoresmultimetros.com/tacometro/coche/>. <https://mejoresmultimetros.com/tacometro/coche/>
- Melett. (10 de feb. de 2022). <https://www.melett.es/informacion-tecnica/funcionamiento-de-turbocompresores/tipos-de-turbocompresores/>
- MOTORSPORTS, F.-R. (2022). *FULL- RACE*. <https://www.full-race.com/tial-q-50mm-blow-off-valve>

- PENZOIL. (01 de may. de 2022). *Tipos de aceite de motor*.
https://www.pennzoil.com/es_us/conocimientos/conozca-su-aceite/tipos-de-aceite-de-motor-y-uso-recomendado.html#:~:text=El%20aceite%20de%20motor%20puede,de%20alto%20Okilometraje%20y%20convencional.
- Pozo, H., & Cabezas, O. (2022). *Repotenciación y preparación para competencia de un motor de combustión. Tesis de Grado*. Quito, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador-UIDE. Repositorio de Universidad Internacional del Ecuador, Tesis de Grado Ingeniería Automotriz.:
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/888/1/T-UIDE-0752.pdf>
- PURO Motor. (01 de mar. de 2022). *Puro Motor*.
<https://www.puromotores.com/13176053/tipos-de-inyectores>
- Rafael, M., & Hernández, A. (2014).
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
- Renting Finders. (2022). <https://rentingfinders.com/glosario/rendimiento-termico-volumetrico/#:~:text=Los%20motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna,c%20tener%20la%20cilindrada%20del%20mismo.>
<https://rentingfinders.com/glosario/rendimiento-termico-volumetrico/#:~:text=Los%20motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna,c%20tener%20la%20cilindrada%20del%20mismo.>
- SOLIDBI. (2022). <https://solid-bi.es/solidworks/>. <https://solid-bi.es/solidworks/>
- Solidworks. (2021). <https://www.solidworks.com/es/media/solidworks-2021-flow-simulation>. <https://www.solidworks.com/es/media/solidworks-2021-flow-simulation>
- Todo mecánica. (2022).
https://www.todomecanica.com/recursos/aumentar_potencia_motor.pdf
https://www.todomecanica.com/recursos/aumentar_potencia_motor.pdf

Villavicencio, P. (2012). *Diseño y construcción de un banco electrónico de pruebas y limpieza de inyectores a gasolina. Tesis de Grado*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH. Diseño y construcción de un banco electrónico de pruebas y limpieza de inyectores a gasolina.

ANEXOS

Anexo I Imágenes del Vehículo en el dinamómetro



Anexo II Pruebas de Dinamómetro

Ensayo: CORSA UTN TURBO 3 N°0

Cliente: ALEJANDRO PAEZ

Potencia Máxima	163,2 CV @ 6644 rpm	
Torque Máximo	18,7 Kgm @ 5662 rpm	

	De 2700 rpm a 6300 rpm	De 2700 rpm a 0 rpm
Potencia Media	104,2 CV	107,8 CV
Torque Medio	15,3 Kgm	15,6 Kgm
Aceleración	10,62 s	



Pruebas de torque y potencia, 2da pasada en el dinamometro.

Ensayo: CORSA UTN TURBO 3 N°1

Cliente: ALEJANDRO PAEZ

Potencia Máxima	170,5 CV @ 6331 rpm	
Torque Máximo	20,0 Kgm @ 5664 rpm	

	De 2500 rpm a 6300 rpm	De 2500 rpm a 0 rpm
Potencia Media	106,7 CV	106,7 CV
Torque Medio	16,6 Kgm	16,6 Kgm
Aceleración	10,77 s	



Pruebas de torque y potencia, 3ra pasada en el dinamometro.

Ensayo: CORSA UTN TURBO 3 N°2

Cliente: ALEJANDRO PAEZ

Potencia Máxima	170,9 CV @ 6314 rpm	
Torque Máximo	19,9 Kgm @ 5958 rpm	

	De 2500 rpm a 6300 rpm	De 2500 rpm a 0 rpm
Potencia Media	107,0 CV	107,0 CV
Torque Medio	16,7 Kgm	16,7 Kgm
Aceleración	10,69 s	

RPM	Torque Corr [Kgm]	Potenc Corr [CV]	Sonda Lambd	Tempe Amb [°C]	Humed Amb [%]	rpm Pickup	Rel Trans	Potenc Perd [CV]	Potenc Rueda [CV]	Velocid [km/h]
2540	19,1	68,1	0,00	28	50	2550	8,058	3,7	64,4	45,3



Anexo III Pruebas de Potencia y Torque



Anexo IV Sujeción del Vehículo al Dinamómetro



Anexo V Sujeción del Vehículo al Dinamómetro

