



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR ISUZU TROOPER G200 2.0 CON LA
APLICACIÓN DE UN SUPERCARGADOR DE AIRE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: PABLO ESTEBAN PUGO VIZHCO

LUIS EDUARDO CAÑAR SARANGO

TUTOR: ING. JUAN FERNANDO CHICA SEGOVIA, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Pablo Esteban Pugo Vizhco con documento de identificación N° 0107523490 y Luis Eduardo Cañar Sarango con documento de identificación N° 1104121536; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 26 de julio del 2023

Atentamente,



Pablo Esteban Pugo Vizhco
0107523490



Luis Eduardo Cañar Sarango
1104121536

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Pablo Esteban Pugo Vizhco con documento de identificación N° 0107523490 y Luis Eduardo Cañar Sarango con documento de identificación N° 1104121536, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis del comportamiento del motor Isuzu Trooper G200 2.0 con la aplicación de un supercargador de aire”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de julio del 2023

Atentamente,



Pablo Esteban Pugo Vizhco

0107523490



Luis Eduardo Cañar Sarango

1104121536

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Fernando Chica Segovia con documento de identificación N° 0102220654, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR ISUZU TROOPER G200 2.0 CON LA APLICACIÓN DE UN SUPERCARGADOR DE AIRE, realizado por Pablo Esteban Pugo Vizhco con documento de identificación N° 0107523490 y Luis Eduardo Cañar Sarango con documento de identificación N° 1104121536, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de julio del 2023

Atentamente,



Ing. Juan Fernando Chica Segovia, MSc.

0102220654

DEDICATORIA

El presente proyecto quiero dedicárselo a mi madre, mi hermano y mi hermana por haberme apoyado en momentos difíciles, los cuales me han ayudado y me han brindado su apoyo, para cumplir con mis objetivos.

Es por ello que quiero dedicar este trabajo especialmente a mi madre Zoila Vizhco y mi hermano Juan Pugo en honor al sacrificio y al arduo compromiso que me demostraron para que me convierta en un profesional.

A nuestro tutor el Ing. Juan Fernando Chica por su asesoría y amabilidad el cual nos ayudó y aconsejó en cada una de las etapas de este proyecto técnico.

Pablo Esteban Pugo Vizhco

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado como manera de agradecimiento a mis padres Luis Cañar y Mariana Sarango, quienes me apoyaron de manera incondicional durante todo el desarrollo de mi carrera profesional, valoro todo su esfuerzo y sacrificio que me brindaron a lo largo de mi carrera universitaria, sé que el sacrificio fu enorme es algo que nunca olvidare, me siento muy afortunado por tenerlos junto a mí, no tengo manera de agradecer, espero algún día corresponder todo el sacrificio, por ello me comprometo a llevar siempre conmigo su amor, sabiduría y presencia en mi corazón.

Luis Eduardo Cañar Sarango

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre y mis hermanos por haberme brindado su apoyo y sus palabras de motivación para que no me rindiera en este difícil camino que recorrí para alcanzar mi objetivo de convertirme en profesional.

A varios de mis compañeros que comparten o compartieron el mismo objetivo, los cuales me brindaron su apoyo y ayuda en situaciones complicadas.

Pablo Esteban Pugo Vizhco

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien fue participe fundamental en cada una de las eventualidades que se me presentaron en todo este proceso universitario, infinitamente por haberme puesto personas maravillosas en mi vida que me permitieron y marcaron de manera positiva y cultivaron en mi un mejor ser humano.

Agradezco a mi hermana, hermano y cuñado quienes con infinito apoyo cariño en todo momento, supieron ser mis guías de apoyo incondicional, su presencia fue mi refugio para poder restablecerme en los momentos más difíciles.

Luis Eduardo Cañar Sarango

RESUMEN

La investigación desarrollada en este trabajo de titulación se orienta en realizar el análisis del comportamiento del motor Isuzu Trooper G200 2.0 con la aplicación de un supercargador de aire. Para obtener los objetivos se establece diferentes tareas, mismas que se extienden en este trabajo, de esta manera se muestra el siguiente compendio:

Inicialmente, se asume la Fase 1 del proyecto, en donde se considera una síntesis bibliográfica sobre el estado del arte de a los supercargadores de aire aplicados en motores de encendido provocado.

En la Fase 2, se determina el estado actual de funcionamiento del motor Isuzu Trooper G200 mediante pruebas de diagnóstico, esto para establecer las condiciones apropiadas de funcionamiento del motor. Además, se efectúa pruebas en carretera y en el banco dinamométrico para establecer valores iniciales en base a la potencia, consumo de combustible (rendimiento) y emisiones contaminantes previas a la implementación del supercargador de aire en el motor.

En la Fase 3, se establece el supercargador que corresponde al motor del presente análisis, esta selección se realiza mediante las características del motor Isuzu Trooper y cálculos matemáticos. Posteriormente, se procede a realizar procesos de dimensionamiento y diseño, es decir, se efectúa mediciones con relación al espacio físico del motor, seguido del diseño en software y, mediante procesos de manufactura, se inicia con la etapa de fabricación y construcción acorde a las medidas previamente establecidas, partiendo de la necesidad de acoplar correctamente los elementos adyacentes del sobrealimentador al motor.

Por último, en la Fase 4, una vez implementado el supercargador en el motor, se vuelven a realizar pruebas en carretera y en el banco dinamométrico, donde se establecen los datos obtenidos inicialmente con el motor atmosférico para la comparación de estos efectos con los datos obtenidos con el motor sobrealimentado, determinando si se obtuvo mejoras en cuanto a la potencia, consumo de combustible (rendimiento) y emisiones contaminantes.

Palabras Claves: Diagnóstico, Supercargadores.

ABSTRACT

The research developed in this degree work is oriented to analyze the behavior of the Isuzu Trooper G200 2.0 engine with the application of an air supercharger. In order to obtain the objectives, different tasks are established, which are extended in this work, in this way, the following summary is shown:

Initially, Phase 1 of the project is assumed, where a bibliographic synthesis on the state of the art of air superchargers applied in spark ignition engines is considered.

In Phase 2, the current operating status of the Isuzu Trooper G200 engine is determined through diagnostic tests to establish the appropriate engine operating conditions. In addition, road and dynamometer tests are performed to establish initial values based on power, fuel consumption (performance) and pollutant emissions prior to the implementation of the air supercharger in the engine.

In Phase 3, the supercharger that corresponds to the engine of the present analysis is established, this selection is made by means of the characteristics of the Isuzu Trooper engine and mathematical calculations. Subsequently, sizing and design processes are carried out, i.e., measurements are taken in relation to the physical space of the engine, followed by the design in software and, by means of manufacturing processes, the manufacturing and construction stage begins according to the previously established measurements, starting from the need to correctly couple the adjacent elements of the supercharger to the engine.

Finally, in Phase 4, once the supercharger has been implemented in the engine, road and dynamometer tests are performed again, where the data initially obtained with the naturally aspirated engine are established for comparison of these effects with the data

obtained with the supercharged engine, determining whether improvements were obtained in terms of power, fuel consumption (performance) and pollutant emissions.

Key words: *Diagnosis, Superchargers.*

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMA DE ESTUDIO.....	1
2.1. Antecedentes	2
2.2. Importancia y Alcances	2
2.3. Delimitación.....	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo General.....	3
3.2. Objetivos Específicos	3
4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE DEL SUPERCARGADOR	4
4.1. Introducción	4
4.2. La Sobrealimentación	4
4.2.1. Ventajas de la Sobrealimentación	4
4.2.2. Influencia en las Tensiones Térmicas y Mecánicas	6
4.2.3. Incremento de las Tensiones Térmicas	6
4.2.4. Incremento de las Tensiones Mecánicas	7
4.3. Clasificación de los Sistemas Sobrealimentados	8
4.3.1. Accionamiento del Compresor.....	8
4.3.2. Tipo de Compresor.....	9
4.3.3. La Cesión de Potencia entre el Motor y el Sistema.....	13
4.3.4. Tipo de Motor Sobrealimentado	15
5. REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL MOTOR ISUZU TROOPER G200 Y PRUEBAS CON EL MOTOR ATMOSFÉRICO	16
5.1. Introducción	16
5.2. Estado Actual del Motor	16
5.2.1. Pruebas Técnicas Previas a la Implementación del Supercargador	17
5.3. Pruebas en el Banco Dinamométrico con el Motor Atmosférico	19
5.3.1. Ingreso y Posicionamiento del Vehículo en el Banco Dinamométrico.....	21

5.3.2. Pruebas con el Motor Atmosférico en el Banco Dinamométrico con Combustible Eco País	21
5.3.3. Pruebas con el Motor Atmosférico en el Banco Dinamométrico con Combustible Super.....	25
6. SELECCIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SUPERCARGADOR	28
6.1. Introducción	28
6.2. Elección del Supercargador	29
6.2.1. Funcionamiento del Supercargador.....	30
6.2.2. Cálculo del Diámetro de Polea del Supercargador.....	31
6.2.3. Presión de Sobrealimentación	32
6.2.4. Régimen Máximo de Giro del Supercargador.....	33
6.2.5. Tasa de Flujo de Aire	33
6.2.6. Potencia de Accionamiento	34
6.2.7. Disposición del Carburador Aspirado	34
6.2.8. Válvula de Alivio Continuo	35
6.2.9. Sujeción del Compresor	37
6.2.10. Montaje del Carburador	37
6.2.11. Base del Carburador	39
6.2.12. Base del Múltiple de Admisión.....	39
6.2.13. Cañerías del Sistema de Admisión.....	40
7. PRUEBAS CON EL MOTOR SOBREALIMENTADO	42
7.1. Introducción	42
7.2. Pruebas en el Banco Dinamométrico con el Motor Sobrealimentado	42
7.2.1. Pruebas con el Motor Sobrealimentado en el Banco Dinamométrico con Combustible Eco País.....	42
7.2.2. Pruebas con el Motor Sobrealimentado en el Banco Dinamométrico con Combustible Super	45
7.3. Comparación de Datos Obtenidos Motor Atmosférico y Motor Sobrealimentado ...	48
7.3.1. Comparación de Datos con Combustible Eco País	48
7.3.2. Comparación de Datos con Combustible Super.....	50
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	58

Anexo 1: Ingreso y Posicionamiento del Vehículo en el Banco Dinamométrico	58
Anexo 2: Pruebas de Consumo de Combustible Eco País con el Motor Atmosférico	59
Anexo 3: Pruebas de Emisiones Contaminantes Eco País; Ralentí y 2500 rpm con el Motor Atmosférico	59
Anexo 4: Pruebas de Consumo de Combustible Super con el Motor Atmosférico.....	60
Anexo 5: Pruebas de Emisiones Contaminantes Super; Ralentí y 2500 rpm con el Motor Atmosférico	61
Anexo 6: Pruebas de Consumo de Combustible Eco País con el Motor Sobrealimentado	61
Anexo 7: Pruebas de Emisiones Contaminantes Eco País; Ralentí y 2500 rpm con el Motor Sobrealimentado	62
Anexo 8: Pruebas de Consumo de Combustible Super con el Motor Sobrealimentado...	62
Anexo 9: Pruebas de Emisiones Contaminantes Super; Ralentí y 2500 rpm con el Motor Sobrealimentado	63

Índice de ilustraciones

Figura 1	Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana	3
Figura 2	Elemento de un compresor Rotorbitales y sus ciclos de funcionamiento.....	10
Figura 3	Estructura de un compresor Roots	11
Figura 4	Compresor Lysholm.....	12
Figura 5	Compresor centrífugo	13
Figura 6	Sistema de sobrealimentación en donde la potencia la provoca la turbina.....	14
Figura 7	Entrada, proceso y salida del diseño experimental	20
Figura 8	Posicionamiento del vehículo en el banco dinamométrico	21
Figura 9	Motor atmosférico; medición de potencia - eco país	22
Figura 10	Motor atmosférico; consumo de combustible eco país - 30 km/h	24
Figura 11	Motor atmosférico; medición de potencia - super	26
Figura 12	Motor atmosférico; consumo de combustible super - 30 km/h.....	27
Figura 13	Sobrealimentador AMR500 implementado en el motor Isuzu Trooper G200...	30
Figura 14	Configuración del sistema aspirado	35
Figura 15	Acople del carburador hacia el compresor de aire	35
Figura 16	Sistema de la válvula de alivio continuo.....	36
Figura 17	Válvula de descarga (By Pass).....	36
Figura 18	Base del compresor	37
Figura 19	Carburador Rochester dosjet de dos bocas	38
Figura 20	Diseño de la base del carburador	39
Figura 21	Diseño de la base del múltiple de admisión.....	40
Figura 22	Tuberías, acoples y abrazaderas para la respectiva configuración.....	41
Figura 23	Sistema de supercargador instalado en el motor Isuzu G200	41
Figura 24	Motor sobrealimentado; medición de potencia - eco país.....	43
Figura 25	Motor sobrealimentado; consumo de combustible eco país - 30 km/h.....	44
Figura 26	Motor sobrealimentado; medición de potencia - super.....	46
Figura 27	Motor sobrealimentado; consumo de combustible super - 30 km/h	47

Índice de tablas

Tabla 1	Especificaciones técnicas del motor ISUZU TROOPER G200 2.0	16
Tabla 2	Resultados de la medición de fugas en cilindros	17
Tabla 3	Resultados de la medición de compresión en los cilindros	18
Tabla 4	Diseño de experimentos	20
Tabla 5	Motor atmosférico; consumo de combustible - eco país	23
Tabla 6	Motor atmosférico; resultado de análisis de emisiones contaminantes ralentí - eco país.....	24
Tabla 7	Motor atmosférico; resultado de análisis de emisiones contaminantes 2500 rpm - eco país	25
Tabla 8	Motor atmosférico; consumo de combustible - super	26
Tabla 9	Motor atmosférico; resultado de análisis de emisiones contaminantes ralentí - super	27
Tabla 10	Motor atmosférica; resultado de análisis de emisiones contaminantes 2500 rpm - super	28
Tabla 11	Características del supercargador AMR500	29
Tabla 12	Formulas para calcular la presión de sobrealimentación.....	32
Tabla 13	Motor sobrealimentado; consumo de combustible - eco país	43
Tabla 14	Motor sobrealimentado; resultado de análisis de emisiones contaminantes ralentí - eco país.....	45
Tabla 15	Motor sobrealimentado; resultado de análisis de emisiones contaminantes 2500 rpm - eco país	45
Tabla 16	Motor sobrealimentado; consumo de combustible - super.....	46
Tabla 17	Motor sobrealimentado; resultado de análisis de emisiones contaminantes ralentí - super.....	47
Tabla 18	Motor sobrealimentado; resultado de análisis de emisiones contaminantes 2500 rpm - super.....	48
Tabla 19	Comparación de resultados potencia; combustible eco país	48
Tabla 20	Comparación de resultados consumo de combustible; eco país.....	49
Tabla 21	Comparación de resultados emisiones contaminantes; eco país - ralentí.....	49
Tabla 22	Comparación de resultados emisiones contaminantes; eco país - 2500 rpm.....	50
Tabla 23	Comparación de resultados potencia; combustible super.....	50
Tabla 24	Comparación de resultados consumo de combustible; super	51
Tabla 25	Comparación de resultados emisiones contaminantes; super - ralentí	51
Tabla 26	Comparación de resultados emisiones contaminantes; super - 2500 rpm.....	52

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se centra en realizar un estudio para demostrar que tan eficiente puede ser la implementación de un supercargador en un motor Isuzu Trooper G200 2.0, en base a la potencia, consumo de combustible (rendimiento) y emisiones contaminantes. En el contenido de este proyecto técnico se presenta un apartado teórico que expone el estado del arte referente a los supercargadores de aire, en la segunda fase se establece un análisis y verificación técnica del motor para garantizar su correcto estado y a su vez, se efectúa pruebas en carretera y en el banco dinamométrico para instaurar valores iniciales con el motor atmosférico, en la tercera fase se selecciona el supercargador a partir de cálculos y de las características técnicas del motor, también, se realiza procesos de dimensionamiento y diseños en software para la instalación del supercargador y en la cuarta fase se retorna a ejecutar pruebas en carretera y en el banco dinamométrico con el motor sobrealimentado para comprobar si se obtuvo mejoras.

2. PROBLEMA DE ESTUDIO

Un motor de combustión interna durante su funcionamiento, está sometido a varios factores que indican de manera negativa principalmente en la potencia y el torque; en este sentido, cuando el vehículo circula por pendientes prolongadas el motor requiere de mayor número de revoluciones para vencer la pendiente, lo cual implica mayor consumo de combustible, además del incremento en las emisiones contaminantes. Sin embargo, también existen factores geográficos y ambientales, lo cual incide directamente en la disminución de la densidad del aire, esto significa que el motor se alimenta con escaso porcentaje de oxígeno, lo cual, afecta en el rendimiento del motor; es por este motivo que muchos fabricantes han instalado sistemas de sobre alimentación a sus motores con el fin de mejorar su potencia y

torque; en tal virtud el supercargador es una de las soluciones que se pueden aplicar a los motores atmosféricos.

Por lo mencionado, precedentemente se ha procedido a revisar el estado del arte, determinando que en el entorno nacional se carece del análisis del comportamiento de los motores a gasolina con supercargador de aire.

2.1. Antecedentes

La sobrealimentación ha sido un factor que ha ido de la mano desde principios de la automoción. En 1885 se diseñó el primer compresor para ser aprovechado en un motor de combustión interna. Desde ahí hasta la actualidad la sobrealimentación ha beneficiado de manera considerable en el par, como cualidad de lograr una extracción de mayor potencia en los motores, mediante el aumento de la cantidad de aire aspirado.

2.2. Importancia y Alcances

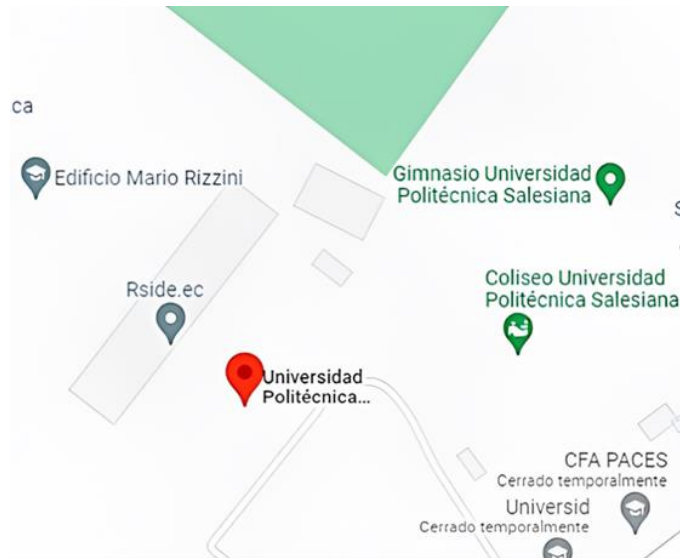
Este proyecto tiene como finalidad beneficiar al grupo GIIT en la línea de investigación de eficiencia energética de la Universidad Politécnica Salesiana, con el aporte de conocimiento este análisis procura demostrar que tan eficiente puede ser la implementación de un supercargador de aire en un motor en base al rendimiento, consumo de combustible y emisiones contaminantes.

2.3. Delimitación

Este proyecto técnico se realiza en la provincia del Azuay, Cuenca, ciudad que se ubica al sur del Ecuador, misma que se encuentra a una altitud de 2500 metros sobre el nivel del mar, con una extensión de 70.59 km² y, cuenta con una población aproximada de 580000 habitantes.

Figura 1

Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana



Nota. Adaptado de Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador [Fotografía], por Google Maps, 2023, Google (www.google.com/maps). Earth Studio.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Analizar el comportamiento del motor Isuzu Trooper G200 2.0 a partir de la incorporación de un supercargador de aire para la determinación de la mejora de la potencia, consumo de combustible y emisiones contaminantes.

3.2. Objetivos Específicos

- Efectuar una síntesis bibliográfica sobre el estado del arte de a los supercargadores de aire aplicados en motores de encendido provocado.
- Determinar el estado actual de funcionamiento del motor Isuzu Trooper G200 mediante pruebas de diagnóstico.
- Implementar el supercargador de aire mediante las características del motor Isuzu Trooper y cálculos matemáticos.

- Evaluar los resultados del funcionamiento del motor con el supercargador mediante pruebas de carretera y desempeño en el Banco Dinamométrico.

4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE DEL SUPERCARGADOR

4.1. Introducción

En la siguiente fase se congeña sobre le temática de los motores sobrealimentados, enfocado en el funcionamiento del supercargador también denominado como; compresor volumétrico, de esta manera, se genera un desglose basado en la información del funcionamiento, la clasificación de los sistemas de sobrealimentación, las características; ventajas y desventajas que se presentan en los supercargadores.

4.2. La Sobrealimentación

La sobrealimentación en motores atmosféricos es un factor de suma importancia al demandar un mayor aumento de potencia en motores de cilindrada menor. Sobrealimentar un motor figura en que durante la fase de admisión se incrementa la mezcla aire-gasolina (Motor Otto) que ingresa en el cilindro de combustión, incrementando de esta manera su presión, pero sin aumentar para ello las cotas del motor (Feijoo, 2018). Es decir, el motor aspira el mismo volumen de aire, pero debido a una mayor presión se suministra más masa de aire en la cámara, como resultado se puede quemar mayor combustible de modo que se aumenta el par motor en cada revolución y por ende la potencia (Feijoo, 2018).

4.2.1. Ventajas de la Sobrealimentación

La sobrealimentación de un motor implica aumentar la cantidad de aire y combustible que ingresa al motor para generar mayor potencia, esto se logra a partir de implementar un

sistema de sobrealimentación que logra comprimir el aire de entrada de admisión y lo introduce de manera forzada al motor con un mayor rango de presión.

Aumento de la Potencia. La sobrealimentación del motor proporciona una mayor cantidad de aire y combustible a los cilindros, lo que puede aumentar significativamente la potencia del motor. Con más aire y combustible disponibles, se pueden producir más explosiones en los cilindros, lo que a su vez produce más energía.

Mejora del Rendimiento. La sobrealimentación puede mejorar el rendimiento del motor a través de una mayor eficiencia. Al proporcionar más aire y combustible, se puede lograr una combustión más completa y eficiente, lo que aumenta el rendimiento del motor y mejora la eficiencia de combustible.

Mayor Torque. El sobrealimentar un motor también puede aumentar el par motor, lo que significa que hay más fuerza disponible para girar las ruedas.

Mejora de la Respuesta del Acelerador. La sobrealimentación también puede mejorar la respuesta del acelerador, lo que significa que el motor puede reaccionar más rápidamente a las demandas de aceleración del conductor, además permite obtener una respuesta de potencia más inmediata y con ello se logra disminuir el consumo de combustible y la reducción de las emisiones contaminantes.

Aumento de la Velocidad Máxima. La sobrealimentación puede aumentar la velocidad máxima de un vehículo al proporcionar más potencia y par motor para superar la resistencia del aire.

4.2.2. Influencia en las Tensiones Térmicas y Mecánicas

La sobrealimentación en un motor presenta influencias significativas en las tensiones térmicas y mecánicas del mismo.

4.2.3. Incremento de las Tensiones Térmicas

La sobrealimentación de un motor de gasolina implica la adición de un sistema de compresión de aire que permite introducir más oxígeno en los cilindros, lo que resulta en una combustión más eficiente y, por lo tanto, en una mayor potencia. Sin embargo, este proceso también aumenta la temperatura del motor.

El aumento de la temperatura puede deberse a varios factores, como el aumento en la cantidad de aire que entra en los cilindros, la mayor cantidad de combustible que se quema para producir más energía y, la mayor fricción y resistencia mecánica asociada con un mayor rendimiento.

El aumento de las tensiones térmicas puede provocar la deformación de piezas importantes del motor, como los pistones y las bielas, lo que puede provocar fallos catastróficos en el motor y una reducción en su vida útil. Por lo tanto, es importante que se tomen medidas para controlar la temperatura del motor y garantizar su correcto funcionamiento.

Una de las formas de hacerlo es mediante el uso de sistemas de enfriamiento adecuados, como radiadores, ventiladores y termostatos. Estos sistemas ayudan a mantener la temperatura del motor dentro de un rango aceptable y evitan que las tensiones térmicas se acumulen y causen daños.

Otra forma de controlar las tensiones térmicas es mediante el uso de materiales de alta resistencia térmica en las partes del motor más expuestas al calor, como los pistones y las bielas. Los materiales cerámicos y compuestos de alta resistencia pueden ayudar a disipar el calor y evitar la deformación de las piezas del motor.

En compendio, la sobrealimentación de un motor de gasolina puede aumentar significativamente las tensiones térmicas del motor, lo que puede provocar daños importantes. Es importante tomar medidas para controlar la temperatura del motor y garantizar su correcto funcionamiento.

4.2.4. Incremento de las Tensiones Mecánicas

Cuando se sobrealimenta un motor de gasolina, se está aumentando la cantidad de aire que se mezcla con el combustible en la cámara de combustión. Esto puede generar un incremento en las temperaturas y las presiones del motor, lo que a su vez puede aumentar las tensiones mecánicas a las que está sometido el motor.

En un motor sobrealimentado, la compresión del aire en la cámara de combustión es mayor, lo que aumenta la temperatura y la presión en la cámara. Además, el aumento en la cantidad de aire comprimido puede generar una mayor carga sobre los componentes mecánicos del motor, incluyendo los pistones, bielas, cigüeñal, árboles de levas y válvulas. Esto puede generar una mayor fricción y desgaste en los componentes, y aumentar el riesgo de fallas o roturas.

Para hacer frente a estas tensiones mecánicas, los motores sobrealimentados suelen tener componentes reforzados y más resistentes. También se utilizan materiales de alta calidad y se realizan ajustes específicos para garantizar que el motor sea capaz de soportar

las tensiones adicionales, el incremento en las tensiones mecánicas de un motor de gasolina al sobrealimentarlo puede ser significativo. Sin embargo, con los ajustes adecuados y componentes reforzados, el motor puede ser capaz de soportar estas tensiones y lograr un mayor rendimiento y potencia. Es sumamente importante seguir las recomendaciones del fabricante para garantizar la seguridad y el rendimiento del motor sobrealimentado.

4.3. Clasificación de los Sistemas Sobrealimentados

Los sistemas de sobrealimentación se catalogan de la siguiente manera, asumiendo varios criterios entre los cuales se encuentran: Según el accionamiento del compresor, según el tipo de compresor, según la cesión de potencia entre el motor y el sistema, y según el tipo de motor sobrealimentado (Payri, 2011).

4.3.1. Accionamiento del Compresor

Mecánicos. Este es utilizado solo en motores de gasolina, comúnmente se manejan en motores que poseen una pequeña cilindrada a partir de 1400 centímetros cúbicos optimizando las prestaciones del motor a bajo y medio régimen (Belló, 2017). El motor es el que se encarga de maquinar el compresor, a través de un sistema de correas, esto condesciende establecer con precisión la cantidad de aire que ingresa en el motor en cada ciclo, tanto del motor como del compresor, en función del régimen (Belló, 2017).

Mediante los Gases Residuales. Este tipo de sistemas generalmente son accionados en turbocompresores, en la actualidad este es uno de los accionamientos más habituales. El método de trabajo se basa en manejar la energía cinética de los gases de escape esto con la finalidad de operar una turbina, esta es adherida al compresor centrifugo. Generalmente este tipo de accionamiento presenta inconvenientes que perturban a la reforma de carga esto es causado por que se origina una resistencia al barrido de los gases residuales.

4.3.2. Tipo de Compresor

La sobrealimentación se lleva a cabo mediante el trabajo de compresores. Por lo cual existen diferentes tipos:

Volumétricos o de Volumen Variable. Su método se basa en producir una variación interna dando como resultado un incremento en la presión de los gases. Comúnmente los gases surgen comprimidos del compresor, diferenciándose de los diversos compresores que existen, en donde el aumento de la presión de los gases se obtiene de otras formas. Existen varios tipos:

De Émbolo. Estos no son utilizados en automóviles. Son parecidos a un motor alternativo, constituido por válvulas unidireccionales por donde se ejecuta la impulsión y el llenado.

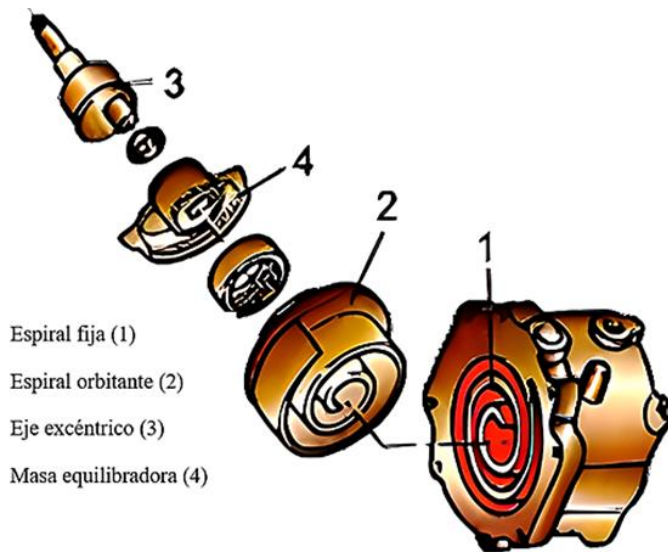
De Émbolos Axiales. Se utilizan en compresores situados en los sistemas de aire acondicionado.

De Paletas. Son parecidos a las bombas de aceite y de transferencia (Inyectoras rotativas).

Rotorbitales. Denominado como G, internamente cuenta con un rotor que posee una tendencia excéntrica, que genera variaciones en el volumen que son concienzudas para establecer depresión y presión. Sus partes se aprecian en la **figura 2**.

Figura 2

Elemento de un compresor Rotorbitales y sus ciclos de funcionamiento



Nota. Adaptado de Sistemas Auxiliares del Motor (p. 444), por Belló, 2017, Ediciones Paraninfo, SA.

De Rotor Excéntrico. Son similares a las bombas de aceite en base a la constitución y función.

De Circulación o Desplazamiento Positivo. También denominados como compresores de desplazamiento positivo, su método de trabajo se basa en producir variaciones de volumen, por tal la masa de aire se separa en partes, que se trasladan desde la entrada hasta la salida. El aumento de presión se genera gracias al depósito en donde se acumula el aire, es decir en el cilindro y la cámara de combustión del motor. Este aumento de presión se obtiene aumentando la masa de aire, con la contribución del compresor. De esta manera, la presión aumenta a partir de la resistencia generada a la salida del compresor.

Las ventajas que ofrecen se centran en la capacidad de bombeo, ya que se induce un caudal alto, mismo que cuando se ve imperceptible al volumen de la concavidad volumétrica, acrecienta la presión. Además, se crea un ascenso en el incremento del rendimiento en

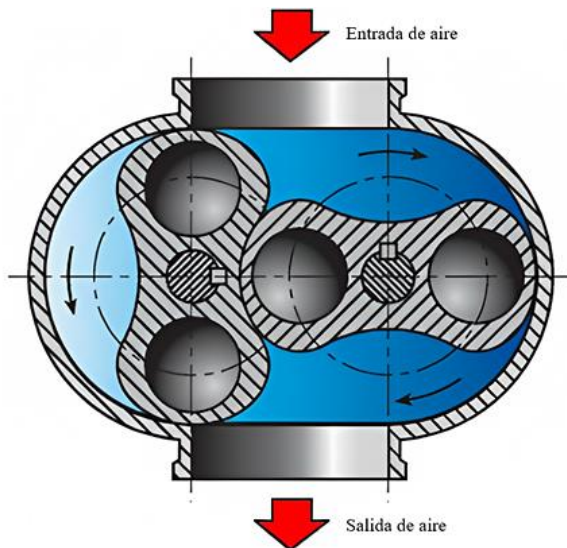
motores atmosféricos, por lo cual se logra reducir la influencia negativa que brota en bajos y altos regímenes.

Asimismo, concurren diversos tipos:

Tipo Roots. También conocidos como De lóbulos, se confinan debido a su imperceptible capacidad de crear presión, por tal no es recomendable para presiones de 0,6 a 0,8 bares, ya que presentan grandes pérdidas y falta de estanqueidad.

Figura 3

Estructura de un compresor Roots

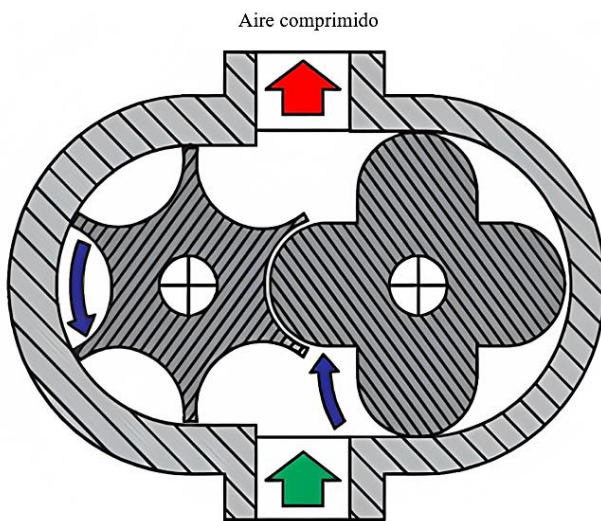


Nota. Adaptado de Sistemas Auxiliares del Motor (p. 417), por Sánchez, 2011, Macmillan Iberia, S.A.

Tipo Lysholm. Estos poseen en su composición un dentado con perfil cóncavo que se integra con un dentado de tipo convexo. Estos son una variedad de los compresores tipo Roots.

Figura 4

Compresor Lysholm



Nota. Adaptado de *Sistemas Auxiliares del Motor* (p. 417), por Sánchez, 2011, Macmillan Iberia, S.A.

De Tornillo. También denominado como compresor helicoidal, su método se basa en el giro de sus hélices, en donde el aire atraviesa sus dentados mejorando la regularidad de abastecimiento. Estos son una variedad de los compresores tipo Lysholm.

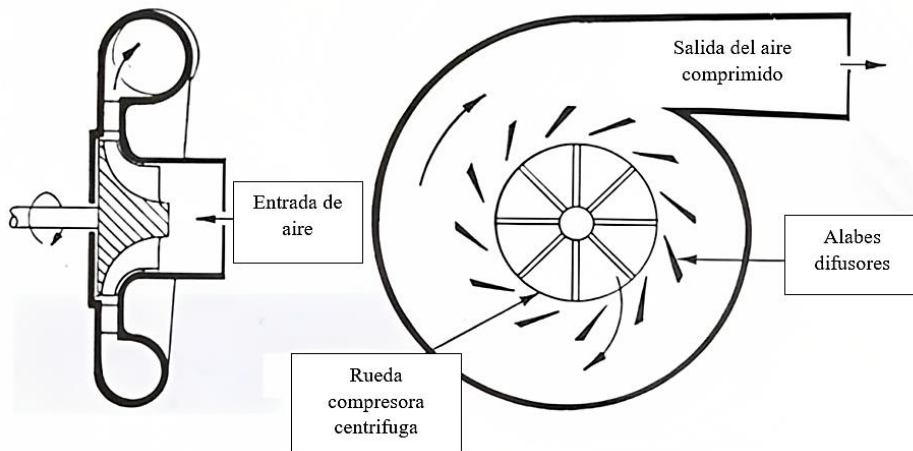
Axiales. No se utilizan en automóviles.

Centrífugos. Se basan en brindar mayor energía cinética, donde la salida del aire no sale comprimido del compresor, sino que su velocidad es más elevada, el incremento de presión se ocasiona cuando es trabado en el conducto de admisión o cámara de combustión, ya que la energía cinética, producto de su acrecentamiento de rapidez se convierte en energía de presión, cuando este es frenado y reducir la rapidez (Belló, 2017). Su trabajo está establecido en el acrecentamiento de velocidad del aire, cuando este es forzado a girar, y regularizado radialmente, por consecuencia de la fuerza centrífuga, asimismo, sus hélices ostentan una silueta especial, situando el ingreso de aire a partir el filtro por su fracción media, para que, de esta forma, el giro y la disposición de las paletas le conciban emerger a

gran rapidez, debido a su periferia que tiene un sentido radial (Belló, 2017). Las desventajas que puede presentar es que requiere de una gran rapidez de giro para ser eficiente.

Figura 5

Compresor centrifugo



Nota. Adaptado de Compresor centrífugo [Fotografía], por FullMecánica, 2023, FullMecánica (<https://www.fullmecanica.com/definiciones/c/985-compresor-centrifugo>). CC BY 2.0.

4.3.3. La Cesión de Potencia entre el Motor y el Sistema

En base al ajuste, la transmisión de potencia de un motor de combustión interna alternativo (MCIA) y el sistema empleado para la sobrealimentación se caracterizan:

Compresor de sobrealimentación ajustado al cigüeñal del motor, el cual consume potencia mecánica (sobrealimentación mecánica).

Compresor de sobrealimentación articulado a una turbina puesta en el eje libre y la turbina maniobrada con los gases de escape del MCIA. Lo que normalmente se concibe como turbo sobrealimentación en donde solo concurren un ajuste fluidodinámico entre las turbomáquinas y el MCIA.

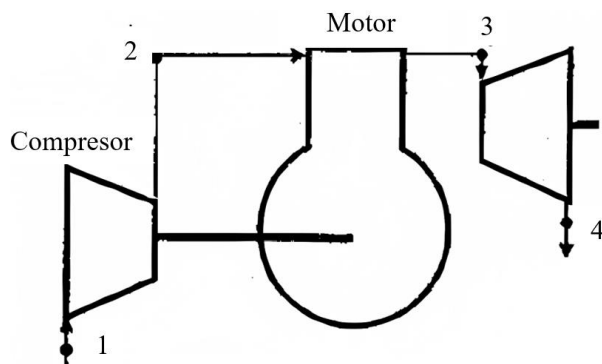
Compresor, MCI y turbina de escape ajustados mecánicamente, lo que se denomina como; motores compuestos en donde las exuberancias o desperfectos de potencia mecánica entre el compresor y la turbina son trasladados a partir de un acoplamiento mecánico con el MCI (Payri, 2011).

El compresor y el motor están conectados mecánicamente, mientras que la turbina está conectada con el motor de forma fluidodinámica. En estas circunstancias la turbina está ajustada mecánicamente (eje externo), esta es la que proporciona la potencia efectiva del conjunto, en donde el motor es el único que actúa como generador de gas (Payri, 2011).

Una representación nueva y disyuntiva al sistema (compound), son los denominados turbos grupos, los cuales tienen asistencia eléctrica. En el que se sufre de inexactitud de potencia, por lo que se requiere de un motor eléctrico el cual se ajusta al mismo eje, además de absorber la energía de las propias baterías del motor, en donde se presentan exuberancias referidas al consumo de energía del turbo grupo, por lo que, se necesita que el motor eléctrico actúe como generador.

Figura 6

Sistema de sobrealimentación en donde la potencia la provoca la turbina



Nota. Adaptado de Motores de combustión interna alternativos (p. 283), por B. Payri, 2011, Editorial Reverté S.A.

4.3.4. Tipo de Motor Sobrealimentado

De la misma forma los sistemas sobrealimentados también se clasifican según el tipo de motor, en donde se encuentran:

Motor de dos tiempos (2T) o de cuatro tiempos (4T). Lo que se puede diferenciar de los motores de dos tiempos frente a los motores de cuatro tiempos, es el tiempo de barrido, específicamente en base a la correspondencia de que la presión que se admite sea mayor que la que escapa, esto con la finalidad de certificar un barrido de gases quemados. De la misma forma, en los motores de cuatro tiempos comúnmente puede concurrir un barrido de gases mientras existe un cruce de válvulas, pero esto no será tan notorio como en los motores de dos tiempos, por lo que estos no cuentan con una vuelta del motor, lo cual es preciso para efectuar la reforma de la carga (Payri, 2011).

Motores de encendido provocado de inyección indirecta o motores de encendido provocado y motores de encendido por compresión de inyección directa. Se debe entender que los sistemas de sobrealimentación se comportan de manera diferente dependiendo del tipo de motor. Para los motores de encendido por compresión la sobrealimentación ayuda a optimizar las circunstancias del proceso de combustión, a su vez, para los motores de encendido provocado de inyección indirecta la sobrealimentación puede acrecentar el peligro de que exista una combustión detonante (Payri, 2011). Por lo que, en los motores de encendido provocado de inyección directa, la inyección al final del proceso de compresión y trabajando con la carga estratificada, la sobrealimentación en estos motores genera una mejora el proceso de la mezcla. Pero no ocurre lo mismo cuando estos motores marchan a plena carga y la inyección se ejecuta al unísono en el proceso de admisión, ya que

esto puede desembocar en que exista un riesgo de detonación, siendo un componente predominante (Payri, 2011).

5. REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL MOTOR ISUZU TROOPER G200 Y PRUEBAS CON EL MOTOR ATMOSFÉRICO

5.1. Introducción

Esta segunda fase se centra en un análisis y verificación técnica, mediante pruebas basadas en el diagnóstico del motor, por medio de la compresión y la medición de fugas de los cilindros, esto con la finalidad de garantizar condiciones óptimas, para evitar a largo plazo que el motor presente problemas de funcionamiento o sobrecalentamiento. Conjuntamente, se procede a realizar pruebas en carretera y en el banco dinamométrico, esto con el propósito de instaurar valores iniciales con el motor atmosférico en base a la potencia, consumo de combustible (rendimiento) y emisiones contaminantes.

5.2. Estado Actual del Motor

Para el desarrollo de esta sección se utiliza un motor a gasolina Isuzu Trooper G200 de procedencia japonesa, con un sistema de alimentación por carburador; los datos y características se tomaron del manual del fabricante y se citaran en el desarrollo de este apartado.

Tabla 1

Especificaciones técnicas del motor ISUZU TROOPER G200 2.0

Especificaciones técnicas	
Modelo motor	G200Z 2.0
Tipo de motor	Gasolina, Cuatro (4)-tiempos
Número y disposición de cilindros	Cuatro (4) Cilindros, en Línea

Cilindrada cc	1950
Sistema de Válvulas	SOHC
Diámetro y carrera mm x mm (in x in)	87mm x 82 mm (3,42 x 3,28)
Relación de compresión	8.4:1
Orden de encendido	1-3-4-2
Velocidad de Relanti (RPM)	800
Potencia (HP /RPM)	81 HP @ 4600 rpm
Par motor (Nm/RPM)	136Nm @ 3000 rpm

Fuente: Autores

5.2.1. Pruebas Técnicas Previas a la Implementación del Supercargador

Comprobación de fugas de cilindros. La prueba de fugas en cilindros es una manera de conocer y evaluar el rendimiento, las fugas de compresión indican directamente en la eficiencia y funcionamiento, un motor en buen estado mantendrá un margen entre el 0% hasta 10% de porcentaje de fuga, resultado que revela que las fugas se encuentran dentro de los valores normales del motor. El instrumento a emplear en esta prueba es conocido como fugómetro. Por tal, se considera un porcentaje de fuga adecuado en un cilindro hasta el 10% al obtener un valor superior indica una posible fuga de compresión.

De esta forma, los resultados pertinentes a la medición son:

Tabla 2

Resultados de la medición de fugas en cilindros

Número de cilindro	Presión Inicial (Psi)	Presión final (Psi)	Porcentaje de fuga	Observaciones
1	75psi	73psi	3%	Los resultados de la prueba de hermeticidad indican un rango entre 0% y
3	75psi	74psi	1%	

4	75psi	70psi	5%	5%, valores que se encuentran dentro de los parámetros normales de un motor, además, se percibe durante la prueba en los cilindros 4 y 2 la salida de aire por el carburador indicativo que manifiesta que
2	75psi	70psi	5%	existe inconvenientes en las válvulas de admisión siendo las principales razones; un asentamiento de válvulas incorrecto o guías desgastadas, lo que afecta la capacidad de hermeticidad.

Fuente: Autores

Medición de compresión en los cilindros. La compresión es un parámetro fundamental para el correcto funcionamiento de un motor, influyendo de manera directa en la potencia y rendimiento, este factor se relaciona de manera directa en la presión máxima alcanzada dentro de la cámara de combustión cuando este alcanza el (PMS). Para el desarrollo de esta prueba es indispensable el uso de un compresímetro. Los valores de compresión en general para un motor en buen estado deben mantenerse entre los 120 psi hasta 140 psi, pero generalmente no debería de estar por debajo de los 125 psi, (para este modelo).

En la lectura de cada uno de los cilindros se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 3

Resultados de la medición de compresión en los cilindros

Medición de compresión en los cilindros				
Cilindros	1 cilindro	2 cilindro	3 cilindro	4 cilindro

Lectura (psi)	130psi	125psi	130psi	125psi
Observaciones	Los resultados de compresión entran en el intervalo de aceptación, conjuntamente, al estar dentro de un rango similar (125 psi - 130 psi) mantienen una diferencia de 4% entre sí.			

Fuente: Autores

5.3. Pruebas en el Banco Dinamométrico con el Motor Atmosférico

En este apartado, se ejecuta pruebas experimentales solamente en las pruebas de consumo de combustible, para lo cual primero se debe de considerar;

Variables de Entrada. Las variables de entrada se basan en los factores controlables.

Variables de Respuesta. Estas variables son las que demarcan el efecto o los resultados de la prueba experimental, es decir, son los resultados que se obtienen del consumo de combustible.

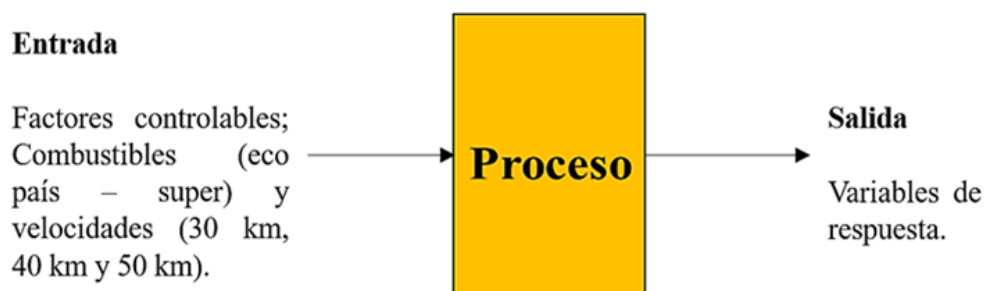
Factores Controlables. Estas son variables del proceso que se pueden demarcar a un nivel dado, es decir, son los factores que se pueden controlar. Por ende, en este diseño de experimentos se posee factores controlables como; los combustibles (eco país y super) y las velocidades (30 km/h, 40 km/h y 50 km/h).

Niveles y Tratamientos. Los diferentes valores que se determinan a cada factor que se estudia en el diseño experimental se denominan niveles. Una combinación de los niveles de los factores que se estudian se denomina tratamientos.

De esta forma, el diseño de experimentos se delimita de la siguiente forma;

Figura 7

Entrada, proceso y salida del diseño experimental



Nota. En cada proceso existen variables y los factores que se deben de considerar para concebir un experimento.

Fuente: Autores.

Por lo tanto, en este diseño de experimentos se analiza la influencia de dos combustibles; eco país y super, que son los combustibles más comunes en el medio para vehículos de encendido provocado (gasolina), además, se estudia la influencia de la velocidad; 30 km/h, 40 km/h y 50 km/h, velocidades que son comunes en rutas urbanas. Por ende, se decide probar cada una en dos niveles, entonces cada combinación de niveles (combustibles, velocidades) es un tratamiento. En este caso existe seis tratamientos, como se aprecia;

Tabla 4

Diseño de experimentos

Nivel de combustibles	Nivel de velocidades	Tratamiento	Variable de respuesta
Eco país	30 km/h	1	
Eco país	40 km/h	2	
Eco país	50 km/h	3	?
Super	30 km/h	4	
Super	40 km/h	5	

Super	50 km/h	6
-------	---------	---

Fuente: Autores

5.3.1. Ingreso y Posicionamiento del Vehículo en el Banco Dinamométrico

Primeramente, para el ingreso del vehículo en el banco dinamométrico se debe de contar con el EPP necesario en caso de cualquier tipo de accidente. De esta forma, es preciso quitar las protecciones de los ventiladores y posicionar de manera adecuada el vehículo, de manera que las llantas traseras se coloquen adecuadamente sobre los rodamientos, además, se debe de situar las fajas de seguridad para impedir que el vehículo se mueva inadecuadamente y, por último, es preciso situar un ventilador al frente del vehículo, esto con la finalidad de beneficiar la refrigeración del motor (véase anexo 1).

Figura 8

Posicionamiento del vehículo en el banco dinamométrico



Nota. Posicionamiento del vehículo para realizar las pruebas correspondientes. Fuente: Autores.

5.3.2. Pruebas con el Motor Atmosférico en el Banco Dinamométrico con Combustible Eco País

En esta sección, se efectúa las pruebas en el banco dinamométrico, en donde se utiliza el combustible eco país.

Prueba Potencia. Para obtener la potencia en el banco dinamométrico, se debe alcanzar el mayor número de revoluciones por minuto (RPM) para poder obtener la potencia máxima (HP) del motor. Entonces, se determina una potencia de 58,3 kW (P-Mot + P-Rueda + P-Arrastre), es decir, 78,18 HP; significando que la potencia del motor Isuzu Trooper G200 2.0 es conveniente.

Figura 9

Motor atmosférico; medición de potencia - eco país



Nota. Potencia obtenida en el motor Isuzu Trooper G200 mediante el uso de combustible eco país. Fuente: Autores.

Prueba Consumo de Combustible. Para realizar las pruebas correspondientes al consumo de combustible se tiene que configurar el sistema del banco dinamométrico, específicamente se define una velocidad límite para los rodamientos, es decir estos limitan la velocidad de las ruedas del vehículo, por tal, estas pruebas se efectúan a diferentes velocidades; 30 km/h, 40 km/h y 50 km/h, esto con la finalidad de representar una conducción en carretera. Además, para obtener la lectura del consumo del combustible se adapta una válvula reguladora de presión de combustible en la bomba mecánica del vehículo (véase anexo 2). De esta manera, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 5*Motor atmosférico; consumo de combustible - eco país*

Eco país	
	Consumo (l/h)
	5,73
30 km/h	Consumo medio (l/100km)
	20,64
	Consumo (l/h)
	9,54
40 km/h	Consumo medio (l/100km)
	25,29
	Consumo (l/h)
	9,17
50 km/h	Consumo medio (l/100km)
	23,46

Fuente: Autores

Figura 10

Motor atmosférico; consumo de combustible eco país - 30 km/h



Nota. Prueba de consumo de combustible eco país efectuada a los 30 km/h en el banco dinamométrico. Fuente: Autores.

Prueba Emisiones Contaminantes. Para realizar las pruebas convenientes a la cantidad de emisiones contaminantes se necesita de un analizador de gases, por ende, se debe colocar la sonda Lambda dentro del escape del vehículo para obtener los datos correspondientes en ralentí y en 2500 rpm. Conjuntamente, los resultados obtenidos se contrastan con datos preestablecidos de la NTE INEN 2204, esto con el fin de establecer si los datos ingresan o no, dentro del intervalo de aceptación de la normativa, por tal, los resultados son (véase anexo 3):

Tabla 6

Motor atmosférico; resultado de análisis de emisiones contaminantes ralentí - eco país

Resultados	NTE INEN 2204	Observaciones
CO 2,71	6,5% vol.	
CO ₂ 11,4	14,2% vol.	Valores dentro de la NTE INEN
HC 430	1200 ppm	2204
O ₂ 0,48	4,5% vol.	

λ	0,920	1	Lambda menor a 1 (mezcla rica), la diferencia es de 0,08
-----------	-------	---	---

Fuente: Autores

Tabla 7

Motor atmosférico; resultado de análisis de emisiones contaminantes 2500 rpm - eco país

Resultados	NTE INEN 2204		Observaciones
CO	1,07	6,5% vol.	
CO ₂	13,4	14,2% vol.	Valores dentro de la NTE INEN
HC	267	1200 ppm	2204
O ₂	0,59	4,5% vol.	
λ	0,984	1	Lambda menor a 1 (mezcla rica), la diferencia es de 0,016

Fuente: Autores

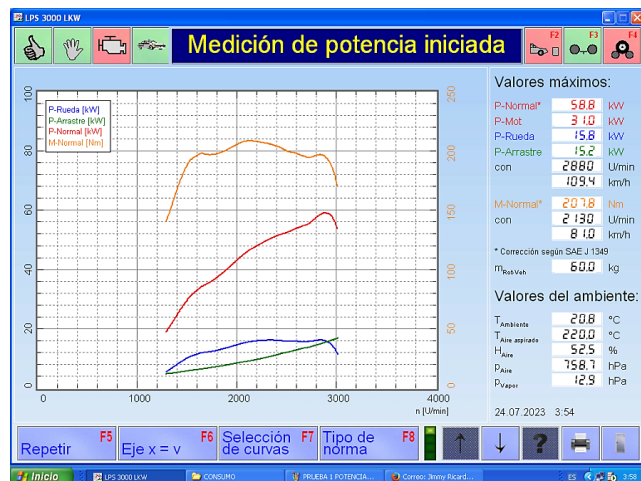
5.3.3. Pruebas con el Motor Atmosférico en el Banco Dinamométrico con Combustible Super

En esta sección, se efectúa las pruebas en el banco dinamométrico, en donde se usa el combustible super. Pero, se debe considerar que se manipula un depósito externo para efectuar estas pruebas (véase anexo 4).

Prueba Potencia. Al igual que la prueba realizada con el combustible eco país, el proceso es similar, por ende, la potencia obtenida es de 58,8 kW (P-Mot + P-Rueda + P-Arrastre), es decir, 78,85 HP; significando que, al igual que el combustible eco país, la potencia del motor Isuzu Trooper G200 2.0 es conveniente.

Figura 11

Motor atmosférico; medición de potencia - super



Nota. Potencia obtenida en el motor Isuzu Trooper G200 mediante el uso de combustible super. Fuente: Autores.

Prueba Consumo de Combustible. Del mismo modo, los procesos que se utilizan para la obtención de los datos de consumo de combustible son los mismos que se manejaron en las pruebas con el combustible eco país, la única diferencia es la adaptación de un depósito externo (véase anexo 4). De este modo, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 8

Motor atmosférico; consumo de combustible - super

Super	
	Consumo (l/h)
30 km/h	7,20
	Consumo medio (l/100km)
	28,67
	Consumo (l/h)
40 km/h	10,57
	Consumo medio (l/100km)
	28,85

	Consumo (l/h)
50 km/h	12,98
	Consumo medio (l/100km)
	28,50

Fuente: Autores

Figura 12

Motor atmosférico; consumo de combustible super - 30 km/h



Nota. Prueba de consumo de combustible super efectuada a los 30 km/h en el banco dinamométrico. Fuente: Autores.

Prueba Emisiones Contaminantes. El proceso para realizar las pruebas de emisiones contaminantes es similar a las pruebas con el combustible eco país, por tal, los resultados son (véase anexo 5):

Tabla 9

Motor atmosférico; resultado de análisis de emisiones contaminantes ralentí - super

Resultados	NTE INEN 2204	Observaciones
CO 2,49	6,5% vol.	Valores dentro de la NTE INEN 2204
CO ₂ 13,1	14,2% vol.	
HC 422	1200 ppm	

O₂	0,48	4,5% vol.	
λ	0,934	1	Lambda menor a 1 (mezcla rica), la diferencia es de 0,066

Fuente: Autores

Tabla 10

Motor atmosférica; resultado de análisis de emisiones contaminantes 2500 rpm - super

Resultados	NTE INEN 2204		Observaciones
CO	0,08	6,5% vol.	
CO₂	13,9	14,2% vol.	Valores dentro de la NTE INEN
HC	255	1200 ppm	2204
O₂	2,45	4,5% vol.	
λ	1,105	1	Lambda mayor a 1 (mezcla pobre), la diferencia es de 0,105

Fuente: Autores

6. SELECCIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SUPERCARGADOR

6.1. Introducción

En esta fase, se establece el supercargador que corresponde al motor del presente análisis, la selección se realiza mediante las características del motor Isuzu Trooper y cálculos matemáticos. Consecutivamente, se procede al dimensionamiento y diseño de los elementos necesarios para el funcionamiento del supercargador, por ende, a través de procesos de diseño en el software inventor; se establece medidas acordes al espacio físico del motor para su incorporación, posteriormente, a través de procesos de manufactura se fabrica y construye acorde a las medidas anteriormente establecidas, con el propósito de certificar un acoplamiento apropiado.

6.2. Elección del Supercargador

Existen diferentes tipos de supercargadores, cada uno cuenta con especificaciones y características definidas por los fabricantes, es sumamente importante seleccionar el modelo adecuado de acuerdo a las necesidades y características del motor. El tamaño y cilindraje del motor es el factor principal para determinar el tipo conveniente. Elegir el supercargador correcto implica mantener un equilibrio entre el rendimiento deseado la confiabilidad, la eficiencia y la compatibilidad con el motor y el vehículo en general.

Según las características del motor Isuzu 2.0 es pertinente elegir el compresor AMR500 fabricado por la empresa Shenyang, modelo específico para motores con cilindrajes 1.0 a 2.0 litros, en la *tabla 11* se presenta las características del supercargador.

Tabla 11

Características del supercargador AMR500

Supercargador AMR500		Descripción
<i>Capacidad de desplazamiento</i>	500cc	Cantidad de aire que puede comprimir el compresor.
<i>Presión de sobrealimentación</i>	5 a 7 psi	Cantidad de aire de presión que ingresa al motor.
<i>Régimen máximo del compresor</i>	17.000 rpm	Velocidad máxima de giro del compresor.
<i>Tipo de desplazamiento</i>	Roots	Desplazamiento positivo.

Fuente: Autores

6.2.1. Funcionamiento del Supercargador

Su funcionamiento está establecido en el principio de aumentar la cantidad de aire de ingreso al motor. Se encuentra accionado de manera mecánica mediante una banda conectada directamente hacia la polea del cigüeñal, el supercargador en ralentí no proporciona una carga de aire significativa al motor, genera más vacío de lo que el supercargador pueda proporcionar, cuando el motor opera en un rango de 2500 rpm y carga moderada puede proporcionar alrededor de 3 a 5 psi, la carga de aire positiva se genera al girar al máximo de rpm al motor la máxima presión (7 psi) se alcanza a 4500 rpm, el compresor al girar al máximo de rpm mantiene la presión constante en el motor aumentando el caudal de aire para generar más potencia. A medida que los rpm aumentan, el compresor agrega una carga adicional al motor para girar el supercargador; sin embargo, la potencia adicional es mucho mayor.

Figura 13

Sobrealimentador AMR500 implementado en el motor Isuzu Trooper G200



Fuente: Autores

6.2.2. Cálculo del Diámetro de Polea del Supercargador

Conocer el diámetro de la polea del supercargador es crucial para comprobar la velocidad de rotación del mismo, la relación del tamaño de la polea del cigüeñal y del compresor permite establecer la cantidad de aire que se puede comprimir. Si el supercargador gira demasiado rápido esta vulnerable a producir un estrés alto y un desgaste prematuro, la velocidad de giro del compresor AMR500 está limitada a 17000 rpm, de esta manera se calcula la relación entre poleas.

$Rp = \text{Relación entre poleas}$

$$Rp = \frac{Rpm \text{ Supercargador}}{\text{Relacion de giro del supercargador y cigüeñal} \times \text{max rpm motor}}$$

$$Rp = \frac{17,000}{1 \times 4500} = 3,4$$

Es decir que el supercargador gira 3,4:1 vueltas cuando el cigüeñal gire una sola vuelta. Para conocer el diámetro de la polea del compresor es importante tener en cuenta la medida del diámetro de la polea del cigüeñal; valor de 148 mm, conociendo este valor es adecuado calcular el diámetro de la polea del compresor.

$$\text{Diámetro de la polea del supercargador} = \frac{\text{Diámetro de la poela del cigüeñal}}{Rp}$$

$$Dp = \frac{148 \text{ mm}}{3,4} = 43,52 \text{ mm}$$

Se demuestra que el diámetro adecuado de la polea del supercargador es de 43,52 mm siendo este el tamaño adecuado para proporcionar la cantidad correcta de aire hacia nuestro motor.

6.2.3. Presión de Sobrealimentación

Es indispensable aproximar la presión de sobrealimentación, dato que permitirá ajustar y garantizar un funcionamiento seguro y eficiente en nuestro motor, por ello se utilizará fórmulas de motores MEP.

- a. Dc: Diámetro del cilindro = 87,50 mm
- b. Crr: Carrera = 81mm
- c. Vca: Volumen de la cámara de combustión = 62.2 cm^3
- d. Vcil: Cilindrada unitaria
- e. Pr: Relación de presión
- f. Patm: Presión atmosférica
- g. Pdesada: En los supercargadores roots la presión varia de 5 a 10 psi
- h. Ps: Presión de sobrealimentación

Tabla 12

Formulas para calcular la presión de sobrealimentación

Formula	Desarrollo	Resultado	
Vcil	$V_{cil} = \frac{\pi * Dc^2}{4} * Crr$	$V_{cil} = \frac{\pi * 8,75^2}{4} * 8,10$	487,06 cm ³
Rc	$Rc = \frac{V_{cil} + V_{ca}}{V_{ca}}$	$Rc = \frac{487,06 \text{ cm}^3 + 62,2 \text{ cm}^3}{62,2 \text{ cm}^3}$	8,83:1
Pr	$PR = \frac{Patm + Pseada}{Patm}$	$PR = \frac{10,8 + 5psi}{10,8psi}$	1,46 psi
Vca	$V_{ca} = \frac{V_{cil}}{Rc - 1}$	$V_{ca} = \frac{487,06}{8,8 - 1}$	62.2 cm ³

Ps	$Ps = \frac{((Rct * Vca) - Vca) * Patm}{Vcil - Patm}$	$Ps = \frac{((12,5 * 62,2) - 62,2) * 14,7}{487,06 - 14,7}$	6,88psi
-----------	---	--	---------

Fuente: Autores

El resultado indica una presión absoluta de ingreso al motor de 1,46 psi, además la presión que el motor puede soportar es de 6,88 psi.

6.2.4. Régimen Máximo de Giro del Supercargador

El compresor impulsa presión de aire al motor alrededor de las 1500 a 2500 rpm y alcanza su giro máximo de funcionamiento aproximadamente a 7000 a 8000 rpm, teniendo en cuenta que el giro máximo del compresor es de 17.000 rpm se calcula el régimen de giro al tener una relación de poleas de 3,4:1.

$$\text{Régimen de giro del supercargador} = \text{Régimen máx. motor} \times \text{Relación entre poleas}$$

$$Rmg = 4500 \text{ rpm} \times 3,4 = 15300 \text{ rpm}$$

6.2.5. Tasa de Flujo de Aire

La tasa de flujo de aire es la masa de aire que ingresa a través del supercargador y posteriormente al sistema de admisión, siendo un valor crítico para lograr un rendimiento eficiente y óptimo del motor, este valor está expresado en cfm (pies cúbicos por minuto).

- a. 0,5 = Factor de llenado en cilindros (mezcla de aire y combustible).
- b. 121,07 = Cilindraje en pulg³.
- c. 1728 = Valor de conversión de pulgadas cúbicas a pies cúbicos.
- d. 1,12 = Eficiencia volumétrica (supercargador 90%) / (motor aspirado 80) %.
- e. Tfan = Tasa de flujo de aire necesario.

$$Tfa = \frac{rpm \times 0,5 \times \text{cilindraje en pulg}^3 \times \text{Eficiencia volumetrica}}{1728}$$

$$Tfa = \frac{5000 \times 0,5 \times 121,0 \times 0,80}{1728} = 140,06 \text{ cfm}$$

$$Tfan = Tfa * Ps = 140,06 \text{ cfm} * 1,24 = 173,67 \text{ cfm}$$

En motores a carburador con sistemas de sobrealimentación, los valores de flujo de aire cfm recomendados se encuentran alrededor de 800 a 1300 cfm para asegurar una combustión eficiente y completa.

6.2.6. Potencia de Accionamiento

La potencia de accionamiento de un supercargador implica un consumo de energía del motor, su funcionamiento a través de bandas de accionamiento conectadas al cigüeñal del motor ocasiona que cierta potencia del motor sea consumida por el compresor lo que resulta en una pérdida de eficiencia.

$$Pa = \frac{\text{Presion} \times \text{Tasa de Flujo de aire}}{229}$$

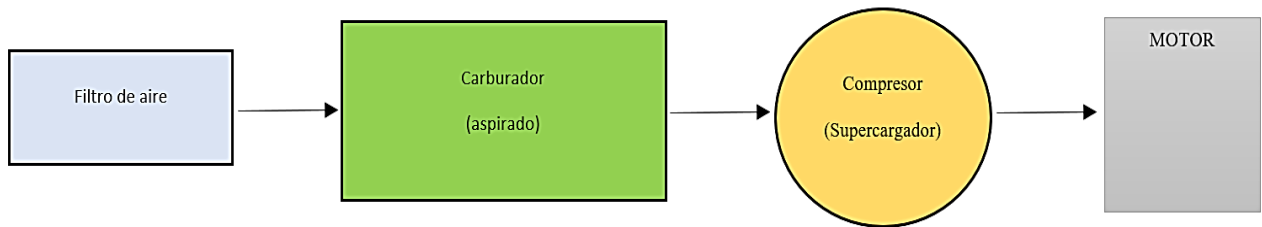
$$Pa = \frac{3,48 \text{ psi} \times 173,67 \text{ cfm}}{229} = 2,63 \text{ hp}$$

6.2.7. Disposición del Carburador Aspirado

Esta configuración sitúa al carburador antes que el compresor, de esta manera se comprime dentro del supercargador una mezcla de aire y combustible. Al mismo tiempo, la gasolina, al vaporizarse, proporciona una relación de aire y combustible a temperaturas más bajas que el sistema soplado, el mayor inconveniente de esta configuración es la distancia mucho más larga desde el carburador hacia la admisión lo que deriva en dificultades al dar arranque, el compresor al trabajar con mezcla permite homogenizarla de mejor manera.

Figura 14

Configuración del sistema aspirado



Nota. Configuración correspondiente empleada en el motor Isuzu Trooper G200. Fuente: Autores

Figura 15

Acople del carburador hacia el compresor de aire



Fuente: Autores

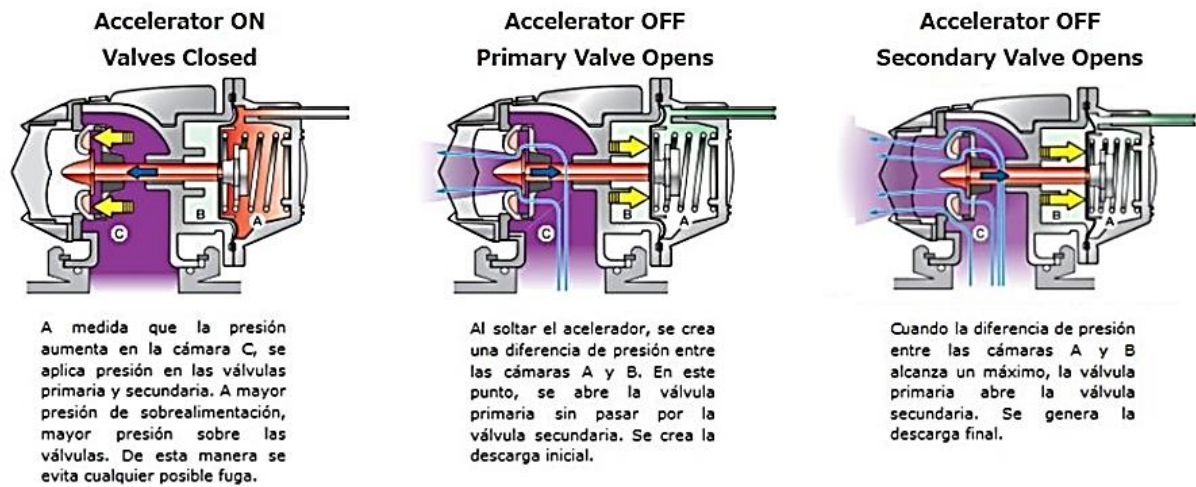
6.2.8. Válvula de Alivio Continuo

Al utilizar un sistema de sobrealimentación aspirado es necesario instalar una válvula bypass de recirculación, la cual debe ser acoplada entre el carburador y el supercargador, donde la tubería de descarga se redirige hacia el múltiple de admisión ya que no existe un cuerpo de aceleración en el trayecto, cuando el motor está funcionando con normalidad y experimenta una aceleración constante el bypass se cierra por el aumento de presión en el sistema, de esta forma, tanto el combustible como el aire inducido circulan únicamente por la tubería de admisión principal, cuando el vehículo desacelera o se mantiene en ralentí el

cuerpo de aceleración se cierra y la válvula bypass se abre evitando que el supercargador envíe mayor presión al sistema, de esta manera, la presión recircula por el supercargador hacia la tubería de la válvula de recirculación generando un alivio al motor.

Figura 16

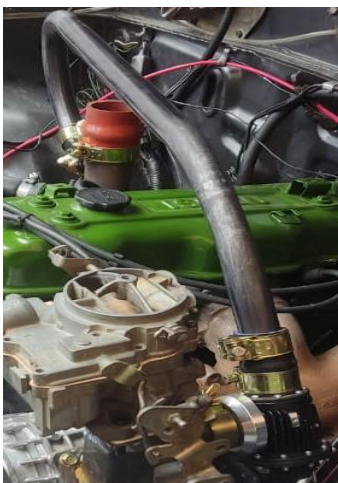
Sistema de la válvula de alivio continuo



Nota. Adaptado de Estructura de la válvula de alivio [Fotografía], por DNA Autoparts, 2022, DNA Autoparts (<https://dna-autoparts.com/producto/valvula-descarga-hks-sqv4-motores-nissan-sr20det/>). DNA-autoparts ©

Figura 17

Válvula de descarga (By Pass)



Fuente: Autores

6.2.9. Sujeción del Compresor

Teniendo en cuenta el espacio físico del motor y la correcta alineación del compresor con respecto a la polea del cigüeñal, se procede a dimensionar y fabricar una base de hierro de 4 mm de espesor la cual fue dimensionada en cuanto a las áreas de sujeción del supercargador, esta base fue sujeta en el lado izquierdo del motor aprovechando la presencia de dos espárragos junto al cabezote, en la base se taladro dos agujeros para ser acoplado y sujetos al cabezote formando un solo cuerpo compresor-base.

Adicionalmente se generó otro punto de apoyo en la parte baja del compresor como especie de refuerzo, de esta manera, se logra fijar completamente el supercargador al motor es importante mantener la correa del compresor en buen estado y con una tensión adecuada.

Figura 18

Base del compresor



Fuente: Autores

6.2.10. Montaje del Carburador

Es necesario realizar modificaciones al sistema de alimentación de combustible, de esta manera se establece remplazar el carburador original, por un carburador Rochester dosjet

de dos bocas producido por (GM), esto con la finalidad de conseguir la relación (estequiométrica) aire-combustible 14.7:1. Este carburador consta de dos circuitos primario y secundario permitiendo proporcionar una cantidad adecuada de combustible en diferentes etapas de funcionamiento, donde el circuito primario proporciona una mezcla de aire y combustible en condiciones de ralentí, el circuito secundario se acciona cuando se requiere más potencia a mayores rpm.

Este tipo de carburador no cuenta con espreas de control del aire, solo mantiene dos espreas de control de combustible, el reglaje del control del aire viene dado por medio del tornillo de regulación del rpm, el cual nos permite añadir y reducir el aire de entrada al acelerar y desacelerar por medio de este tornillo, el uso de cierto número de chicler para el control de combustible se escoge a partir de probar con distintos números con el motor en funcionamiento, además, con el uso del analizador de gases se puede configurar con mayor exactitud conociendo la eficiencia de la combustión en tiempo real, el número de chicler con el que se obtuvo mejor rendimiento fue igual a 145 centésimas de mm.

Figura 19

Carburador Rochester dosjet de dos bocas



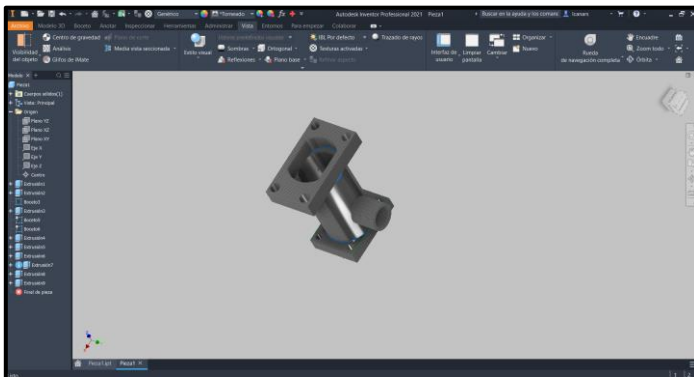
Fuente: Autores

6.2.11. Base del Carburador

Al utilizar una configuración de disposición del carburador “aspirado” es necesario colocar el carburador en la parte superior del compresor, por ende se dimensiona y fabrica una base nueva acorde a la abertura de entrada del compresor 50,8 mm, además, se debe tener en cuenta siempre que el carburador se posiciona de manera vertical con la finalidad de garantizar un flujo adecuado de combustible, teniendo en cuenta que el cuerpo del carburador es de 44 mm, de esta manera, la tubería escogida es de 2 pulgadas garantizando un flujo continuo de aire y combustible.

Figura 20

Diseño de la base del carburador



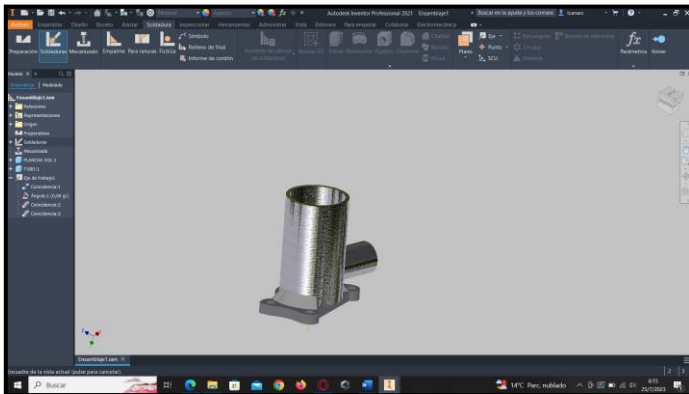
Nota. Diseño modelado en el software Inventor. Fuente: Autores.

6.2.12. Base del Múltiple de Admisión

Al cambiar de posición al carburador es necesario fabricar una nueva base para poder acoplar las tuberías provenientes de la salida de aire del compresor, hacia el múltiple de admisión, por ello se procede al dimensionamiento y fabricación de este elemento en acero y añadiendo tubería de 2 pulgadas de diámetro para poder lograr un acople con la salida de aire del supercargador.

Figura 21

Diseño de la base del múltiple de admisión



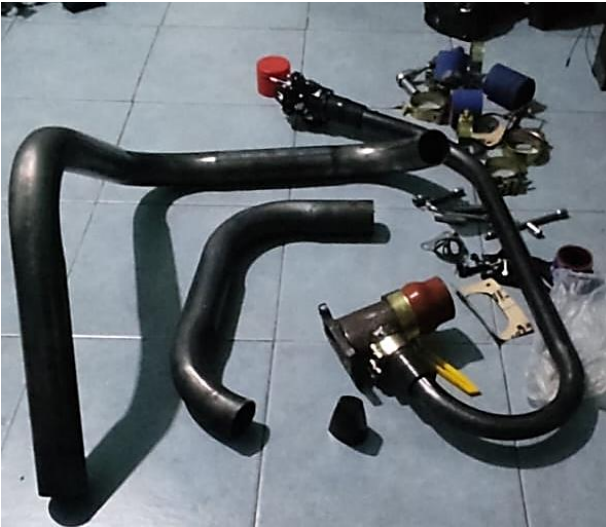
Nota. Diseño modelado en el software Inventor. Fuente: Autores.

6.2.13. Cañerías del Sistema de Admisión

La tubería utilizada en el diseño y construcción del sistema de admisión tiene como objetivo facilitar el flujo de aire desde el compresor hacia el motor, por ello se utilizó tubería de hierro o acero capaces de soportar altas temperaturas y presiones que genera el supercargador en secciones rectas en la admisión, en las partes que existen curvaturas pronunciadas es preferible utilizar mangueras ya que se acoplan a formas complejas permitiendo obtener curvas suaves en el flujo de aire, el diámetro de la tubería fueron establecidas en función a las salidas y entradas de aire del compresor, por lo tanto, la tubería debe ostentar un diámetro de 50,8 mm.

Figura 22

Tuberías, acoples y abrazaderas para la respectiva configuración



Fuente. Autores

Figura 23

Sistema de supercargador instalado en el motor Isuzu G200



Fuente: Autores

7. PRUEBAS CON EL MOTOR SOBREALIMENTADO

7.1. Introducción

En esta última fase, con el motor sobrealimentado se vuelven a realizar las pruebas correspondientes, esto con la finalidad de obtener datos en cuanto a la potencia, consumo de combustible (rendimiento) y emisiones contaminantes, de esta manera, se pretende instaurar una comparación con los datos obtenidos inicialmente con el motor atmosférico, estableciendo si se obtuvo mejoras en cuanto a estos factores.

7.2. Pruebas en el Banco Dinamométrico con el Motor Sobrealimentado

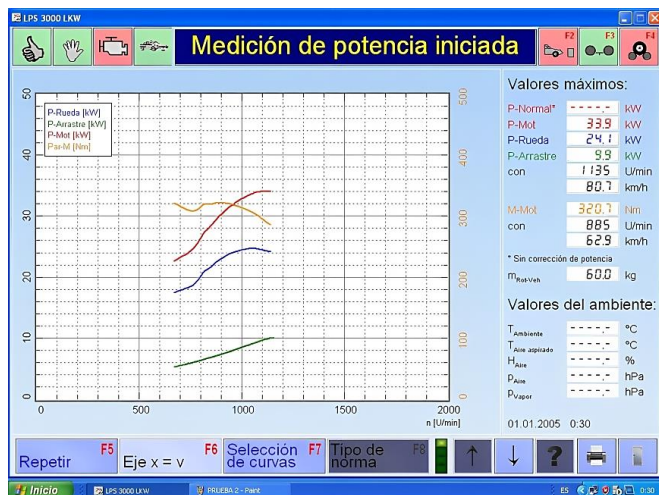
En este apartado se vuelven a realizar los mismos procedimientos indicados en las secciones 5.3 y 5.3.1, debido a que las operaciones que se desarrollan en esta sección son semejantes.

7.2.1. Pruebas con el Motor Sobrealimentado en el Banco Dinamométrico con Combustible Eco País

Prueba Potencia. De la misma forma, para obtener la potencia en el banco dinamométrico, se debe alcanzar el mayor número de revoluciones por minuto para poder obtener la potencia máxima del motor. Entonces, se determina una potencia de 67,9 kW (P-Mot + P-Rueda + P-Arrastre), es decir, 91,06 HP.

Figura 24

Motor sobrealimentado; medición de potencia - eco país



Nota. Potencia obtenida en el motor Isuzu Trooper G200 mediante el uso de combustible eco país. Fuente: Autores.

Prueba Consumo de Combustible. Para realizar las pruebas correspondientes al consumo de combustible se tiene que configurar el sistema del banco dinamométrico tal y como se hizo en el apartado de las pruebas correspondientes al motor atmosférico. Conjuntamente, se vuelve a adaptar una válvula reguladora de presión de combustible en la bomba mecánica del vehículo, para las lecturas correspondientes. De esta manera, se obtiene los siguientes resultados (véase anexo 6):

Tabla 13

Motor sobrealimentado; consumo de combustible - eco país

Eco país	
	Consumo (l/h)
	6,58
30 km/h	Consumo medio (l/100km)
	11,5

	Consumo (l/h)
40 km/h	6,69
	Consumo medio (l/100km)
	15,99
	Consumo (l/h)
50 km/h	7,54
	Consumo medio (l/100km)
	16,81

Fuente: Autores

Figura 25

Motor sobrealimentado; consumo de combustible eco país - 30 km/h



Nota. Prueba de consumo de combustible eco país efectuada a los 30 km/h en el banco dinamométrico. Fuente: Autores.

Prueba Emisiones Contaminantes. Los procedimientos son similares a las pruebas realizadas en el motor atmosférico. De la misma forma, los resultados obtenidos se contrastan con datos preestablecidos de la NTE INEN 2204, esto con el fin de establecer si los datos ingresan o no, dentro del intervalo de aceptación de la normativa, por tal, los resultados son (véase anexo 7):

Tabla 14*Motor sobrealimentado; resultado de análisis de emisiones contaminantes ralenti - eco país*

Resultados	NTE INEN 2204	Observaciones
CO 0,57	6,5% vol.	
CO₂ 13,2	14,2% vol.	Valores dentro de la NTE INEN
HC 215	1200 ppm	2204
O₂ 0,16	4,5% vol.	
λ 0,980	1	Lambda menor a 1 (mezcla rica), la diferencia es de 0,02

Fuente: Autores

Tabla 15*Motor sobrealimentado; resultado de análisis de emisiones contaminantes 2500 rpm - eco país*

Resultados	NTE INEN 2204	Observaciones
CO 0,23	6,5% vol.	
CO₂ 13,4	14,2% vol.	Valores dentro de la NTE INEN
HC 151	1200 ppm	2204
O₂ 0,30	4,5% vol.	
λ 1,001	1	Lambda mayor a 1, la diferencia es de 0,001

Fuente: Autores

7.2.2. Pruebas con el Motor Sobrealimentado en el Banco Dinamométrico con Combustible Super

Prueba Potencia. La potencia obtenida es de 68,9 kW (P-Mot + P-Rueda + P-Arrastre), es decir, 92,40 HP.

Figura 26

Motor sobrealimentado; medición de potencia - super



Nota. Potencia obtenida en el motor Isuzu Trooper G200 mediante el uso de combustible super. Fuente: Autores.

Prueba Consumo de Combustible. Del mismo modo, los procesos que se utilizan para la obtención de los datos de consumo de combustible son los mismos que se manejaron en las pruebas con el combustible eco país, además, se retorna a la adaptación de un depósito externo. De este modo, se obtiene los siguientes resultados (véase anexo 8):

Tabla 16

Motor sobrealimentado; consumo de combustible - super

Eco país	
	Consumo (l/h)
30 km/h	6,61
	Consumo medio (l/100km)
	12,59
	Consumo (l/h)
40 km/h	7,16
	Consumo medio (l/100km)
	17,74

	Consumo (l/h)
50 km/h	9,62
	Consumo medio (l/100km)
	17,16

Fuente: Autores

Figura 27

Motor sobrealimentado; consumo de combustible super - 30 km/h



Nota. Prueba de consumo de combustible super efectuada a los 30 km/h en el banco dinamométrico. Fuente: Autores.

Prueba Emisiones Contaminantes. El proceso para realizar las pruebas de emisiones contaminantes es similar a las pruebas con el combustible eco país, por tal, los resultados son (véase anexo 9):

Tabla 17

Motor sobrealimentado; resultado de análisis de emisiones contaminantes ralenti - super

Resultados	NTE INEN 2204	Observaciones
CO 0,99	6,5% vol.	Valores dentro de la NTE INEN 2204
CO₂ 13,2	14,2% vol.	
HC 187	1200 ppm	

O₂	0,58	4,5% vol.	
λ	0,989	1	Lambda menor a 1 (mezcla rica), la diferencia es de 0,011

Fuente: Autores

Tabla 18

Motor sobrealimentado; resultado de análisis de emisiones contaminantes 2500 rpm - super

Resultados		NTE INEN 2204	Observaciones
CO	0,23	6,5% vol.	
CO₂	13,3	14,2% vol.	Valores dentro de la NTE INEN
HC	155	1200 ppm	2204
O₂	0,30	4,5% vol.	
λ	1	1	Lambda igual a 1 (mezcla ideal).

Fuente: Autores

7.3. Comparación de Datos Obtenidos Motor Atmosférico y Motor Sobrealimentado

7.3.1. Comparación de Datos con Combustible Eco País

Se comparan los resultados pertinentes con el motor atmosférico y sobrealimentado a partir del uso del combustible eco país.

Prueba Potencia. Los resultados son los siguientes:

Tabla 19

Comparación de resultados potencia; combustible eco país

Resultados de potencia	Motor Atmosférico	Motor Sobrealimentado
<i>Potencia en KW</i>	58,3	67,9
<i>Potencia en HP</i>	78,18	91,06

Fuente: Autores

Prueba Consumo de Combustible. Los resultados son los siguientes:

Tabla 20

Comparación de resultados consumo de combustible; eco país

Consumo de combustible		
Velocidades	Motor Atmosférico	Motor Sobrealimentado
	Consumo (l/h)	Consumo (l/h)
30 km/h	5,73	6,58
	Consumo medio (l/100km)	Consumo medio (l/100km)
	20,64	11,5
	Consumo (l/h)	Consumo (l/h)
40 km/h	9,54	6,69
	Consumo medio (l/100km)	Consumo medio (l/100km)
	25,29	15,99
	Consumo (l/h)	Consumo (l/h)
50 km/h	9,17	7,54
	Consumo medio (l/100km)	Consumo medio (l/100km)
	23,46	16,81

Fuente: Autores

Prueba Emisiones Contaminantes. Los resultados son los siguientes:

Tabla 21

Comparación de resultados emisiones contaminantes; eco país - ralenti

Pruebas realizadas en ralenti				
Motor Atmosférico		Motor Sobrealimentado		NTE INEN 2204
CO	2,71	CO	0,57	6,5% vol.
CO₂	11,4	CO₂	13,2	14,2% vol.

HC	430	HC	215	1200 ppm
O₂	0,48	O₂	0,16	4,5% vol.
λ	0,920	λ	0,980	1

Fuente: Autores

Tabla 22

Comparación de resultados emisiones contaminantes; eco país - 2500 rpm

Pruebas realizadas a 2500 rpm				
Motor Atmosférico		Motor Sobrealimentado		NTE INEN 2204
CO	1,07	CO	0,23	6,5% vol.
CO₂	13,4	CO₂	13,4	14,2% vol.
HC	267	HC	151	1200 ppm
O₂	0,59	O₂	0,30	4,5% vol.
λ	0,984	λ	1,001	1

Fuente: Autores

7.3.2 Comparación de Datos con Combustible Super

Se comparan los resultados pertinentes con el motor atmosférico y sobrealimentado a partir del uso del combustible super.

Prueba Potencia: Los resultados son los siguientes:

Tabla 23

Comparación de resultados potencia; combustible super

Resultados de potencia	Motor Atmosférico	Motor Sobrealimentado
<i>Potencia en KW</i>	58,8	68,9
<i>Potencia en HP</i>	78,85	92,40

Fuente: Autores

Prueba consumo de combustible. Los resultados son los siguientes:

Tabla 24

Comparación de resultados consumo de combustible; super

Consumo de combustible		
Velocidades	Motor Atmosférico	Motor Sobrealimentado
	Consumo (l/h)	Consumo (l/h)
30 km/h	7,20	6,61
	Consumo medio (l/100km)	Consumo medio (l/100km)
	28,67	12,59
40 km/h	Consumo (l/h)	Consumo (l/h)
	10,57	7,16
	Consumo medio (l/100km)	Consumo medio (l/100km)
	28,85	17,74
50 km/h	Consumo (l/h)	Consumo (l/h)
	12,98	9,62
	Consumo medio (l/100km)	Consumo medio (l/100km)
	28,50	17,16

Fuente: Autores

Prueba Emisiones Contaminantes. Los resultados son los siguientes:

Tabla 25

Comparación de resultados emisiones contaminantes; super - ralenti

Pruebas realizadas en ralenti				
Motor Atmosférico		Motor Sobrealimentado		NTE INEN 2204
CO	2,49	CO	0,99	6,5% vol.

CO₂	13,1	CO₂	13,2	14,2% vol.
HC	422	HC	187	1200 ppm
O₂	0,48	O₂	0,58	4,5% vol.
λ	0,934	λ	0,989	1

Fuente: Autores

Tabla 26

Comparación de resultados emisiones contaminantes; super - 2500 rpm

Pruebas realizadas a 2500 rpm				
Motor Atmosférico		Motor Sobrealimentado		NTE INEN 2204
CO	0,08	CO	0,23	6,5% vol.
CO₂	13,9	CO₂	13,3	14,2% vol.
HC	255	HC	155	1200 ppm
O₂	2,45	O₂	0,30	4,5% vol.
λ	1,105	λ	1	1

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

En conclusión, a partir de las pruebas realizadas en el motor Isuzu Trooper G200 se logra un incremento de potencia de alrededor de 16,47% con el uso de combustible eco país, y un 17,18% con combustible super, consiguiendo una mejora considerable con respecto a la potencia inicial obtenida con el motor atmosférico, además, se establece una diferencia de potencia obtenida entre los combustibles, siendo el combustible súper el que genera mayor potencia 92,40 hp.

También, se instituye que el consumo de combustible mejora rotundamente partiendo del uso de los 2 combustibles, donde para el combustible eco país se determina valores del consumo medio (l/100km) con el motor atmosférico de; 30 km/h; 20,64, 40 km/h; 25,29 y 50 km/h; 23,46 y con el motor sobrealimentado de; 30 km/h; 11,5, 40 km/h; 15,99 y 50 km/h; 16,81. Asimismo, para el combustible super se determina valores del consumo medio (l/100km) con el motor atmosférico de; 30 km/h; 28,67, 40 km/h; 28,85 y 50 km/h; 28,50 y con el motor sobrealimentado de; 30 km/h; 12,59, 40 km/h; 17,74 y 50 km/h; 17,16.

Por ende, se establece que la reducción de consumo de combustible se reduce casi el doble con el motor sobrealimentado con respecto al motor atmosférico, esto se debe a que el supercargador brinda una respuesta inmediata cuando el conductor oprime el acelerador, ya que no tener que trabajar a altas revoluciones evitando esfuerzos al motor, supercargador brinda aire a presión a las cámaras de combustión para lograr una sobrealimentación, proporcionando mayor oxígeno a cada ciclo de admisión, admitiendo que la combustión sea de forma más eficiente, lo que resulta en un incremento instantáneo de la potencia entregada y menor consumo de combustible.

Conjuntamente, con el motor sobrealimentado se obtienen mejores resultados en las emisiones contaminantes, en motores sobrealimentados la reducción de gases es significativa por la inducción de una mayor cantidad de oxígeno en él, por esto se determina que en el motor atmosférico bajo el uso del combustible eco país λ : 0,920 (ralentí) y 0,984 (2500 rpm), mientras, que con el motor sobrealimentado λ : 0,980 (ralentí) y 1,001 (2500 rpm). Igualmente, se determina que en el motor atmosférico bajo el uso del combustible super λ : 0,934 (ralentí) y 1,105 (2500 rpm), mientras, que en el motor sobrealimentado λ : 0,989 (ralentí) y 1,00 (2500 rpm). Estableciendo de esta forma que, bajo el uso del sobrealimentador, λ tiende a aproximarse a una mezcla ideal, es decir λ :1, por tal, se vuelve a delimitar que la combustión está siendo mucho más eficiente reduciendo la emanación de gases contaminantes.

RECOMENDACIONES

Es importante elegir el supercargador adecuado de acuerdo al cilindraje del motor con el fin de establecer una compatibilidad en términos de rendimiento, un compresor pequeño no puede suministrar la adecuada cantidad de aire al motor, de igual manera, se ve forzado y propenso a un desgaste prematuro.

Además, se pide verificar que exista un adecuado acople con las tuberías de admisión y del compresor cualquier fuga de aire en las cañerías de admisión produce pérdidas de presión en el sistema por ende una mezcla de aire - combustible inadecuada.

Igualmente, al instalar las tuberías y acoples al sistema del supercargador se debe evitar la prolongación de curvas en las tuberías, se debe buscar un diseño adecuado para mantener un flujo de aire óptimo y evitar turbulencias en el sistema que generen pérdidas y reduzcan el rendimiento del motor.

También, se recomienda el mantenimiento y revisiones periódicas del estado del aceite, este tipo de compresor requiere cambios regulares de aceite cada 3500 km, se recomienda consultar el manual del fabricante para conocer el tipo de aceite recomendado y la frecuencia de cambio.

Y, por último, se debe dimensionar de manera adecuada el diámetro de la polea del supercargador este valor permite una proporción adecuada de aire de ingreso al motor, si el dimensionamiento es incorrecto la presión de sobrealimentación podría ser incorrecta provocando tensiones a las partes internas del motor no deseadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Belló, M. Á. (2017). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Cerda, C. (6 de Abril de 2021). *Auto Dinámico*. <https://autodinamico.mx/entradas/que-es-y-como-funciona-un-supercargador/>
- DNA Autoparts. (12 de Marzo de 2022). *DNA Autoparts*. <https://dna-autoparts.com/producto/valvula-descarga-hks-sqv4-motores-nissan-sr20det/>
- El Tiempo. (28 de Agosto de 1999). *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-916726>
- Feijoo, J. P. (2018). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Editex, S.A.
- FORD. (31 de Julio de 2021). *Blackstockford*. <https://www.blackstockford.com/blog/how-does-a-supercharger-work-and-how-is-it-different-from-a-turbocharger/#:~:text=A%20supercharger%20is%20an%20air,it%20to%20burn%20more%20fuel.>
- FORD. (12 de Enero de 2023). *FORD*. <https://www.ford.mx/blog/experto/turbocargador-supercargador-diferencias-oct2020/>
- FullMecánica. (12 de Mayo de 2023). *FullMecánica*. FullMecánica: <https://www.fullmecnica.com/definiciones/c/985-compresor-centrifugo>
- Google. (2 de Mayo de 2023). *Google Maps*. Google Maps: <https://www.google.com/maps/search/ups/@-2.8862709,-78.9903701,19z>
- Hall-Geisler, K. (20 de Julio de 2021). *howstuffworks*. <https://auto.howstuffworks.com/supercharger.htm>
- Industriamotores. (27 de Octubre de 2022). *Industriamotores*. <https://industriamotores.com/general/4-tipos-diferentes-de-supercargadores-y-como-funcionan/>
- INGENIERÍA Y MECÁNICA AUTOMOTRIZ. (20 de Agosto de 2019). *INGENIERÍA Y MECÁNICA AUTOMOTRIZ*. <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-un-supercargador-y-como-funciona-en-el-motor-del-automovil/>
- Miranda, J. (17 de Julio de 2021). *AutoCosmos*. <https://noticias.autocosmos.com.mx/2021/07/17/turbo-o-supercargador-que-son-y-para-que-sirven>
- MTE THOMSON. (29 de Marzo de 2022). *MTE THOMSON*. <https://mte-thomson.com/es/?noticias=turbocargador-y-supercargador-cuales-es-la-diferencia>
- Payri, F. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Editorial Reverté S.A.
- Sánchez, E. (2011). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Macmillan Iberia, S.A.

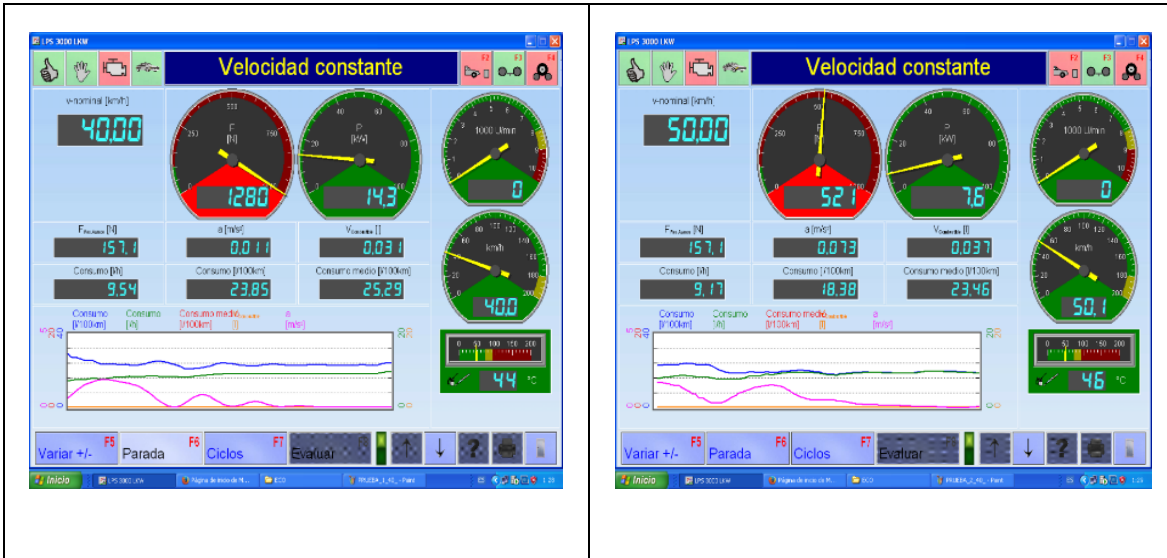
Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. (17 de Marzo de 2002). *Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN.*
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas23/nte_inen_2204-2.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Ingreso y Posicionamiento del Vehículo en el Banco Dinamométrico



Anexo 2: Pruebas de Consumo de Combustible Eco País con el Motor Atmosférico



Anexo 3: Pruebas de Emisiones Contaminantes Eco País; Ralentí y 2500 rpm con el Motor Atmosférico



Anexo 4: Pruebas de Consumo de Combustible Super con el Motor Atmosférico



Anexo 5: Pruebas de Emisiones Contaminantes Super; Ralentí y 2500 rpm con el Motor Atmosférico



Anexo 6: Pruebas de Consumo de Combustible Eco País con el Motor Sobrealimentado



Anexo 7: Pruebas de Emisiones Contaminantes Eco País; Ralentí y 2500 rpm con el Motor Sobrealimentado



Anexo 8: Pruebas de Consumo de Combustible Super con el Motor Sobrealimentado



Anexo 9: Pruebas de Emisiones Contaminantes Super; Ralentí y 2500 rpm con el Motor

Sobrealimentado

