



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS CURVAS DE TORQUE,
POTENCIA Y CONSUMO ESPECIFICO DE UN MOTOR
CHEVROLET AVEO 1.6L AL REALIZARLE UNA
MODIFICACIÓN DE CILINDRADA.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

ALEX SANTIAGO VARGAS PROAÑO

JORGE LUIS POZO BALSECA

Riobamba-Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS CURVAS DE TORQUE,
POTENCIA Y CONSUMO ESPECIFICO DE UN MOTOR
CHEVROLET AVEO 1.6L AL REALIZARLE UNA
MODIFICACIÓN DE CILINDRADA.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: ALEX SANTIAGO VARGAS PROAÑO

JORGE LUIS POZO BALSECA

DIRECTOR: ING. PAÚL ALEJANDRO MONTFAR PAZ

Riobamba-Ecuador

2021

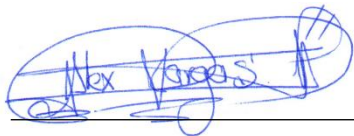
©2021, Alex Santiago Vargas Proaño; Jorge Luis Pozo Balseca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académico, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, ALEX SANTIAGO VARGAS PROAÑO Y JORGE LUIS POZO BALSECA declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en este documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

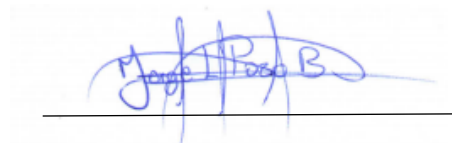
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de diciembre de 2021



Alex Santiago Vargas Proaño

C.I.: 0503642936



Jorge Luis Pozo Balseca

C.I.: 0504476581

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El tribunal del trabajo de integración curricular certifica que el trabajo de integración curricular:
Tipo: Proyecto Técnico, **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS CURVAS DE TORQUE, POTENCIA Y CONSUMO ESPECÍFICO DE UN MOTOR CHEVROLET AVEO 1.6L AL REALIZARLE UNA MODIFICACIÓN DE CILINDRADA**, realizado por los señores: **ALEX SANTIAGO VARGAS PROAÑO; JORGE LUIS POZO BALSECA**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	<u>2021-12-10</u>
Ing. Paul Alejandro Montufar Paz DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	<u>2021-12-10</u>
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	<u>2021-12-10</u>

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular va dedicado en primer lugar a mis padres y mis hermanos. A mis padres Francisco y Gloria por ser el apoyo incondicional durante mi carrera estudiantil, aquellos que con su ejemplo de lucha y superación constante me brindaron el temple para alcanzar las metas que me proponga a lo largo de mi vida y por brindarme más que nada su amor que me alienta a continuar dando lo mejor de mí día a día.

A mis hermanos Diego y Andrés por alentarme a cada día ser una mejor versión de mí mismo, darme su apoyo y ánimos para continuar a pesar de la distancia, por compartir buenos y malos momentos que nos fueron haciendo más fuertes y unidos.

A mis Abuelitos por brindarme sus enseñanzas, sus consejos, sus experiencias y ser una fuente inagotable de cariño.

A mi familia por ayudarme en esta etapa de mi vida, brindándome su apoyo en cada problema que se me fue presentando y haciéndome sentir respaldado en todo momento.

A mis amigos quienes me brindaron su ayuda y compañía en esta etapa de mi vida, quienes desinteresadamente supieron darme ánimo para continuar y poder alcanzar mi meta.

A aquellas personas que en algún momento participaron directa o indirectamente en la realización del presente proyecto. Gracias

Alex Santiago Vargas Proaño

El presente trabajo de titulación dedico principalmente a Dios, por darme la fuerza para culminar este largo camino y una importante etapa de mi formación profesional. A mis padres que siempre confiaron y me brindaron su apoyo incondicional, por sus valores y enseñanzas. A mis hermanos por ser la inspiración de aquel anhelado objetivo. Finalmente, a toda mi familia y amigos por apoyarme cuando más lo necesite, por extenderme su mano en momentos difíciles que me permitieron seguir adelante hasta cumplir mis metas y sueños.

Gracias querida familia por el apoyo brindado.

Jorge Luis Pozo Balseca

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por bendecirnos y permitirnos culminar una etapa de nuestro desarrollo profesional a fin de lograr alcanzar la anhelada meta.

Gracias a nuestros padres por ser los primordiales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestra querida institución Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirnos sus puertas para iniciar nuestra formación profesional y ser nuestro segundo hogar durante nuestro proceso de enseñanza.

Agradecemos a nuestros docentes de la Carrera Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra carrera universitaria, de manera especial a los Ingenieros Paúl Montufar Director, Edwin Pozo Asesor, del trabajo de Integración Curricular, que con su motivación, asesoría y conocimientos guiaron el correcto desarrollo del proyecto técnico.

Agradecemos al personal de la facultad de Mecánica por brindarnos las facilidades necesarias en el desarrollo de este proyecto, como el uso de laboratorios de la facultad y herramientas.

Agradecemos a nuestros compañeros de carrera que fuimos conociendo a lo largo de nuestra vida estudiantil que nos brindaron su amistad y su ayuda que desde el primer día.

Alex Santiago Vargas Proaño

Jorge Luis Pozo Balseca

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIGANÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1.	Antecedentes	3
1.2.	Planteamiento del problema	3
1.3.	Justificación	4
1.4.	Objetivos	5
1.4.1.	<i>Objetivo general</i>	5
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2.	REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS	7
2.1.	Estado del arte	7
2.1.1.	<i>Motor de combustión interna.</i>	7
2.1.2.	<i>Historia del motor de combustión interna</i>	7
2.2.	Bases teóricas	8
2.2.1.	<i>Motor de encendido provocado (MEP)</i>	8

2.2.2.	<i>Especificaciones técnicas del motor</i>	9
2.2.2.1.	<i>Información general</i>	9
2.2.2.2.	<i>Rendimiento</i>	10
2.2.2.3.	<i>Motor</i>	10
2.2.3.	<i>Afectación de la altitud en el desempeño del motor</i>	10
2.2.4.	<i>Rendimiento del motor</i>	11
2.2.5.	Rendimiento total o efectivo (η_t)	11
2.2.6.	<i>Rendimiento mecánico</i>	12
2.2.7.	<i>Rendimiento volumétrico</i>	12
2.2.8.	<i>Curvas características de un motor</i>	13
2.2.9.	<i>Par motor</i>	14
2.2.10.	<i>Potencia</i>	14
2.2.11.	<i>Aspectos que determinan la potencia de un motor</i>	15
2.2.12.	<i>Consumo específico</i>	15
2.2.13.	<i>Banco de pruebas</i>	16
2.2.14.	<i>Dinamómetro de rodillos</i>	17
2.2.15.	<i>Dinamómetro de motor</i>	17
2.2.15.1.	<i>Ventajas del dinámetro de motor</i>	18
2.2.15.2.	<i>Desventajas del dinamómetro de motor</i>	18
2.2.16.	<i>Freno por corriente parasitas</i>	19
2.2.17.	<i>Cepillado del Block</i>	19
2.2.18.	<i>Cepillado de cabezote</i>	20
2.3.	Marco legal	22
2.3.1.	<i>Norma SAE J1349</i>	22
2.3.2.	<i>Norma SAE J1995</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
----	---------------------------------	----

3.1.	Diagrama de etapas del proyecto	24
3.2.	Metodología de investigación a realizar	25
3.3.	Planificación o cronograma de actividades.....	27
3.4.	Recursos y Materiales	28
3.4.1.	<i>Materiales</i>	28
3.4.2.	<i>Equipos</i>	29
3.4.3.	<i>Recursos Humanos</i>	30
3.4.4.	<i>Recursos económicos</i>	30
3.5.	Desarrollo del proyecto	30
3.5.1.	<i>Montaje del motor al banco dinamométrico</i>	30
3.5.1.1.	<i>Acople</i>	32
3.5.1.2.	<i>Soportes</i>	33
3.5.2.	<i>Cambio de método de cepillado de block a cepillado de culata</i>	34
3.5.3.	<i>Cepillado de cabezote</i>	35
3.5.3.1.	<i>Desmontaje de culata</i>	35
3.5.3.2.	<i>Cepillado</i>	38
3.5.3.3.	<i>Montaje</i>	40

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	43
4.1.	Obtención de resultados	43
4.1.1.	<i>Condiciones de las pruebas</i>	43
4.1.2.	<i>Protocolo para la obtención de datos</i>	43
4.1.3.	<i>Determinación de carga</i>	44
4.1.3.1.	<i>Determinación de corriente a utilizar en la obtención de curva de potencia</i>	45
4.1.3.2.	<i>Determinación de corriente (carga) para la obtención de la curva de torque</i>	48
4.2.	Análisis de resultados	50
4.2.1.	<i>Resultados prueba Pre cepillado</i>	50

4.2.1.1.	<i>Estado inicial del motor</i>	50
4.2.1.2.	<i>Curva de potencia</i>	52
4.2.1.3.	<i>Curva de torque</i>	53
4.2.2.	<i>Prueba Post cepillado</i>	56
4.2.2.1.	<i>Estado final del motor</i>	56
4.2.2.2.	<i>Curva de potencia</i>	56
4.2.2.3.	<i>Curva de torque</i>	58
4.2.2.4.	<i>Curva consumo específico</i>	60
4.2.3.	<i>Comparación de curvas características</i>	61
4.2.3.1.	<i>Comparación de graficas de potencia</i>	61
4.2.3.2.	<i>Comparación de graficas de torque</i>	62
4.2.3.3.	<i>Comparación de graficas de consumo específico</i>	64
CONCLUSIONES		65
RECOMENDACIONES		66
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Información general del motor de combustión interna.....	9
Tabla 2-2:	Rendimiento del motor de combustión interna.....	10
Tabla 3-2:	Especificaciones del motor de combustión interna	10
Tabla 1-3:	Matriz Metodológica.....	25
Tabla 2-3:	Cronograma de actividades	27
Tabla 3-3:	Materiales	28
Tabla 4-3:	Recursos Humanos	30
Tabla 5-3:	Recursos Económicos	30
Tabla 1-4:	Carga a 0.72 A	45
Tabla 2-4:	Carga a 0.83 A	45
Tabla 3-4:	Carga a 0.93 A	46
Tabla 4-4:	Cargas 1.24 A	46
Tabla 5-4:	Carga a 1.08 A	47
Tabla 6-4:	Torque y Potencia a 1.08 Amperios	48
Tabla 7-4:	Carga a 1.24 A	49
Tabla 8-4:	Torque máximo a 1.43 A de carga	50
Tabla 9-4:	Compresión del motor pre cepillado	50
Tabla 10-4:	Potencia obtenida.....	53
Tabla 11-4:	Datos de Torque.....	54
Tabla 12-4:	Consumo específico	55
Tabla 13-4:	Compresión después del cepillado	56
Tabla 14-4:	Potencia post cepillado	57
Tabla 15-4:	Torque post cepillado.....	59
Tabla 16-4:	Consumo post específico.....	60
Tabla 17-4:	Comparación de potencias obtenidas	61
Tabla 18-4:	Comparación de torques	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Funcionamiento del motor de cuatro tiempos.....	9
Figura 2-2:	Dinamómetro de rodillos.....	17
Figura 3-2:	Dinamómetro de motor.....	18
Figura 4-2:	Comprobación de planitud del block.....	20
Figura 5-2:	Cepillado motor en línea.....	21
Figura 6-2:	Medidas de cepillado.....	22
Figura 1-3:	Motor en su banco de pruebas original.....	31
Figura 2-3:	Motor listo para montaje en banco dinamométrico.....	31
Figura 3-3:	Volante de inercia.....	32
Figura 4-3:	Acoplamiento.....	32
Figura 5-3:	Montaje inicial del motor al banco dinamométrico.....	33
Figura 6-3:	Colocación de primer diseño de base.....	33
Figura 7-3:	Soldadura de tipo electrodo a bases del motor.....	34
Figura 8-3:	Desmontaje de cubierta de la distribución.....	35
Figura 9-3:	Desmontaje múltiple de escape.....	36
Figura 10-3:	Desmontaje del múltiple de admisión.....	36
Figura 11-3:	Vista superior de árboles de levas.....	37
Figura 12-3:	Señalización de engranes en la distribución del motor.....	37
Figura 13-3:	Desmontaje del múltiple de admisión.....	38
Figura 14-3:	Culata desmontada con todos sus componentes.....	38
Figura 15-3:	Prueba de vacío al cabezote.....	39
Figura 16-3:	Reloj indicador del vacuómetro.....	39
Figura 17-3:	Operario de fresadora ajustando la medida de cepillado.....	40
Figura 18-3:	Proceso de cepillado de cabezote.....	40
Figura 19-3:	Ensamblaje de culata post cepillado.....	41
Figura 20-3:	Colocación de empaque de cabezote.....	41
Figura 21-3:	Ajuste de pernos con torquímetro.....	42
Figura 1-4:	Ubicación del taller de motores, en la ESPOCH.....	43
Figura 2-4:	Desmontaje de las bujías.....	51
Figura 3-4:	Lectura de compresión en el cilindro 1.....	51
Figura 4-4:	Bujía en buen estado.....	52
Figura 5-4:	Compresión después del cepillado.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Curvas características de un motor	13
Gráfico 2-2:	Curva consumo específico	16
Gráfico 1-3:	Diagrama de etapas del proyecto	24
Gráfico 2-3:	Diagrama de Gantt	28
Gráfico 1-4:	Potencia vs Corriente	48
Gráfico 2-4:	Curva de Potencia	53
Gráfico 3-4:	Curva de Torque	54
Gráfico 4-4:	Curva de potencia post cepillado	58
Gráfico 5-4:	Torque post cepillado.....	59
Gráfico 6-4:	Consumo específico	61
Gráfico 7-4:	Comparación de curvas de potencia.....	62
Gráfico 8-4:	Comparación de curvas de torque	64

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PANEL DE CONTROL DE LA FRESADORA
- ANEXO B:** MODULO DE CONTROL DEL BANCO DIAMÉTRICO
- ANEXO C:** REGULADOR DE VOLTAJE
- ANEXO D:** FICHA TECNICA MOTOR AVEO 1.6 L
- ANEXO E:** DIAGRAMA ELECTRICO DE LOS INYECTORES, SENSOR O2 Y BOMBA DE COMBUSTIBLE.
- ANEXO F:** ESPECIFICACIONES DE TORCION
- ANEXO G:** DIAGRAMA ELECTRICO DE MOTOR DE ARRENQUE Y ALTERNADOR
- ANEXO H:** DIAGRAMA ELECTRICO DE LOS SENSORES CMP, CKP

RESUMEN

El análisis del desempeño de un motor a combustión interna es necesario tanto en el desarrollo de nuevas tecnologías derivadas de este tipo de motor como en la propia evolución de estos. El objetivo de este estudio fue comparar el desempeño del motor en estado previo y posterior a modificar su cilindrada, teniendo que comparar las curvas características de torque, potencia y consumo específico de combustible. En la realización del presente trabajo se partió del método deductivo al establecer como premisas que al modificar la estructura del motor su rendimiento se vería alterado. Las curvas se obtuvieron en un dinamómetro de motor que basa su funcionamiento en corrientes parasitas, determinando el freno que ejercía este sobre el motor por medio de una fuente reguladora de corriente, se realizó una serie de pruebas a diferente amperaje para establecer el freno necesario para la obtención de las curvas necesarias para el análisis. Para determinar la medida de cepillado en el bloque motor se realizó la medición de carrera del pistón para compararla con la medida que consta en la ficha técnica. La operación estudiada fue el cepillado del cabezote, procedimiento que no modifica la cilindrada, pero modifica la relación de compresión, misma consecuencia de la modificación de cilindrada. Como resultado del procedimiento hubo un aumento en los parámetros de potencia y de torque en menor medida, viéndose perjudicado el consumo de combustible por el aumento de la relación de compresión, mostrándose ventajas y desventajas al modificar la estructura del motor. En conclusión, se obtuvo un aumento en el desempeño general del motor del 10%, cifra que es todo un éxito considerando la modificación realizada. Finalmente se recomienda seguir los procedimientos detallados en la metodología para que no se alteren los parámetros necesarios para la realización de las pruebas en el motor.

Palabras clave: <MOTOR DE COMBUSTION INTERNA>, <RENDIMIENTO>, <CURVAS CARACTERISTICAS>, <PAR MOTOR>, <POTENCIA>, <DINAMÓMETRO>.



Firmado electrónicamente
por:

**HOLGER
GERMAN RAMOS
UVIDIA**

0187-DBRA-UPT-2022

2022-02-02

SUMMARY

The analysis of the performance of an internal combustion engine is necessary for the development of new technologies derived from this type of engine and in its evolution. This study aimed to compare the engine performance in a state before and after modifying its displacement, comparing the curves of torque characteristic, power, and specific fuel consumption. The deductive method was used in this study to establish as premises that by modifying the structure of the engine, its performance would be altered. The curves were obtained in a motor dynamometer that based its operation on parasitic currents, determining the brake that this exerted on the motor through a regulating current source. To establish as premises that by modifying the structure of the motor, its performance would be altered. The curves were obtained in a motor dynamometer that bases its operation on parasitic currents, determining the brake that exerted on the motor through a current regulating source. A series of tests were carried out at different amperages to establish the necessary brake to obtain the necessary curves for the analysis. To determine the planning measurement in the engine block, the piston stroke measurement was carried out to compare it with the length that appears in the technical datasheet. The studied operation was brushing the head that does not modify the displacement but modifies the compression ratio, the same consequence of the displacement modification. As a result of the procedure, there was an increase in the power and torque parameters to a lesser extent, with fuel consumption being affected by the increase in the compression ratio, showing advantages, and disadvantages when modifying the engine structure. In conclusion, an increase in the general performance of the engine of 10% was obtained, a figure that is quite a success considering the modification made. Finally, it is recommended to follow the procedures detailed in the methodology so as not to alter the parameters necessary to carry out the tests on the engine.

Keywords: <INTERNAL COMBUSTION ENGINE> <CHARACTERISTIC CURVES>
<ENGINE TORQUE> <POWER> <DYNAMOMETER>.



Firmado electrónicamente por:

**PATRICIA
PILAR MOYOTA
AMAGUAYA**

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de titulación se plantea la realización de un estudio comparativo acerca del comportamiento de un motor a combustión interna previo a la realización de una modificación en su cilindrada, como parámetros a considerar en dicho análisis están las curvas características de torque, potencia y consumo específico.

El procedimiento necesario para modificar la cilindrada en el motor se denomina comúnmente cepillado de cabezote o de manera técnica rectificado del cabezote o culata, este procedimiento consiste en rebajar con la ayuda de una fresadora la superficie plana de la culata, previo a este procedimiento se realiza una evaluación del estado del bloque a rectificar para evitar posibles fallas.

A pesar del aumento creciente del parque automotor, por lo cual las prestaciones que generan el motor en los vehículos son importantes al momento de realizar un trabajo, el cual unos de métodos de saber sobre el rendimiento que generan es por medio de un dinámetro, el cual para la ejecución del proyecto de obtención de las curvas torque y potencia de un motor de marca Chevrolet Aveo 1.6 L, el cual se utilizara un dinámetro de motor.

Conociendo la necesidad que implica el saber las características que debe cumplir un motor, para establecer determinadas particularidades a cada motor se lo somete a una serie de pruebas para conocer su rendimiento según sea su construcción o disposición, ya al hablar de análisis es indispensable poder realizar un análisis de los datos que por telemetría y ayuda de software especializado podemos apreciar.

Por medio de las dos curvas características de desempeño de un motor como son las de torque y potencia podemos conocer una serie de ventajas, desventajas y limitaciones de cada uno de ellos, pero en la obtención e interpretación de estas curvas está el reto de un buen estudio de la funcionalidad de un motor de combustión interna.

Al poner en contexto esta información se puede llegar a determinar la eficiencia de un motor, al poder relacionar a cuál régimen de revoluciones baja el rendimiento volumétrico de dicho motor y evidenciar que una de las variables del funcionamiento de la unidad de potencia cae en una especie de déficit haciendo que no sea eficiente el funcionamiento de la unidad.

Teniendo en cuenta los límites del motor en su diseño y por lo tanto es su rendimiento se puede en base al motor diseñar el resto del automotor, definiendo sus diferentes características estructurales y demás. Sabiendo que el diseño del automóvil está basado en el motor es muy evidente la importancia de determinar las limitaciones del motor.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Los avances tecnológicos que desarrollan día a día, los motores de combustión interna son puestos a prueba para determinar su rendimiento de torque y potencia. Para comprobar este rendimiento se utiliza una herramienta muy trascendental como es el dinamómetro e instrumentos asociados son utilizados. La instalación de dinamómetros se ha vuelto muy importante en la industria automotriz. En lo general existen dos tipos de dinámetros para poder obtener el rendimiento del motor como son:

- Dinamómetro de rodillos
- Dinamómetros de motor

En los laboratorios de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH se encuentra un dinámetro de motor marca Borghi e Saveri modelo FA 200 SP, la cual nos ayudara a obtener el rendimiento de torque y potencia de un motor Chevrolet Aveo 1.6 L.

En este proyecto se examinará y representará una serie de pasos que son ineludibles para el análisis de las curvas de torque y potencia del banco dinamométrico, todo esto establecido en criterios ingenieriles para su adecuada ejecución.

1.2. Planteamiento del problema

Un motor de combustión interna de ciclo otto o gasolina varia su comportamiento por varios factores, los más notorios son debido a la altitud, presión atmosférica y octanaje del combustible que se esté utilizando.

La construcción del motor obviamente influye en el performance de este, pero si se establece únicamente la relación que existe entre el cilindraje con el desempeño del motor se tendrá una percepción mejor acerca del funcionamiento interno de aquella unidad de potencia.

El nexos que existe entre la cilindrada y la potencia, torque y consumo específico del motor es directamente proporcional, por el simple motivo que la transformación de la energía química otorgado por el combustible a energía mecánica que se transmite por medio del cigüeñal a los demás mecanismos de un automotor o maquina se da en la cámara de combustión.

Al modificarse las cotas de la cámara de combustión se modifica la cilindrada unitaria de cada cilindro y por consecuente la cilindrada total del motor, esta variación lleva consigo el cambio de la compresión y la relación de compresión en el cilindro.

El análisis del desempeño de un motor que es propio del campo automotriz es de gran relevancia teniendo en cuenta el parque automotor tan inmenso con el que contamos en la actualidad, considerando que en promedio se fabrican alrededor de 60 millones de automotores al año es responsable que las unidades de potencia de cada vehículo cumplan con una serie de normativas y regulaciones propias de nuestra actualidad. (Banco de desarrollo de america latina, 2014)

Conociendo la necesidad que implica el saber las características que debe cumplir un motor, para establecer determinadas particularidades a cada motor se lo somete a una serie de pruebas para conocer su rendimiento según sea su construcción o disposición, ya al hablar de análisis es indispensable poder realizar un análisis de los datos que por telemetría y ayuda de software especializado podemos apreciar.

Por medio de las dos curvas características de desempeño de un motor como son las de torque y potencia podemos conocer una serie de ventajas, desventajas y limitaciones de cada uno de ellos, pero en la obtención e interpretación de estas curvas está el reto de un buen estudio de la funcionalidad de un motor de combustión interna.

1.3. Justificación

Al analizar el funcionamiento de un motor a combustión interna hay que tomar en cuenta una serie de variables que diferencian los rendimientos entre distintos tipos de motores.

Según el ciclo que realicen, para que el motor pueda entregar un trabajo es necesario producir la combustión de una mezcla de un combustible (gasolina o gasoil) y un comburente (oxígeno del aire). (Calleja, 2015). Según el modo de realizar la combustión, los motores pueden realizar dos ciclos (dos tiempos y cuatro tiempos).

Según la presión de admisión, dependiendo de la presión existente en el recolector se distinguen: (Calleja, 2015) motores atmosféricos (a presión en el colector es aproximadamente la atmosférica) y motores sobrealimentados (la presión en el colector es superior a la atmosférica logrando por medio de la instalación de un compresor mecánico o un turbo compresor)

Tomando en cuenta esta serie de variables en un motor es necesario conocer sus distintos rendimientos para establecer cuáles serán las aplicaciones de cada tipo de motor, en función de su torque y potencia.

El par motor se produce cuando “la combustión de la mezcla aire-combustible, por acción de la chispa eléctrica, genera un aumento de la presión y temperatura en el interior de los cilindros del motor. Esta presión interior produce a su vez una fuerza de empuje F sobre el pistón” (Genta, 2014) esta fuerza generada al multiplicarse por la longitud de la biela generará un torque que varía dependiendo de los factores de construcción mencionados.

El concepto de potencia expresa cuantas veces está disponible el par motor en el tiempo, es decir, con qué velocidad se puede disponer del par. La potencia desarrollada por un motor depende de la relación de compresión y de la cilindrada, ya que a mayores valores de estas le corresponde mayor explosión y más fuerza aplicada al pistón; también depende íntimamente de las revoluciones por minuto a las que gira el motor. (Jairo Castillo, 2017)

La realización de este proyecto brindara una herramienta didáctica para el aprendizaje y comprensión de una manera más real, sobre el funcionamiento de un motor de combustión interna a inyección, que hoy en día es el tipo de motor más común comercialmente hablando en nuestro entorno, y en conjunto con la utilización de un dinamómetro de motor que cabe destacar que hay pocos en el país, la enseñanza será muy enriquecedora para el alumnado en futuras prácticas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar un análisis comparativo entre las curvas de torque y potencia de un motor Chevrolet Aveo 1.6L al modificar la cilindrada de este, con el fin de evidenciar el cambio en su desempeño y consumo específico de combustible.

1.4.2. Objetivos específicos

- Investigar fundamentos teóricos para la obtención de las curvas torque, potencia y consumo específico mediante fuentes bibliográficas confiables, para garantizar la realización de un correcto proyecto.

- Realizar los mantenimientos necesarios para la puesta en marcha del motor perteneciente a un vehículo Chevrolet Aveo de 1.6 litros para que los parámetros de funcionamiento sean los ideales para la obtención de las curvas de torque, potencia y consumo específico.
- Acoplar el motor perteneciente a un vehículo Chevrolet Aveo de 1.6 litros de cilindrada a él dinamómetro de motor Borghi e Saveri modelo FA 200 SP de la Facultad de Mecánica, para realizar la obtención de las curvas de torque, potencia y consumo específico.
- Realizar una modificación en la cilindrada del motor para realizar un análisis comparativo de sus curvas características de rendimiento previo y posterior a dicha modificación.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Estado del arte

2.1.1. Motor de combustión interna.

Para el accionamiento de un motor de combustión interna es fundamental la energía mecánica, tal energía se consigue aprovechando la energía térmica propia que se adquiere de la quema de combustibles de la naturaleza orgánica, así como los hidrocarburos. Dentro de los componentes que convierten la energía térmica en trabajo se hallan los motores de combustión interna, los cuales utilizan el 80% de la energía originada de los hidrocarburos a nivel mundial. Los motores de combustión interna tienen como finalidad generar trabajo mecánico previo de la energía química comprendida en un combustible a su vez de liberar energía a través la combustión u oxidación del combustible en el interior del motor (Morales y Guzmán ,2014, p. 3).

2.1.2. Historia del motor de combustión interna

Se sabe que varios inventos fueron antecesores de la creación del motor de combustión interna y que proporcionaron a los científicos las bases para profundizar en el estudio de la termodinámica y posteriormente efectuar las primeras creaciones de máquinas que empleaban el uso de algún combustible para generar energía mecánica, algunos de estos inventos fueron, el molino de viento, la máquina de vapor, la máquina térmica de Herón, el regulador de Watt, entre otros (Marín y Toro 2018, pp. 11).

A mediados del siglo XIX la máquina de vapor funcionaba bien, pero tenía el inconveniente de su gran volumen para la aplicación en vehículos. La máquina de combustión interna, en la cual el combustible inyectado, mezclado con aire, se hace estallar o explotar para mover un pistón dentro de un cilindro, resultó ser la solución más apropiada. La máquina de combustión interna más antigua registrada se da en el año 1800, cuando Philippe Lebon planteó e ideó un motor donde se inyectaba una mezcla de aire y gas de alumbrado dentro de un cilindro, con la finalidad de mover un pistón (Marín y Toro, 2018, p. 11).

En 1852, el francés de origen belga, Etienne Lenoir, desarrollo una máquina con un motor de explosión de dos tiempos capaz de moverse por sí sola, la cual logró con éxito un viaje de diez millas entre París y Joinville-le-Port a una velocidad de 3 km h.

El ingeniero alemán Nikolaus August Otto en 1875 fue quién elaboro el primer motor de combustión interna de cuatro tiempos, este motor admitía en una carrera la carga de aire y gas de carbón, luego, en otra carrera la comprimía y después de una explosión se producía la carrera de expansión. Sin embargo, en sus inicios fabricó motores eficientes fijos de gas y enunció con claridad los principios de funcionamiento y fue en 1861 donde construyó un motor de combustión interna que consumía gas de alumbrado (Marín y Toro, 2018, p. 12).

En 1883, Daimler, junto con Maybach, empezaron a ensayar los primeros motores alimentados con gasolina. Su fabricación fue tan compacta que se utilizaron para vehículos ligeros, logrando velocidades de 900 rpm. En 1889, Daimler, construyó el motor definitivo para automóvil, sin embargo, al mismo tiempo otro alemán, el mecánico Karl Benz, trabajaba en el mismo sentido y en 1885 patentó un automóvil con un motor de cuatro tiempos y estructura de tubos, lo cual representaba un peso más conveniente con relación a la capacidad del motor (Marín y Toro, 2018, p. 12).

El motor de gasolina de Daimler era el más eficaz y dominaba toda la industria automovilística, pero otro ingeniero trabaja con el fin de superar el motor ideado por Otto. El ingeniero francés, Rudolf Diesel patentó en 1892 lo que iba a ser la máquina más eficiente, el motor Diesel. Después de haberlo intentado en múltiples ocasiones, solo hasta 1897 construyó un motor Diesel, con una potencia de 25 CV y un rendimiento del 10%. Al año siguiente mejoró el motor, alcanzando un rendimiento del 18%, donde superó la eficacia del motor de Otto, fue desde entonces cuando se implementó el motor Diesel en la industria (Marín y Toro, 2018, p. 12).

Los motores actuales utilizan principalmente combustibles que son derivados del petróleo, no obstante, a causa de problemas que se prevén y que se vienen presentando especialmente por dos factores que son: la alta emisión de gases contaminantes responsables de provocar en la tierra el efecto invernadero y que los combustibles fósiles tienden a perderse con el agotamiento del petróleo, se han construido motores que utilizan fuentes alternativas de energía como gas natural, biocarburos, hidrógeno, motores eléctricos, entre otros (Marín y Toro, 2018, p. 13).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Motor de encendido provocado (MEP)

Es un tipo de motor de combustión interna que utiliza la explosión de un combustible, provocada mediante una chispa, para expandir un gas empujando un pistón, también se los conoce como

motores de cuatro tiempos ciclo Otto. Las etapas básicas que tienen lugar en un motor de combustión interna son:

- Admisión: proceso en el que se presenta la entrada del fluido de trabajo.
- Compresión: proceso fundamental para incrementar el rendimiento termodinámico del motor, en el que el fluido de trabajo es comprimido dentro del cilindro.
- Combustión: proceso donde tienen lugar las reacciones químicas mediante las cuales se genera el estado térmico del fluido de trabajo.
- Expansión: proceso responsable de la producción de trabajo mecánico.
- Escape: etapa en la que se expulsan los gases producto de la combustión.

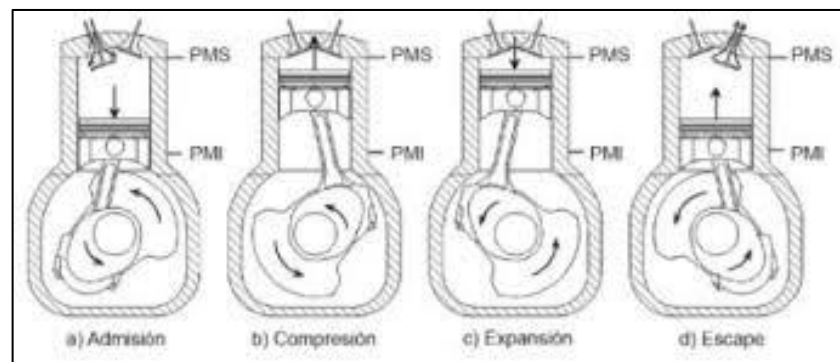


Figura 1-2. Funcionamiento del motor de cuatro tiempos

Fuente: (Marín y Toro ,2018, p. 15)

2.2.2. Especificaciones técnicas del motor

2.2.2.1. Información general

Tabla 1-2: Información general del motor de combustión interna

Marca	Chevrolet
Modelo	Aveo
Generación	Aveo sedan
Modificación (motor)	1.6 i 16v (106 CV)
Año de la puesta en producción	2003
Arquitectura de la unidad de potencia	Motor de combustión interna
Tipo de carrocería	Berlina

Número de plazas	5
Número de puertas	4

Fuente: (AUTO- DATA .NET)

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

2.2.2.2. Rendimiento

Tabla 2-2: Rendimiento del motor de combustión interna

Combustible	Gasolina
Velocidad máxima	175 km/h
Relación peso/ potencia	10.4 kg/ CV, 96.4 CV/ toneladas

Fuente: (AUTO- DATA .NET)

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

2.2.2.3. Motor

Tabla 3-2: Especificaciones del motor de combustión interna

Potencia máxima	106 CV @ 5800 rpm
Potencia por litro	66.3 CV/l
Par máximo	145 Nm @ 3600 rpm 106.95 lb. - ft. @ 3600 rpm
Posición del motor	Frontal, transversal
Cilindrada -real-	1598cm ³
Numero de cilindros	4
Distribución de los cilindros	En línea
Diámetro del cilindro	79 mm
Recorrido del cilindro	81.5 mm
Relación de compresión	9.5
Número de válvulas por cilindro	4
Sistema de combustible	Inyección indirecta multipunto
Aspiración del motor	Motor atmosférico
Distribución	DOHC

Fuente: (AUTO- DATA .NET)

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

2.2.3. Afectación de la altitud en el desempeño del motor

La reducción de la presión y la temperatura atmosférica perturba la densidad del aire y su composición. Las variaciones de la densidad afectan a las prestaciones de los motores de

combustión interna, ya que estos tienen sistemas de alimentación volumétricos, provocando una disminución de la presión en el cilindro a lo largo de todo el ciclo termodinámico y por tanto del rendimiento indicado. Este efecto es mayor en motores de aspiración natural que en turboalimentados, además la densidad y concentración de oxígeno afectan a los fenómenos locales que intervienen en la combustión y en la formación de contaminantes (Lapuerta et al. 2006, p. 2).

Varios estudios realizados mencionan que por cada 1000 metros de altitud sobre el nivel del mar el vehículo pierde entre 10 y 15 CV de potencia, debido a que el aire en altura tiene menor presión atmosférica y menor concentración de oxígeno, y por lo tanto la combustión que se produce en el motor produce menos energía. En consecuencia, a mayor altura, menor oxígeno, y la gasolina se mezcla con el aire (oxígeno) para hacer explosión permitiendo que el vehículo se mueva. Según algunos estudios, por cada 100 metros sobre nivel del mar se pierde 1 hp, esto afecta generalmente a los motores de aspiración natural (Salazar, 2019).

2.2.4. Rendimiento del motor

El motor de combustión interna es una máquina térmica su objetivo es convertir energía química del combustible en energía mecánica, que se pone de manifiesto por medio del movimiento de los mecanismos biela-manivela-cigüeñal, por consiguiente, los productos de la combustión son los encargados de generar el desplazamiento mediante el aumento de la presión de los gases en el interior del cilindro (Marruedo, 2016, p. 5).

2.2.5. Rendimiento total o efectivo (η_t)

Es la relación existente entre el trabajo útil medido en el eje del motor y el equivalente a la energía calorífica del combustible consumido. Será mayor, cuanto mayor sea la cantidad de calor aportada al ciclo y cuanto menor sean las pérdidas de calor. La cantidad de calor obtenida es función de la masa de combustible consumida por unidad de tiempo y de su poder calorífico (Marruedo, 2016, p. 5).

$$\eta_t = \frac{N_{efectiva}}{N_{combustible}} \quad (1)$$

Mediante estudios realizados del 100% de la energía calorífica que posee el combustible, los motores de combustión interna simplemente son capaces de convertir entre el 35% para motores a gasolina y el 50% para diésel.

El rendimiento de un motor, por consiguiente, será óptimo en cuanto menores sean las pérdidas que generan durante la transformación de la energía química acumulada por el combustible en trabajo mecánico.

2.2.6. Rendimiento mecánico

Representa la pérdida de energía generado por el rozamiento de los elementos o piezas que forman el motor. Es la relación que se establece entre la potencia efectiva, que es medida en el eje del motor, y la potencia indicada se adquiere del esquema indicado. El rendimiento mecánico (η_m) de expresa de la siguiente manera (Marruedo, 2016, p. 7).

$$\eta_m = \frac{N_{efectiva}}{N_{indicada}} \quad (2)$$

Las pérdidas de tipo mecánico que se debe tener en cuenta para determinar el rendimiento mecánico son las siguientes:

- La energía disipada que genera durante el movimiento que ejecuta el pistón al transmitir el movimiento al cigüeñal. Especialmente en los cojinetes de biela y cigüeñal.
- Energía que es extenuada por mecanismos secundarios como son: sistema de distribución, el distribuidor de encendido, las bombas de aceite y agua, entre otros.
- El trabajo de bombeo o energía que se utiliza en la operación de admisión y escape de gases.

Este empeora al aumentar la velocidad media del pistón o cuando menora la carga al conservar la velocidad constante. Su valor oscila entre 0.8 a 0.9, en el cual los valores más bajos hacen referencia a motores pequeños y de poca cilindrada.

2.2.7. Rendimiento volumétrico

Es la relación entre la masa de aire real que es encajada en el cilindro durante el proceso de la admisión y la masa de aire total en condiciones ambientales que teóricamente llenaría el volumen del cilindro. Es decir, describe, el grado de eficacia con que se alcanzara a llenar el cilindro, a mayor cantidad de aire dentro de este, mayor cantidad de combustible conseguiremos quemar, por ello, aumenta la energía liberada consiguiendo un aumento de potencia indicada (Marruedo, 2016, p. 5). El rendimiento volumétrico (η_v) se expresa de la siguiente manera:

$$\eta_v = \frac{\text{masa de aire}_{real}}{\text{masa de aire}_{teorica}} \quad (3)$$

2.2.8. Curvas características de un motor

Las curvas características de un motor precisan sus prestaciones en sus diferentes etapas de trabajo, es decir, a diferentes cargas y revoluciones, todo motor está determinado por sus particularidades constructivas y de funcionamiento (potencia, torque y consumo específico), las particularidades de operación determinan al motor en alusión al aprovechamiento del trabajo que efectúa, estas características están correctamente definidas a través representaciones gráfica (curvas características), conseguidas como resultado de los ensayos realizados sobre el motor en el banco de pruebas. En los ensayos se establecen los valores de potencia efectuada por el motor para cada régimen de giro en función de sus tres variables de operatividad como: nivel de alimentación, número de revoluciones y torque (Gutiérrez ,2013, p. 42).

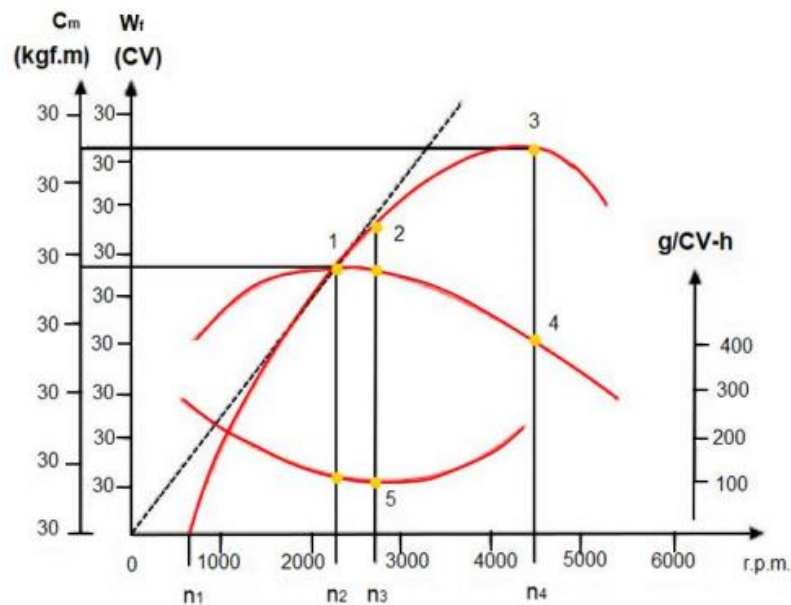


Gráfico 1-2. Curvas características de un motor

Fuente: (Gutiérrez ,2013, p. 42)

Donde:

- 1: Torque máximo
- 2: Potencia de mínimo consumo.
- 3: Potencia máxima
- 4: Par correspondiente a máxima potencia
- 5: Consumo mínimo
- n1: Régimen mínimo
- n2: Régimen óptimo
- n3: Régimen de mínimo consumo.

n4: Régimen de potencia máxima

2.2.9. Par motor

El par motor o también conocido como torque, es una magnitud física que mide el momento de fuerza que se emplea a un eje que gira respecto así mismo a una determinada velocidad, siendo entonces la fuerza fundamental para que el cigüeñal del motor gire y sea posible de transmitir dicho movimiento al restante de los componentes mecánicos.

La fuerza que genera el pistón sobre el cigüeñal no es constante a lo largo de todo el proceso de expansión, debido a que dentro de cada cilindro el valor máximo de potencia se forma en el instante de la ignición del combustible, y dicho momento lleva consigo también momento de máximo par (Marruedo, 2016, p. 21).

Fórmula del par motor se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Torque} = P * 0.715 \quad (4)$$

Donde:

P: peso (Kg)

2.2.10. Potencia

El termino potencia se emplea para referirse la cantidad de trabajo que se consigue efectuar en una unidad de tiempo, es decir la potencia es la velocidad que se necesita al momento de realizar un trabajo.

Fórmula de la potencia se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Potencia} = \frac{P*N}{1000} \quad (5)$$

Donde:

P: peso (Kg)

N: revoluciones por minuto

t: tiempo

2.2.11. Aspectos que determinan la potencia de un motor

- Cilindrada: a medida que incrementa el volumen igualmente lo hace la cantidad de combustible quemado en cada ciclo, por lo cual la cantidad de calor será mayor que se convierte en trabajo mecánico.
- Llenado de los cilindros: si se obtiene que los cilindros admitan más cantidad de gas, la presión interna incrementa del a misma manera el par motor, alcanzando mayor potencia. Una carga optima de los cilindros se intensifica con dispositivos de admisión y distribución variable, otra forma para un mejor llenado es la sobrealimentación.
- Relación de compresión: a medida que incrementa, el rendimiento térmico mejora y por lo general también lo hace la potencia obtenida. Pero existe un límite constructivo que impide utilizar cualquier relación de compresión, debido que, para grandes valores de esta, puede provocarse una detonación en el proceso de combustión lo que dañaría el motor
- Régimen de giro: la potencia crece gradualmente con la velocidad, es decir, con el número de ciclos que se realicen por minuto. Por lo cual, el régimen es un dato inherente de la potencia.

2.2.12. Consumo específico

Es la cantidad de combustible que usa un motor dividido por la potencia que suministra el motor. El caudal se mide por lo general en gramos por hora $[\frac{g}{h}]$. El consumo específico de combustible indica como cambia este consumo con respecto al régimen de giro del cigüeñal y se utiliza para comparar la eficiencia de distintos motores y para identificar la cantidad de combustible ideal de funcionamiento para motores de distintos tamaños, es decir, para hallar con qué tipo de combustible se genera menor consumo y mayor cantidad de potencia para un motor en específico (Marruedo, 2016, p. 23–24).

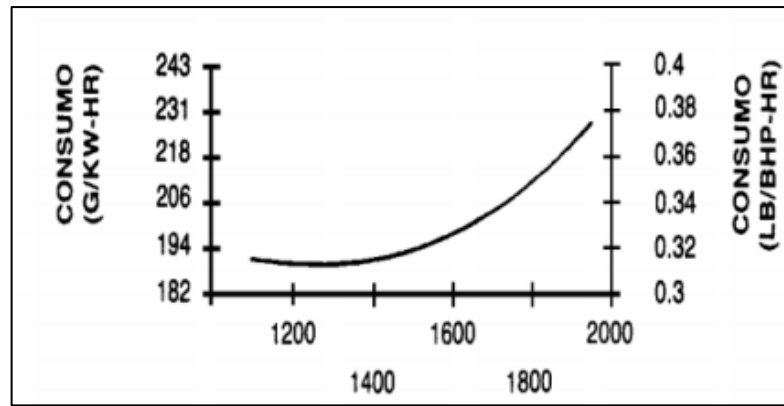


Gráfico 2-2. Curva consumo específico

Fuente:(Marruedo, 2016, p. 24)

Fórmula para calcular el consumo específico de combustible:

$$Consumo = \frac{3600 * Volumen * densidad}{tiempo * Potencia} \left[\frac{g}{CV.h} \right] \quad (6)$$

Donde:

Volumen en centímetros cúbicos

Tiempo en segundos

Potencia en CV

2.2.13. Banco de pruebas

Es un instrumento cuyo objetivo es la de efectuar una serie de mediciones en motores de combustión interna, con el propósito de analizar sus parámetros de trabajo (Marruedo, 2016, p. 15). Sus tres principales usos son:

- Talleres destinados a modificar motores de vehículos para incrementar el rendimiento del mismo por razones competitivas, efectuando pruebas para valorar la incidencia de estas modificaciones en sus prestaciones.
- Talleres que prestan sus servicios a la reparación y reconstrucción de motores, haciendo ensayos para comprobar el correcto funcionamiento del motor antes de ser colocado de nuevo en el vehículo.
- Fabricantes de vehículos, para establecer un control de calidad

2.2.14. *Dinamómetro de rodillos*

El funcionamiento del dinamómetro de rodillos se encuentra basado en la medición del torque y potencia en las ruedas del vehículo. Por consiguiente, se prueba con el motor instalado en el vehículo para obtener la potencia y torque suministrada por el motor en aceleración y movimiento de este.

Para llevar a cabo dicha medición, generalmente se utiliza una plataforma que contiene rodillos móviles, instalados de forma horizontal, en torno a su eje longitudinal. El vehículo se ubica sobre la plataforma de forma que las ruedas que transmiten potencia queden sobre dichos rodillos (Marruedo, 2016, p. 15–16).



Figura 2-2. Dinamómetro de rodillos

Fuente: (Ryme)

2.2.15. *Dinamómetro de motor*

El funcionamiento del dinamómetro de motor se encuentra basado en la medición del torque y potencia en el eje de salida del motor, obviando todas las pérdidas de potencia causada por sistema de transmisión.



Figura 3-2. Dinamómetro de motor

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Dicha máquina comprende de una base en el cual se aloja el motor para luego ser ensayado bajo las condiciones que sean necesarias. Los apoyos de dicha base tienen como objetivo resistir y disipar las vibraciones mecánicas originadas por el funcionamiento del motor.

La potencia se transmite a partir del eje del motor hasta el freno dinamométrico a través de un acoplamiento cardánico (homocinético) para evitar inconvenientes de alineación y vibraciones en dicho dispositivo (Marruedo, 2016, p. 18–19).

2.2.15.1. Ventajas del dinámetro de motor

- Libre acceso que el operario tiene hacia el motor, lo cual hace más fácil llevar a cabo ajustes y modificaciones al mismo a lo largo de la prueba.
- Rapidez para el montaje y desmontaje del vehículo. Permite ensayar muchos vehículos en poco tiempo o muchos cambios en poco tiempo.
- Se mide sólo el motor, sin influencia de otros elementos de transmisión, a menos que se incorpore algún tipo de transmisión.
- Puede ensayarse el motor en condiciones muy controladas (temperatura de refrigerante controlada, alternador, arranque y otros subsistemas desmontados).

2.2.15.2. Desventajas del dinámetro de motor

- Debido a que en este caso el motor está fuera del vehículo, es importante proveerle al mismo una serie de recursos necesarios para su funcionamiento, tales como: sistema de

refrigeración, sistema de escape, sistema de control en el caso de motores de inyección electrónica, sistema de admisión de combustible, sistema de encendido y carga, entre otros.

- Es necesario desmontar el motor para su ensayo, por lo que requiere una infraestructura externa al vehículo (suministro de combustible, arranque, encendido, cableado y ECU en el caso de inyección electrónica, cable de acelerador, sistema de refrigeración del motor).
- Sólo brinda información del motor, lo cual puede ser una desventaja para algunas aplicaciones

2.2.16. Freno por corriente parasitas

Su funcionamiento se basa en acoplar al eje del motor que se está ensayando un disco con alta permeabilidad magnética, el cuál gira en dentro campo magnético una vez que inicia el ensayo. De esta forma, se puede regular la carga sobre el motor puesto a prueba variando la intensidad de corriente que pasa por unas bobinas de excitación que van colocadas a ambos lados del disco y son las encargadas de generar el campo magnético. El frenado del sistema es debido a que el movimiento circular del disco macizo de acero genera una corriente inducida en él (corrientes parásitas), provocando electroimanes con campos magnéticos que se oponen a los campos magnéticos generados por las bobinas del estator. Cuanto mayor sea el campo magnético aplicado o mayor la velocidad relativa del movimiento o mayor la conductividad del conductor (disco), mayores serán las corrientes parásitas y los campos opositores generados (Marruedo,2016, p. 26).

Este efecto genera pérdidas de energía transformándola en calor por efecto Joule, por esto, los fabricantes acoplan al sistema o diseñan cuidadosamente circuitos de refrigeración para evitar sobrecalentamientos de los materiales lo cual exige mayor complejidad en el diseño del equipo, lo cual se traduce en costos más altos. Es importante tener presente que la precisión que se logra con estos equipos es envidiable por otros dinamómetros, pero un solo freno que opere con corrientes parásitas no puede cubrir un gran rango de potencias como sí lo puede hacer otros tipos de dinamómetros (Marruedo,2016, p. 26).

2.2.17. Cepillado del Block

- Medir la altura del bloque, para verificar si ya sido cepillado. Comprobar con las especificaciones del fabricante dl motor

- Revisar la planitud, y medir el valor de alabeo, verificar con las especificaciones del fabricante para poder realizar el cepillado.
- Nivelar y centrar el bloque.
- Asegurar el bloque a la bancada de la máquina.
- Instalar la herramienta de corte de acuerdo con el tipo de material del bloque (aluminio, fundición gris/nodular o bi-metalico).
- Cepillar.

Se puede comprobar la planitud de la culata o bloque, utilizando una regla de acero para medir cualquier imperfección entre el borde recto de la regla y la superficie si la separación entre el borde recto y la superficie excede los límites máximos siguientes, la cabeza o el bloque no es adecuado para obtener un buen sellado y debe solucionarse: las diferencias de plano no deben ser mayores a 0.05 mm en una cabeza de V6 , cuatro cilindros o V8, y de 0.10 mm tengo una cabeza de seis u ocho cilindros en línea. Cualquier pieza que no esté dentro de estas medidas necesita ser enderezada y/ o vuelta a allanar. Este procedimiento tiene sus límites porque afecta la altura de la culata (Nina, 2011, p. 3).

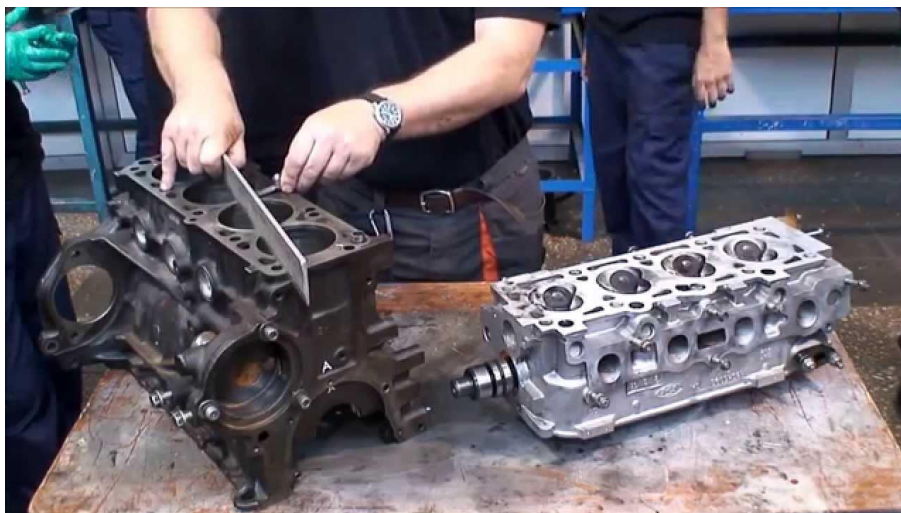


Figura 4-2. Comprobación de planitud del block

Fuente: (Salesianos La Cuesta Tenerife, 2014)

2.2.18. Cepillado de cabezote

Cepillar la culata no es otra cosa que rebajarla con el objetivo de hacer que se reduzca la cámara de combustión y de esa manera poder elevar la compresión del motor, de esta última depende la

presión que se alcanza antes del encendido, al final de la carrera de compresión y, como consecuencia, también la presión desarrollada durante la combustión (Espín, 2015, p. 37).

Aumentar la compresión del motor puede lograrse de varias formas, la recomendada es reemplazando los pistones, sin embargo, resulta muchísimo más económico y rápido cepillar la culata. Al aumentar la relación de compresión del motor se debe utilizar un combustible de mayor octanaje (Espín, 2015, p. 37).

El cepillado consiste en rebajar la culata para reducir el volumen de la cámara de combustión y en consecuencia elevar la compresión del motor para que de esta manera se mejore las prestaciones del vehículo.

El cepillado de culata resulta ser el método más económico al momento de querer mejorar las prestaciones de un motor, eso sí tomando en cuenta algunas consecuencias posteriores a este procedimiento.

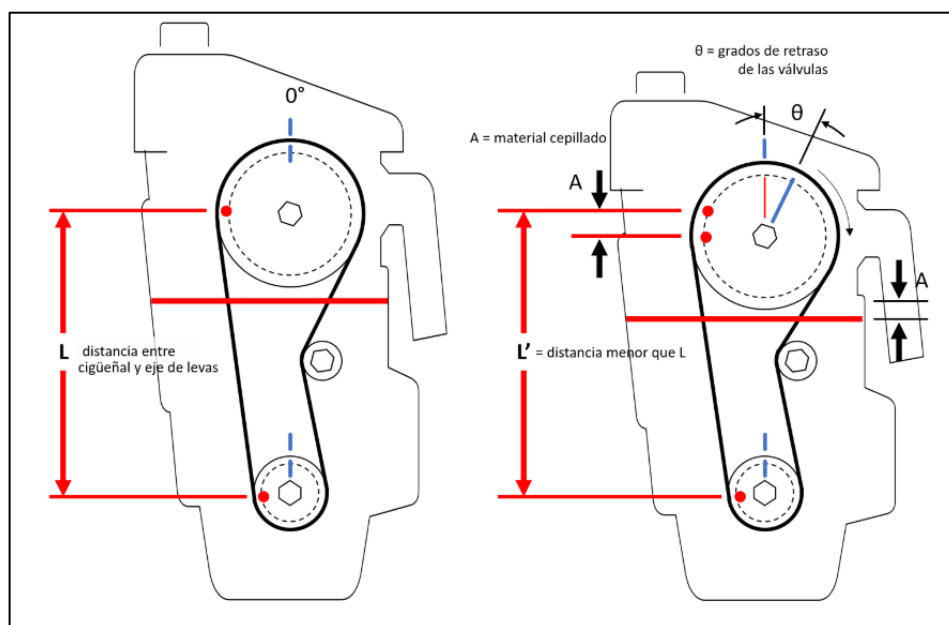


Figura 5-2. Cepillado motor en línea

Fuente: (Automotriz, 2018)

El aumento de la relación de compresión, dentro de límites aceptables, conduce al aumento de la potencia sin otras operaciones, a excepción de una reducción del avance de encendido (el encendido es retrasado), necesaria en algún caso. Sin embargo, surgen algunos inconvenientes inmediatos, como: una tendencia a la detonación y al autoencendido y, por tanto, la necesidad de

emplear gasolina con un número de octano más alto, una mayor sollicitación sobre los cojinetes de bancada y de biela, una temperatura más elevada, sobre todo en la culata, un funcionamiento más difícil del motor acompañado por vibraciones más intensas y, finalmente, un mayor esfuerzo requerido al motor de arranque. (MOTORGIGA, 2021)

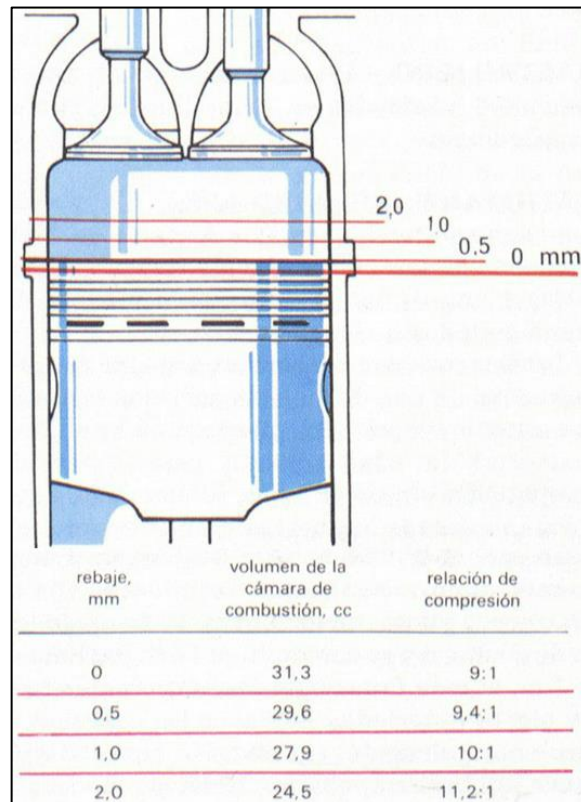


Figura 6-2. Medidas de cepillado

Fuente:(Espín, 2015, p. 37)

2.3. Marco legal

2.3.1. Norma SAE J1349

La presente norma tiene como propósito proveer un método para obtener mediciones repetibles que reflejen con precisión el rendimiento del motor.

a. Esta norma ha sido adoptada para especificar:

- Fundamentos para la valoración de potencia neta y torque del motor.
- La referencia de entrada de aire y las condiciones de suministros combustible en el ensayo.

- Un método para la corrección de potencia durante los ensayos y torque a las condiciones de referencia.
 - Un método para determinar la potencia neta a plena carga del motor y el torque con un dinamómetro.
 - Un procedimiento para asegurar que los controles del motor estén operando de una manera consistente.
- b. Campo de aplicación:** este documento es funcional para motores de combustión interna por encendido con chispa y encendido por compresión.

2.3.2. Norma SAE J1995

- a. Esta norma ha sido adoptada para especificar**
- La potencia del motor en bruto.
 - La potencia del aire de entrada y condiciones de suministro de combustible de prueba.
 - Un método para la corrección de potencia durante los ensayos para condiciones de referencia.
 - Un método para determinar la potencia bruta del motor a plena carga con un dinamómetro.
- b. Campo de aplicación:** este documento es funcional para motores de combustión interna por encendido con chispa y encendido por compresión.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diagrama de etapas del proyecto

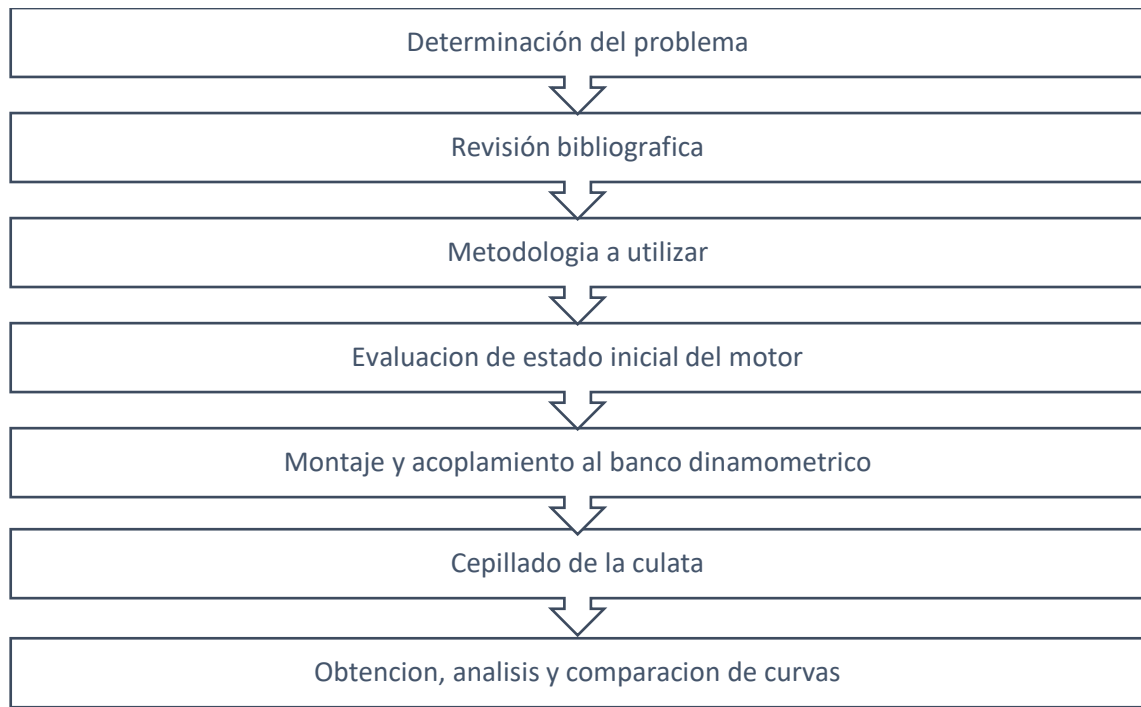


Gráfico 1-3. Diagrama de etapas del proyecto

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.2. Metodología de investigación a realizar

Tabla 1-3: Matriz Metodológica

Objetivos	Preguntas de investigación	Metodologías de investigación	Técnicas	Instrumentos
<p>OE1: Investigar fundamentos teóricos para la obtención de las curvas torque, potencia y consumo específico mediante fuentes bibliográficas confiables, para garantizar la realización de un correcto proyecto.</p>	<p>OE1, P1: ¿Cuáles son las curvas características de un motor a combustión interna?</p> <p>OE1, P2: ¿Cuáles son las formas de obtención de las curvas características del motor a combustión interna?</p>	<p>Método:</p> <p>Sintético</p> <p>Analítico</p>	<p>Revisión y análisis bibliográfico</p>	<p>Artículos científicos</p> <p>Tesis</p> <p>Documentos Web</p>
<p>OE2: Realizar los mantenimientos necesarios para la puesta en marcha del motor perteneciente a un vehículo Chevrolet Aveo de 1.6 litros para que los parámetros de funcionamiento sean los ideales para la obtención de las curvas de torque, potencia y</p>	<p>OE2, P1: ¿Cuáles son los mantenimientos necesarios antes de poner en marcha el motor en cuestión?</p> <p>OE2, P2: ¿Cuáles son los tipos de aceite, filtros, empaques, etc. del motor necesarios para el mantenimiento?</p>	<p>Método:</p> <p>Investigación de campo</p>	<p>Revisión de campo</p>	<p>Ficha técnica de motor</p> <p>Ficha de mantenimientos de motor</p>

consumo específico.				
OE3: Acoplar el motor perteneciente a un vehículo Chevrolet Aveo de 1.6 litros de cilindrada a él dinamómetro de motor Borghi y Saveri modelo FA 200 SP de la Facultad de Mecánica, para realizar la obtención de las curvas de torque, potencia y consumo específico.	OE3, P1: ¿Cuál es el tipo de acople necesario para instalar el motor?		Revisión bibliográfica Revisión de campo	Manual de banco dinamométrico Ficha de resistencia de materiales
OE4: Realizar la modificación de la cilindrada del motor por medio del cepillado de culata para realizar el análisis y comparativa con las curvas previo a dicha modificación.	OE4, P1: ¿Cuál es el espesor sugerido para realizar el cepillado del motor? OE4, P2: ¿Cuál es la relación de compresión obtenida posterior al cepillado del cabezote?			Ficha técnica de motor Ficha de tolerancias para cepillado Cepilladora de superficies planas
OE5: Realizar el análisis y comparación de	OE5, P1: ¿Qué cambios de rendimiento se obtendrán al	Método: Descriptivo		Excel

desempeño y consumo del motor con los resultados obtenidos en el dinamómetro de motor de la facultad de mecánica.	realizar el procedimiento?	Explicativo Inductivo		Interfaz gráfica de banco dinamométrico
---	----------------------------	--------------------------	--	---

Realizado: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.3. Planificación o cronograma de actividades

Para un apropiado manejo del proyecto es fundamental precisar las actividades, para realizarlo una de las herramientas que asegure la elaboración y control del proyecto es el cronograma de actividades, el cual se basa en la construcción de una matriz que indica las tareas y procesos necesarios para la ejecución de un proyecto.

En la siguiente tabla se indica las actividades que se realiza para llevar a delante el proyecto, cada actividad contiene su fecha de inicio y fecha de finalización, datos importantes que nos ayudan a la ejecución del proyecto de una forma ordenada, la misma que tendrá una duración de 16 semanas.

Tabla 2-3: Cronograma de actividades

ID	Nombre de la tarea	Fecha de inicio	Fecha de fin
1	Revisión bibliográfica	09/11/2020	13/11/2020
2	Revisión del estado del dinamómetro	16/11/2020	20/11/2020
3	Realización del trabajo escrito del capítulo 1	23/11/2020	27/11/2020
4	Ajustes y calibración del dinamómetro	30/11/2020	18/12/2020
5	Adaptación de motor de Aveo 1.6L	21/12/2020	28/12/20
6	Realización del trabajo escrito del capítulo 2	29/12/2020	05/01/2021
7	Puesta en marcha del banco dinamométrico	06/01/2021	12/01/2021
8	Encendido motor de Aveo 1.6L	13/01/2021	19/01/2021
9	Obtención de las curvas torque y potencia	20/01/2021	26/01/2021
10	Realización del trabajo escrito del capítulo 3	27/01/2021	02/02/2021
11	Cepillado del cabezote	03/02/2021	05/02/2021

12	Obtención de las curvas con la cilindrada modificada	08/02/2021	18/02/2021
13	Realización del trabajo escrito del capítulo 4	19/02/2021	25/02/2021
14	Correcciones del trabajo de titulación	26/02/2021	04/03/2021

Realizado: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

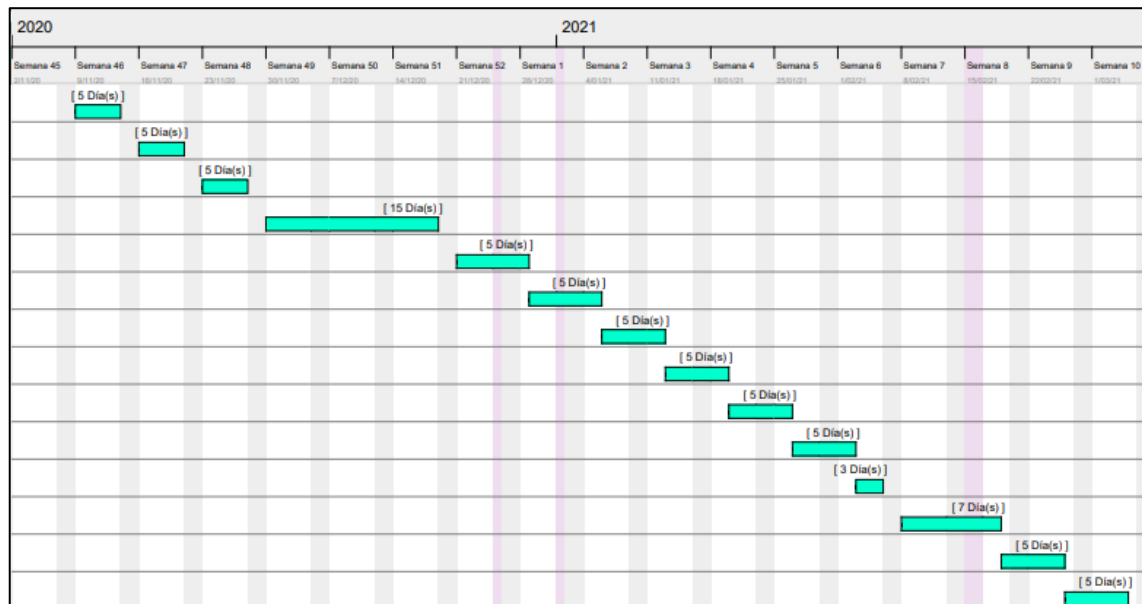


Gráfico 2-3. Diagrama de Gantt

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.4. Recursos y Materiales

3.4.1. Materiales

Tabla 3-3: Materiales

Material	Especificación	Descripción
Llaves	Juego de llaves combinadas milimétricas	Para aflojar y ajustar los pernos
Cauchos	diámetro de 8cm, altura 2cm	Sirve para que absorba las vibraciones generadas por el motor
Pernos	Hexagonales M8	Para acoplar el motor con el dinámetro
Perfil en C		Para la construcción de las bases del motor
Taladro	120V, ½in, 650W-710W.	Para agujerar las superficies de las bases que van en el motor
Broca	Juego de brocas para metal	
Tecla puma	De 2 toneladas hidráulico	Sirve para levantar el motor

Amoladora	120V, ½ in, 1500W	Se utiliza para cortar el perfil en c
Aceite de motor	SAE 10W 30	Para la lubricación del motor
Gasolina	De 87 octanos	Se utiliza como combustible para motor
Empaque cabezote	Aveo asbesto (doble I)	Actúa como un sello entre el block motor y los cilindros
Spray empaque	Copper spray – A- Gasket	Sirve para sellar el empaque del cabezote
Engrasadora	Manual de 10 Kg	Para engrasar el eje del banco dinamométrico
Electrodos	6011	Sirve como material fundente para unir los perfiles tipo c
Propulsor de válvulas	Chevrolet Aveo	Es el encargado de levantar a las válvulas

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.4.2. Equipos

Para el desarrollo del proyecto se utilizará el banco diamétrico de motor Borghi y Saveri modelo FA 200 SP de la Facultad de Mecánica, la misma que se aprovechará para la obtención del desempeño del motor de combustión interna.

Un computador que cuente con el programa Excel que es un recurso tecnológico que proporciona analizar datos de manera gráfica, interpretarlos, ejecutar cálculos matemáticos y estadísticos. Además, deberá contener con el software LabVIEW 2017, la cual ayudará con los respectivos datos para la obtención de las curvas características. LabVIEW es una herramienta de programación gráfica. Originalmente este programa está orientado para aplicaciones de control de equipos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación (Vizcaíno y Sebastián, 2011, p. 6).

Para ejecutar el proceso del cepillado del cabezote se realiza un fresado, es un método de mecanizado que consiste principalmente en la remoción de material mediante arranque de viruta utilizando una máquina- herramienta llamada fresadora.

3.4.3. Recursos Humanos

Tabla 4-3: Recursos Humanos

Recursos	Cantidad	Descripción
Autores del proyecto	2	Responsables de la construcción y ejecución del proyecto de titulación
Director del proyecto	1	Encargado de la revisión y supervisión constante del proyecto, tiene la tarea plantear sugerencias y correcciones en cuanto a la elaboración.
Asesor del proyecto	1	

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.4.4. Recursos económicos

Tabla 5-3: Recursos Económicos

Descripción	Cantidad
Mantenimiento al banco	\$240
Materiales	\$100
Repuestos	\$40
Cepillado cabezote	\$35
Gasolina	\$30
Asesoría técnica	\$80
Documentación	\$60
Vivienda	\$440

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.5. Desarrollo del proyecto

3.5.1. Montaje del motor al banco dinamométrico

Para realizar el presente análisis se decidió montar en el banco dinamométrico un motor cuyas características vayan acorde a los motores presentes en parque automotor de nuestro país, para cual se seleccionó un motor Chevrolet 1.6L de inyección que cumplía con ese requisito y que se encontraba a disposición en el taller de motores de la facultad de mecánica.



Figura 1-3. Motor en su banco de pruebas original

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

En el banco dinamométrico de motor se encontraba originalmente montado un motor de ciclo otto, posterior se montó un motor Suzuki con un sistema de carburador y finalmente se procedió a montar el motor ya mencionado.



Figura 2-3. Motor listo para montaje en banco dinamométrico

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.5.1.1. Acople

Al realizar el montaje primero fue necesario realizar un acople entre el volante de inercia del motor con el eje del banco dinamométrico. Para dicho acople se partió de la base del volante de inercia propio del motor, al cual se le acoplo un espaciador que permita colocar los pernos que sujetan el acople con el eje.



Figura 3-3. Volante de inercia

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

También se agregó un acople de caucho cuya función es amortiguar las vibraciones producida por el giro del motor.

Al realizar pruebas con el motor este acople sufría de expansión debido a la fuerza centrífuga del giro y el material del cual está compuesto (caucho), la solución fue soldar en el volante de inercia que esta anterior al acople un marco en cada esquina del acople para evitar que el fenómeno de deformación se produzca.



Figura 4-3. Acoplamiento

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.5.1.3.3.5.1.2. Soportes

En primera instancia el motor fue montado con los soportes a los que estaba sujeto en su banco de pruebas inicial como se observa en la figura.



Figura 5-3. Montaje inicial del motor al banco dinamométrico

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Con estas bases iniciales al realizar las primeras pruebas el motor tenía una vibración excesiva, lo que era provocado al estar los puntos de sujeción del motor muy arriba respecto a las bases del banco dinamométrico.



Figura 6-3. Colocación de primer diseño de base

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Finalmente se colocaron bases que fueron sujetas al bloque del motor teniendo más rigidez y menor distancia de los puntos de sujeción respecto a las bases del banco dinamométrico.



Figura 7-3. Soldadura de tipo electrodo a bases del motor

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.5.2. Cambio de método de cepillado de block a cepillado de culata

Al realizar el desmontaje del motor para proceder con el cepillado del bloque motor, procedimiento que modifica la cilindrada, se realizó una inspección sobre el estado de este, determinándose que al realizarse este procedimiento se generarían una serie de inconvenientes debido a que la carrera total del pistón nos dio una medida de 80.5 mm, lo que dio el indicio que el motor fue previamente reparado.

Ya teniendo la medida de recorrido del pistón se concluyó que al realizar nuevamente el procedimiento de rectificación de la superficie del block se debería realizar un cambio de los componentes internos del motor como pistones, bielas, cojinetes y cigüeñal.

Una modificación a gran escala en el motor causaría un cambio considerable en el rendimiento, alejándose de la intención inicial de realizar el análisis de las curvas únicamente al variar la cilindrada.

Como consecuencia de la modificación de cilindrada esta la variación de la relación de compresión, en la cual influye la cilindrada en sí y el volumen de la cámara de combustión.

Por tal motivo se concluyó realizar el procedimiento en el cabezote del motor para variar el volumen de la cámara de combustión y evitar realizar los mencionados cambios de componentes internos pudiendo con este cambio tener la misma consecuencia en cuanto al desempeño esperado del motor.

3.5.3. Cepillado de cabezote

3.5.3.1. Desmontaje de culata

Previo a la realización de pruebas, se procedió a desmontar la culata del resto del motor para realizar el cepillado de la superficie del cabezote.



Figura 8-3. Desmontaje de cubierta de la distribución

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021



Figura 9-3. Desmontaje múltiple de escape

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Se realizó el desmontaje de accesorios como el alternador, la banda de distribución y sensores del múltiple de admisión y escape para facilitar la extracción del cabezote.



Figura 10-3. Desmontaje del múltiple de admisión

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021



Figura 11-3. Vista superior de árboles de levas

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Previo a retirar la banda de distribución se realizó la señalización de los engranes de cada árbol de levas en los lugares indicados en la figura 18-3 para evitar que el motor sufra fallas de calibración.

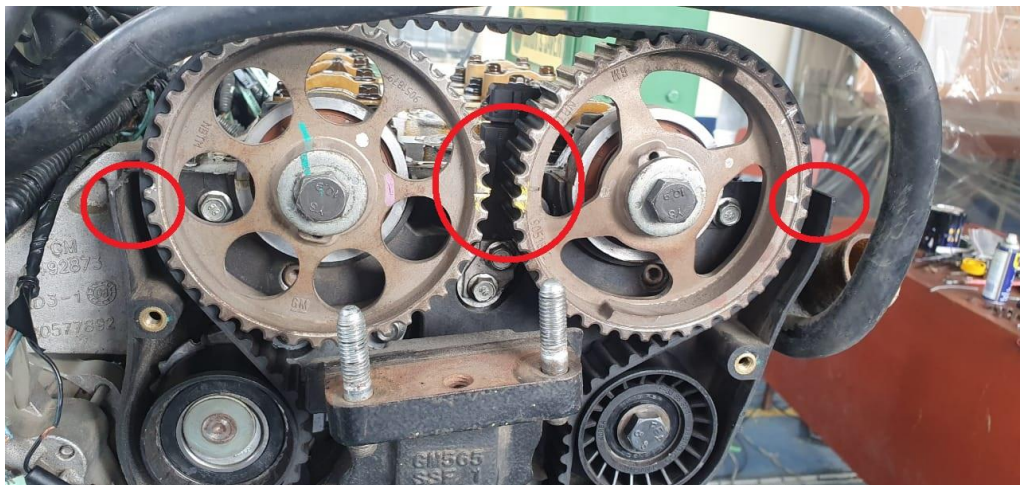


Figura 12-3. Señalización de engranes en la distribución del motor

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021



Figura 13-3. Desmontaje del múltiple de admisión

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Como procedimiento final para realizar el cepillado se retiró los dos árboles de levas con los respectivos propulsores para cada válvula.

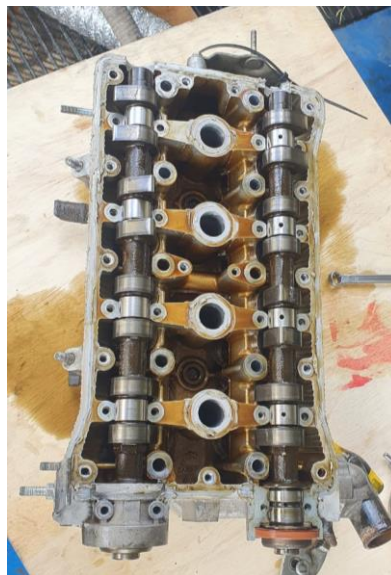


Figura 14-3. Culata desmontada con todos sus componentes

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.5.3.2. *Cepillado*

En base a reglajes establecidos para este tipo de motor se determinó desbastar 20 milésimas de pulgada a la superficie de la culata, pero al consultar esta medida con el técnico especialista de la rectificadora si recomendó hacer un cepillado de 10 milésimas de pulgada para evitar posibles fallas en el motor y cambios de componentes como pistones o válvulas.

En primer lugar, con la ayuda de un vacuómetro se mide el vacío existente en el múltiple de admisión, este parámetro ayuda a determinar el estado del motor.

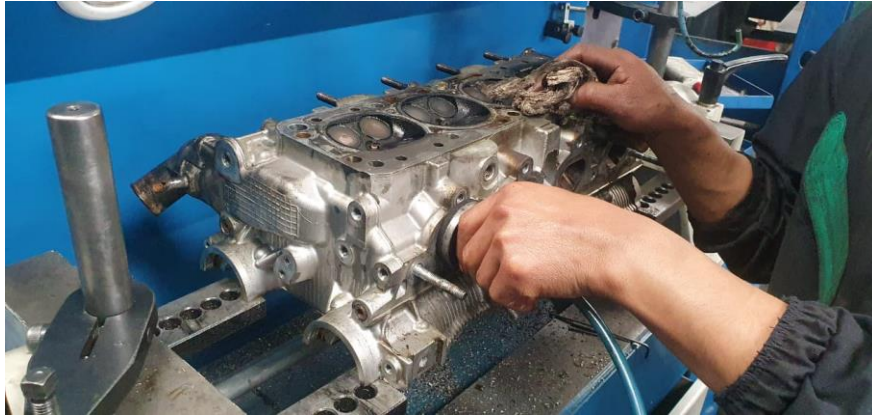


Figura 15-3. Prueba de vacío al cabezote

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Como se observa en el indicador la medida es de 0.5 kg/cm² de presión de vacío, datos que evidencian que en el cabezote no existe grieta alguna que afecte al funcionamiento del motor.



Figura 16-3. Reloj indicador del vacuómetro

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

A continuación, es necesario fijar y nivelar la culata en la fresa encargada del cepillado, por medio de pernos en cada esquina del soporte se fija el cabezote.



Figura 17-3. Operario de fresadora ajustando la medida de cepillado

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Al establecer la medida acordada para el desbaste del cabezote, la fresa comienza el proceso dando una primera pasada de manera superficial, y posterior la segunda pasada que le da la medida deseada de cepillado.



Figura 18-3. Proceso de cepillado de cabezote

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

3.5.3.3. Montaje

Al realizar el montaje se tuvo cuidado en especial al momento de armar la distribución del motor, un elemento necesario de reemplazar fue el empaque del cabezote ya que presentaba desgaste.



Figura 19-3. Ensamblaje de culata post cepillado

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021



Figura 20-3. Colocación de empaque de cabezote

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Como parte fundamental del armado de la culata esta la colocación de los pernos de sujeción entre el cabezote y el bloque motor, debiendo ser estos ajustados con un torquímetro a un torque establecido para este motor de 60 lb pie de torque.



Figura 21-3. Ajuste de pernos con torquímetro

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Obtención de resultados

4.1.1. Condiciones de las pruebas

Por la ubicación del banco dinamométrico de motor, el total de las pruebas se realizaron en la ciudad de Riobamba, en el taller de motores de la escuela de Ing. Automotriz ubicado a una altura de 2754 msnm aproximadamente.

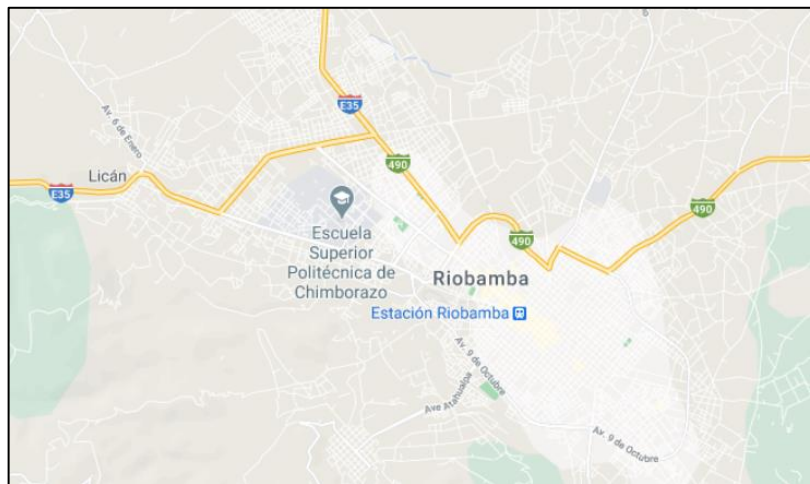


Figura 1-4. Ubicación del taller de motores, en la ESPOCH

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Para mantener las mismas condiciones en todas las pruebas realizadas el combustible utilizado únicamente fue gasolina de 85 a 87 octanos denominada “extra”.

4.1.2. Protocolo para la obtención de datos

Teniendo en cuenta que principio de funcionamiento del banco dinamométrico es de corrientes parasitas se estableció un procedimiento con el cual se obtienen los datos para ingresarlos en una base de datos en Excel, tomando en cuenta las fórmulas establecidas en el dinamómetro para registrar los datos necesarios en la obtención de las curvas características del motor en estudio.

- 1) Encender el Sistema de refrigeración del dinamómetro.

- 2) En los terminales de alimentación del dinamómetro conectar la fuente reguladora de voltaje y corriente.
- 3) Conectar la fuente a una conexión de 110V, encenderla y colocar el amperaje en 0A
- 4) En el computador proporcionado por el personal encargado del dinamómetro conectar el computador con la tarjeta encargada de leer los datos proporcionados por el motor.
- 5) Correr la aplicación de Labview para el contador de revoluciones, medidor de temperatura del motor, de ambiente y de humedad.
- 6) Revisar que las conexiones de refrigeración y batería estén correctamente colocadas.
- 7) Encender el motor por medio del switch en el panel de control
- 8) Abrir Excel para proceder a la toma de datos.
- 9) En la fuente regulable establecer el amperaje adecuado de acuerdo con el procedimiento explicado a continuación.
- 10) En una matriz preestablecida con las fórmulas para la obtención de torque, potencia y consumo específico ir llenando los datos a medida que se suban las revoluciones del motor para generar la gráfica requerida.
- 11) Repetir el procedimiento para convalidar los datos.
- 12) Apagar el motor.
- 13) Apagar la fuente regulable.
- 14) Apagar el sistema de refrigeración del dinamómetro.

4.1.3. Determinación de carga

Para la obtención de las curvas de torque y potencia fue necesario la realización de varias pruebas con distintos niveles de carga, dicha metodología fue necesaria porque el banco dinamométrico estaba diseñado en un inicio para el estudio de un motor diésel, cuyos parámetros de rendimiento son distintos a un motor de ciclo otto, que es el motor usado para nuestra investigación.

En la realización de esta serie de pruebas se variaba la corriente por medio de una fuente controladora de voltaje y corriente, dicha corriente al ser conducida por las bobinas en el dinamómetro generaban un campo magnético que a su vez generaba un freno a motor, al realizar pruebas con distintos valores de corriente se buscó que el motor pudiera llegar al corte de inyección para de este modo lograr graficar las curvas necesarias para las comparaciones de rendimientos pre y post cepillado de la culata.

4.1.3.1. *Determinación de corriente (carga) a utilizar en la obtención de curva de potencia.*

Tabla 1-4: Carga a 0.72 A

RPM	Peso (kg)	POTENCIA (CV)
895	1,5	1,3
1132	1,9	2,2
1666	2,2	3,7
1764	2,3	4,1
1935	2,5	4,8
2069	2,6	5,4
2400	2,8	6,7
2857	3	8,6
3157	3,2	10,1
3332	3,3	11,0
4000	3,5	14,0
4286	3,7	15,9
6000	4	24,0

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Al no existir en el manual del banco dinamométrico especificaciones para la realización de pruebas en motores de ciclo otto se realizó una serie de pruebas para determinar la carga ideal como se observa en las tablas 2 y 3 a medida que el amperaje se va subiendo en la fuente reguladora la potencia máxima a un régimen de revoluciones de 5800 a 6000 revoluciones por minuto va creciendo

Tabla 2-4: Carga a 0.83 A

RPM	Peso (kg)	POTENCIA (CV)
900	2	1,8
1463	2,6	3,8
1818	3,1	5,6
2222	3,5	7,8
2857	3,9	11,1
3529	4,3	15,2
3750	4,5	16,9
4000	4,7	18,8
5000	5	25,0
6000	5,5	33,0

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Tabla 3-4: Carga a 0.93 A

RPM	Peso (kg)	POTENCIA (CV)
900	3,5	3,15
1428	4	5,712
1579	4,4	6,9476
1875	5	9,37
2222	5,3	11,77
3000	5,5	16,5
3528	6	21,16
4286	6,3	27
5000	7	35
5800	7,1	41,18

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Al observar la tabla 4 se aprecian los datos obtenidos al establecer una corriente de 1.24 A en dicho amperaje el motor no pudo sobrepasar las 4600 RPM aproximadamente lo que nos dio el indicio que la corriente necesaria para la realización de las pruebas estaba entre los 0.70A a 1.24 A de corriente suministrada al dinamómetro.

Tabla 4-4: Cargas 1.24 A

RPM	Peso (kg)	POTENCIA (CV)
789	3,6	2,8
1034	4,6	4,8
1500	6	9,0
1818	6,7	12,2
2069	7,5	15,5
4000	10,1	40,4
4616	10,1	46,6

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Finalmente se determinó que la corriente óptima para la obtención de la curva de torque en el motor es 1.08 A, dicho amperaje permite al motor llegar a girar a 6000 RPM, y esto es necesario para poder obtener la curva completa de potencia y analizarla en todos los regímenes de vueltas, también apreciándose la potencia máxima del motor y llegando al límite de revoluciones.

Tabla 5-4: Carga a 1.08 A

RPM	Peso (kg)	POTENCIA (CV)
810	3,1	2,5
895	3,5	3,1
1090	4,1	4,5
1305	4,6	6,0
1500	5,1	7,7
1764	5,6	9,9
2142	6,6	14,1
2600	7,1	18,5
2800	7,2	20,2
3500	7,6	26,6
4000	8,1	32,4
5000	8,5	42,5
5860	9,1	53,3
6000	8,4	50,4
6400	8	51,2

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

En la figura 5 se aprecia la variación de potencia entorno a los 5800 RPM, hasta llegar a una corriente de 1.08 amperios se llega a la potencia máxima generada por el motor al máximo de revoluciones, posterior se aprecia que en un amperaje de 1.24 el motor está sometido a tanta carga que su rendimiento no le permite llegar al máximo de revoluciones lo que baja considerablemente la potencia.

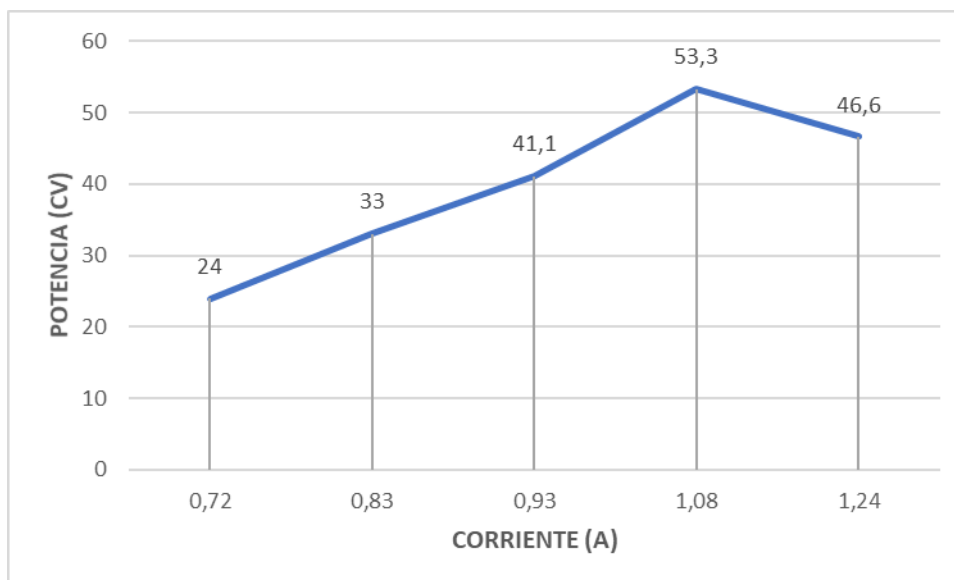


Gráfico 1-4. Potencia vs Corriente

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.1.3.2. Determinación de corriente (carga) para la obtención de la curva de torque

Para lograr obtener la curva de torque se presentó el inconveniente de que la corriente suministrada para la obtención de la curva de potencia no generaba el suficiente freno al motor para poder determinar el torque máximo que este era capaz de ofrecer, para lo cual se realizó una vez más una serie de ensayos con amperajes más altos a los utilizados en la obtención de la anterior curva característica del motor a combustión interna.

En esta figura se tiene los datos de torque y potencia obtenidos con el amperaje idóneo para la obtención de la curva de potencia, notándose un torque bajo a comparación del dado en la ficha técnica.

Tabla 6-4: Torque y Potencia a 1.08 Amperios

RPM	Peso (kg)	POTENCIA (CV)	TORQUE(NM)
810	3,1	2,5	21,8
895	3,5	3,1	24,6
1090	4,1	4,5	28,8
1305	4,6	6,0	32,3
1500	5,1	7,7	35,8
1764	5,6	9,9	39,3
2142	6,6	14,1	46,3
2600	7,1	18,5	49,9
2800	7,2	20,2	50,6

3500	7,6	26,6	53,4
4000	8,1	32,4	56,9
5000	8,5	42,5	59,7
5860	9,1	53,3	63,9
6000	8,4	50,4	59,0
6400	8	51,2	56,2

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Esta variación muy alta a comparación con los datos de la ficha técnica del motor nos dio el indicio para realizar las pruebas que se muestran a continuación.

En esta tabla los datos fueron generados en la prueba con una corriente de 1.24 A, al revisar los datos se aprecia un aumento significativo a comparación de la tabla anterior.

Tabla 7-4: Carga a 1.24 A

RPM	Peso (kg)	POTENCIA (CV)	TORQUE(NM)
789	3,6	2,8	25
1034	4,6	4,8	32
1500	6	9,0	42
1818	6,7	12,2	47
2069	7,7	15,9	54
4000	10	40,0	70
4616	10,1	46,6	71

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Para determinar el máximo torque se recurrió al uso del denominado ensayo decreciente que consiste en subir la corriente del regulador y subir las revoluciones hasta que el motor llegue a su régimen de torque máximo alrededor de 3600 RPM, determinando una corriente optima de 1.43 A para la realización de la prueba.

Como se observa en la tabla a continuación la prueba comenzó en un régimen elevado de revoluciones donde se obtuvo el torque máximo y se fue disminuyendo para obtener el torque a un giro de motor menor hasta llegar al ralentí.

Tabla 8-4: Torque máximo a 1.43 A de carga

RPM	Peso (kg)	POTENCIA (CV)	TORQUE(NM)
3600	15,0	54,0	105,3
2200	12,3	27,1	86,4
2000	12,1	24,2	85,0
1874	11,4	21,4	80,0
1666	11,0	18,3	77,2
1428	10,0	14,3	70,2
1300	9,0	11,7	63,2
1130	8,3	9,4	58,3
705	5,7	4,0	40,0

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2. Análisis de resultados

4.2.1. Resultados prueba Pre cepillado

4.2.1.1. Estado inicial del motor

Para conocer el estado inicial del motor con la ayuda de un compresímetro se midió la compresión en cada uno de los cuatro cilindros, dándonos las siguientes lecturas.

Tabla 9-4: Compresión del motor pre cepillado

Compresión (psi)	# Cilindro
150	1
150	2
149	3
150	4

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Teniendo una misma compresión en cada motor y en base a los datos de la ficha técnica del motor se comprueba que el motor en cuanto a eficiencia en la combustión se encuentra en los parámetros correctos.



Figura 2-4. Desmontaje de las bujías

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021



Figura 3-4. Lectura de compresión en el cilindro 1

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

En el desmontaje de las bujías para la toma de datos se inspecciono el estado de las mismas y no se encontró rastros excesivos de carbón que es un indicativo claro que no existen problemas de detonación en la cámara de combustión, otro buen síntoma de las bujías fue que no había aceite en ellas confirmando que no se presenta fugas de aceite en los cilindros.



Figura 4-4. Bujía en buen estado

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.1.2. *Curva de potencia*

Con la carga ya establecida tanto en la obtención de las curvas de torque como de potencia se procedió a graficarlas para su posterior análisis.

El rango del régimen de revoluciones estuvo entre las 750 y 6600 revoluciones por minuto, así como el rango de temperatura de motor fluctuó de 80 a 90 °C.

En la figura se muestra la curva de potencia generada previo al cepillado de cabezote, en ella se aprecia un aumento progresivo de la potencia propio de motores de cuatro cilindros y de baja cilindrada, no existe ningún tipo de pérdida de potencia ni alteración de esta a ningún régimen previo al corte de inyección.

La potencia máxima obtenida fue de 53 CV a un régimen de revoluciones aproximado a las 5800 RPM.

En comparación con los datos de la ficha técnica que muestra una potencia máxima de 106 CV en condiciones ideales, hay un déficit de rendimiento del 50%, esto debido a varios factores, entre los más relevantes están la altura y presión atmosférica que merma el desempeño de los motores a combustión interna alrededor de un 15% por cada 1000 msnm y otro factor influyente es el tipo de combustible que alimenta al motor, debido a su composición y octanaje, no se tiene la misma calidad comparando la gasolina usada para la realización de las presentes pruebas que la utilizada para la generación de la ficha técnica.

Tabla 10-4: Potencia obtenida

RPM	POTENCIA (CV)
810	2,5
895	3,1
1090	4,5
1305	6,0
1500	7,7
1764	9,9
2142	14,1
2600	18,5
2800	20,2
3500	26,6
4000	32,4
5000	42,5
5860	53,3
6000	50,4
6400	51,2

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

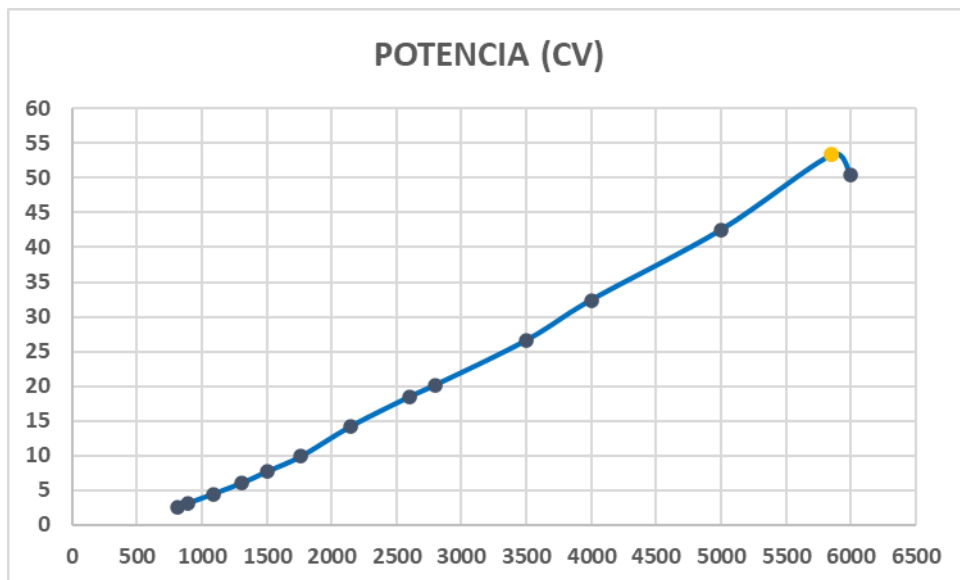


Gráfico 2-4. Curva de Potencia

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.1.3. Curva de torque

En cuanto al torque su grafica muestra al igual que en la potencia un aumento progresivo hasta las 1200 RPM, donde se produce un ligero aumento en la entrega del par.

En esta prueba pre cepillado el par máximo obtenido fue de 105 Nm a un régimen de 3600 revoluciones por minuto, régimen similar al encontrado en la ficha técnica del tren motriz, a comparación con los datos del fabricante que indican un torque máximo de 145 Nm la diferencia es menor que la mostrada en la potencia, estando en torno al 27%.

Tabla 11-4: Datos de Torque

RPM	TORQUE(NM)
3750	100
3600	105,3
2200	86,4
2000	85,0
1874	80,0
1666	77,2
1428	70,2
1300	63,2
1130	58,3
705	40,0

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

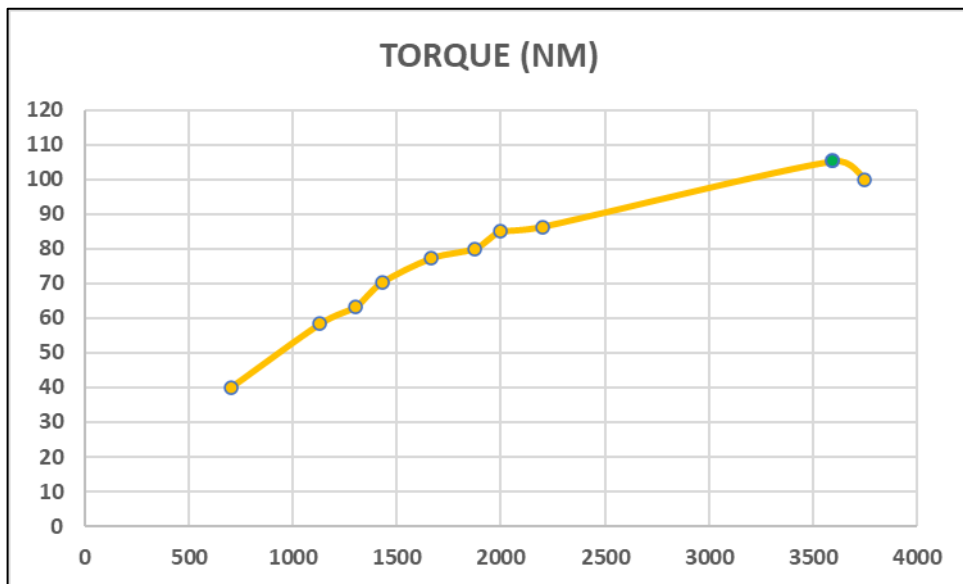


Gráfico 3-4. Curva de Torque

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.1.4. Curva de consumo específico

En el caso de la obtención de la curva de consumo específico la obtención de los datos resulto más compleja de lo esperado por el tema del caudalímetro ya que su velocidad de adquisición de datos era menor a la de las revoluciones, teniéndose que realizar un descarte de datos en los que se contaba únicamente con las revoluciones, lográndose esto se determinó que entorno a las 1400 rpm se obtenía el mayor consumo, de 391 gr de combustible necesarios para poder el motor girar al régimen de las 1400 rpm, posterior se observa un descenso para luego producirse un aumento leve en el consumo, coincidente en el régimen de revoluciones donde se observaba cierta inestabilidad en las dos curvas anteriores

Tabla 12-4: Consumo específico

RPM	CONSUMO (gr/cv)	CAUDAL (l/min)	POTENCIA (CV)
882	115,10	0,141	2,7
1395	391,30	1,125	6,4
1818	60,52	0,281	10,4
2500	17,98	0,141	17,5
3157	119,34	1,266	23,7
3529	46,85	0,563	26,8
4000	29,07	0,422	32,4
4285	45,21	0,703	34,7
6000	37,38	0,844	50,4

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

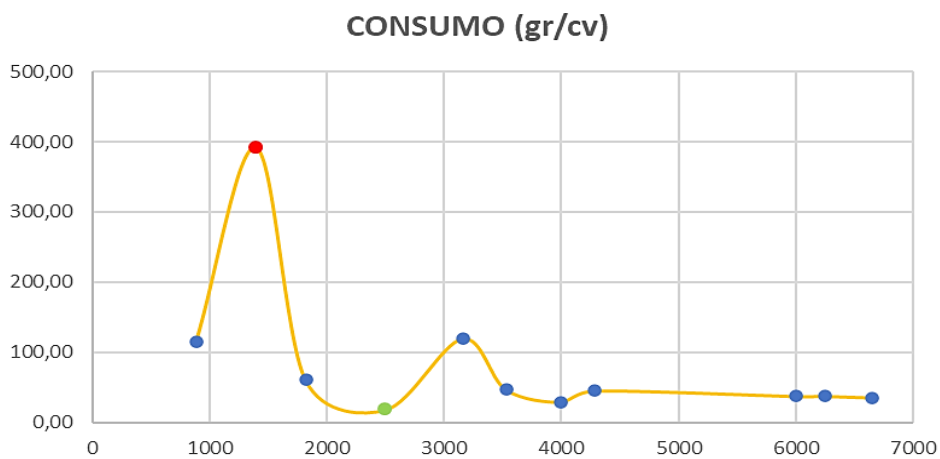


Gráfico 4-4. Consumo específico pre cepillado

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.2. Prueba Post cepillado

4.2.2.1. Estado final del motor

Realizándose el procedimiento de cepillado de cabezote se realizó la medición de la compresión del motor para tener un primer indicativo de los cambios que sufrió el tren motriz.

La compresión subió alrededor de 15 psi, un aumento considerable al tratarse de este tipo de motor.

Tabla 13-4: Compresión después del cepillado

Compresión (psi)	# Cilindro
165	1
165	2
165	3
164	4

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021



Figura 5-4. Compresión después del cepillado

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.2.2. Curva de potencia

Para la obtención de esta curva se actualizo el dinamómetro al implementar una célula de carga en reemplazo de la balanza, con aquel cambio realizado se pudo obtener un mayor número de datos en intervalos menores de RPM.

Realizando la prueba con la misma corriente de la prueba anterior se obtuvo la siguiente base de datos.

Tabla 14-4: Potencia post cepillado

RPM	POTENCIA (CV)
857	3,4
1000	5,2
1300	7,0
1400	8,0
1500	9,0
1700	10,5
1800	11,5
1900	12,7
2000	13,6
2400	18,7
2600	20,8
2800	23,2
3100	26,4
3300	29,0
3500	31,9
3700	34,4
4000	38,4
4200	41,2
5000	51,0
5400	56,7
5800	63,8
6000	61,2
6600	60,7

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

La curva de potencia al igual que en la prueba pre cepillado va incrementando de manera progresiva sin observarse ningún tipo de alteración hasta llegar al corte de inyección, posterior a eso al pasar las 5800 RPM se observa una caída en el rendimiento del motor siendo el punto más bajo alrededor de las 6800 revoluciones por minuto, revoluciones máximas a las que llega el motor.

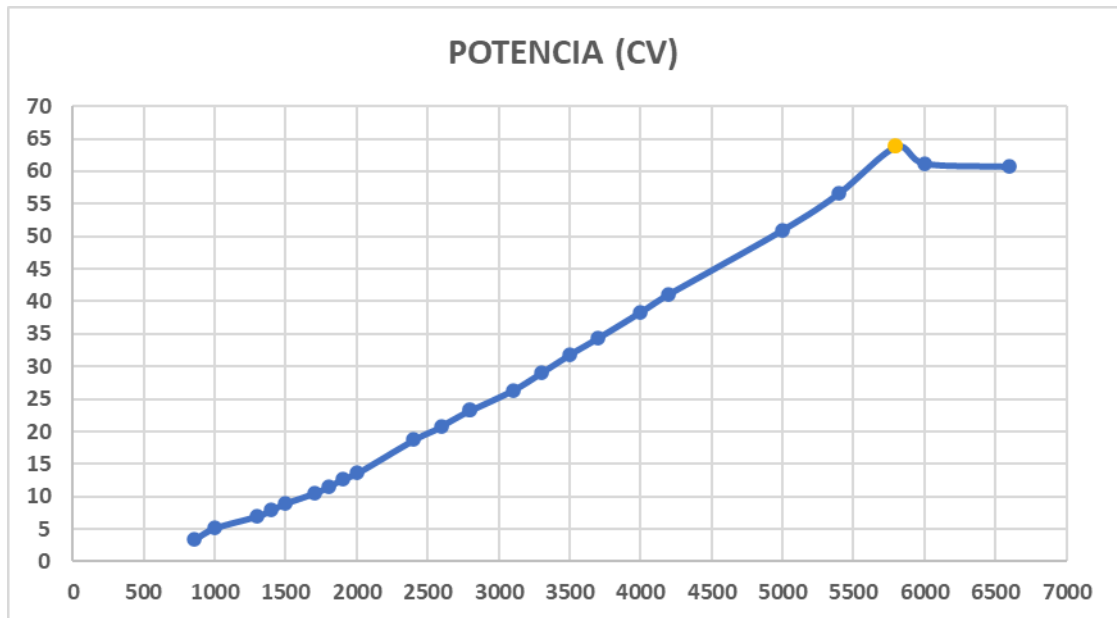


Gráfico 5-4. Curva de potencia post cepillado

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.2.3. Curva de torque

Con los mismos parámetros de la obtención de primera curva de torque se obtuvo un par máximo de 118 Nm, en el caso de este parámetro el aumento fue considerable, un 11% mayor a comparación de la curva pre cepillado.

Tabla 15-4: Torque post cepillado

RPM	TORQUE (NM)
3750	116,6
3600	118,0
3300	111,6
3000	109,5
2800	108,1
2600	105,3
2400	101,8
2200	96,9
2000	94,1
1800	89,2
1600	85,0
1400	77,9
1200	71,6
1000	65,3
850	56,2
700	48,4

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

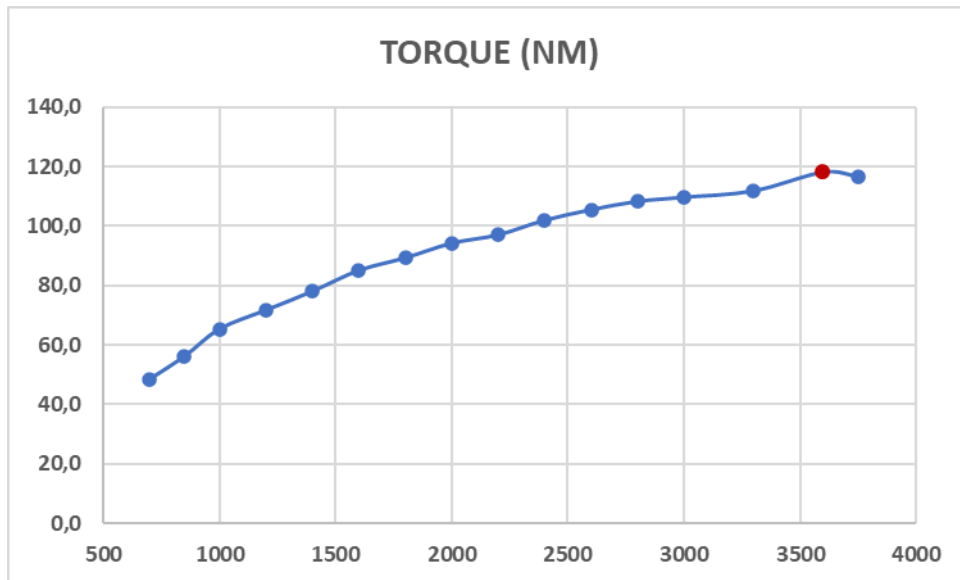


Gráfico 6-4. Torque post cepillado

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.2.4. Curva consumo específico

Tabla 16-4: Consumo post específico

RPM	CONSUMO
810	94,7
895	235,6
1090	229,9
1305	483,7
1500	353,0
1764	139,4
2142	100,4
2600	109,1
2800	100,1
3500	32,8
4000	45,3
5000	55,6
6000	225,0

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

Como se observa en la gráfica el pico del consumo está en torno a los 500gr de combustible, esto en un régimen inicial de revoluciones ya que al existir una menor inercia que altas revoluciones el motor inyecta más combustible para vencer estas cargas inerciales lo que deriva en un mayor consumo.

En el régimen donde el torque es mayor, alrededor de las 3600 RPM es cuando se produce un menor consumo de combustible, esto debido a la fuerza rotacional del motor que requiere menos esfuerzo para que gire el cigüeñal haciendo que el consumo de combustible baje en este número de giros del tren motriz.

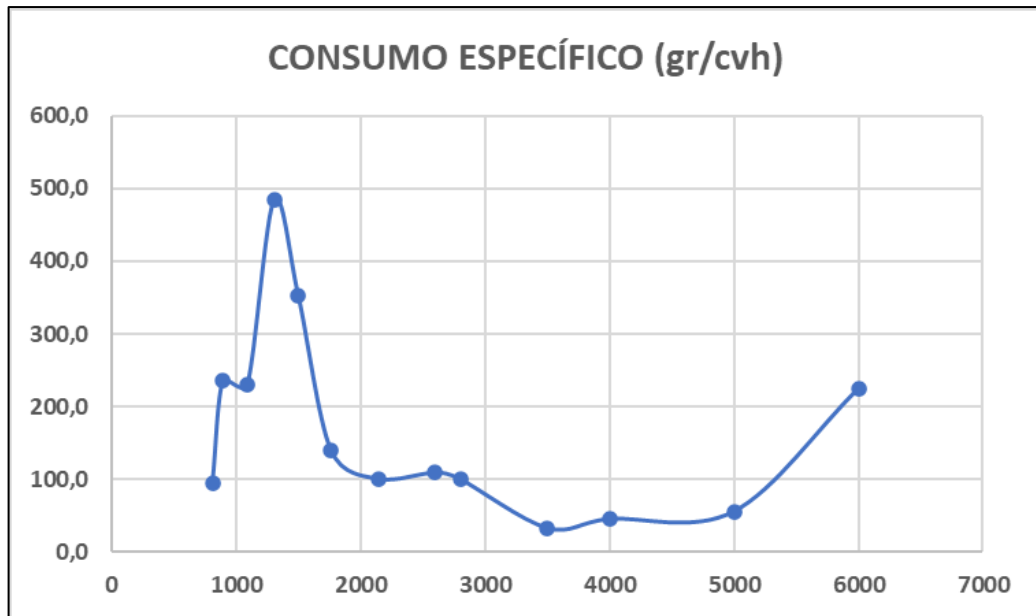


Gráfico 7-4. Consumo específico

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.3. Comparación de curvas características

4.2.3.1. Comparación de graficas de potencia

Tabla 17-4: Comparación de potencias obtenidas

RPM	POTENCIA 2 (CV)	POTENCIA 1 (CV)
857	3,4	2,5
1000	5,2	4,5
1300	7,0	6,0
1400	8,0	7
1500	9,0	7,7
1700	10,5	9,9
1800	11,5	10,1
1900	12,7	13,5
2000	13,6	14,1
2400	18,7	17
2600	20,8	18,5
2800	23,2	20,2
3100	26,4	22
3300	29,0	24
3500	31,9	26,6
3700	34,4	29,0
4000	38,4	32,4
4200	41,2	33

5000	51,0	42,5
5400	56,7	47,0
5800	63,8	53,3
6000	61,2	50,4
6600	60,7	51,2

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

En la gráfica de a continuación se evidencia el aumento en la potencia máxima del motor, mas no se visualiza una variación en la entrega del motor, al apreciarse una subida progresiva en la potencia desde el ralentí hasta el corte de inyección.

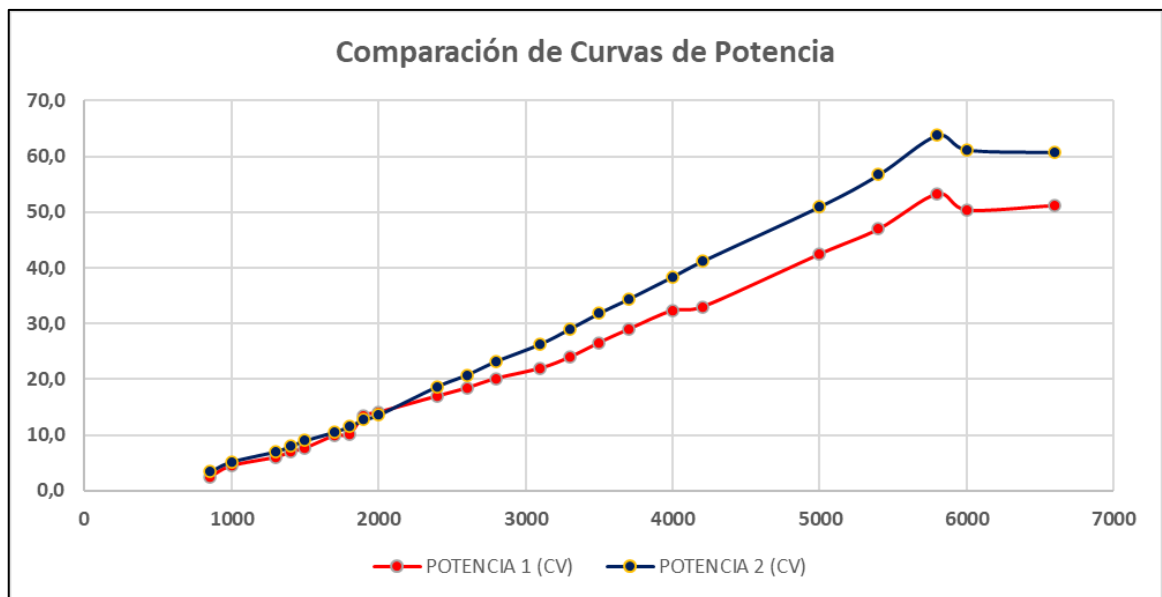


Gráfico 8-4. Comparación de curvas de potencia

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.3.2. Comparación de graficas de torque

Tabla 18-4: Comparación de torques

RPM	TORQUE 2 (NM)	TORQUE (NM)
3750	116,6	100
3600	118,0	105,3
3300	111,6	103
3000	109,5	101
2800	108,1	100
2600	105,3	97
2400	101,8	91
2200	96,9	86,4
2000	94,1	85
1800	89,2	80,1
1600	85,0	77,1
1400	77,9	70,1
1200	71,6	64
1000	65,3	58,2
850	56,2	49
700	48,4	40

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

El incremento de torque en comparación con la potencia fue menor, así mismo se observa entre las dos curvas de torque una entrega de par progresiva siendo la máxima a los 3600 giros, eso sí siendo la curva post cepillado más equilibrada en todo el régimen de revoluciones, lo que evidencia una mejora en cuanto al reparto de par.

Al pasar el toque máximo en la curva post cepillado se observa una caída menor en el torque, haciéndolo más equilibrado al motor al no presentarse esa caída tan brusca como en las pruebas pre cepillado.

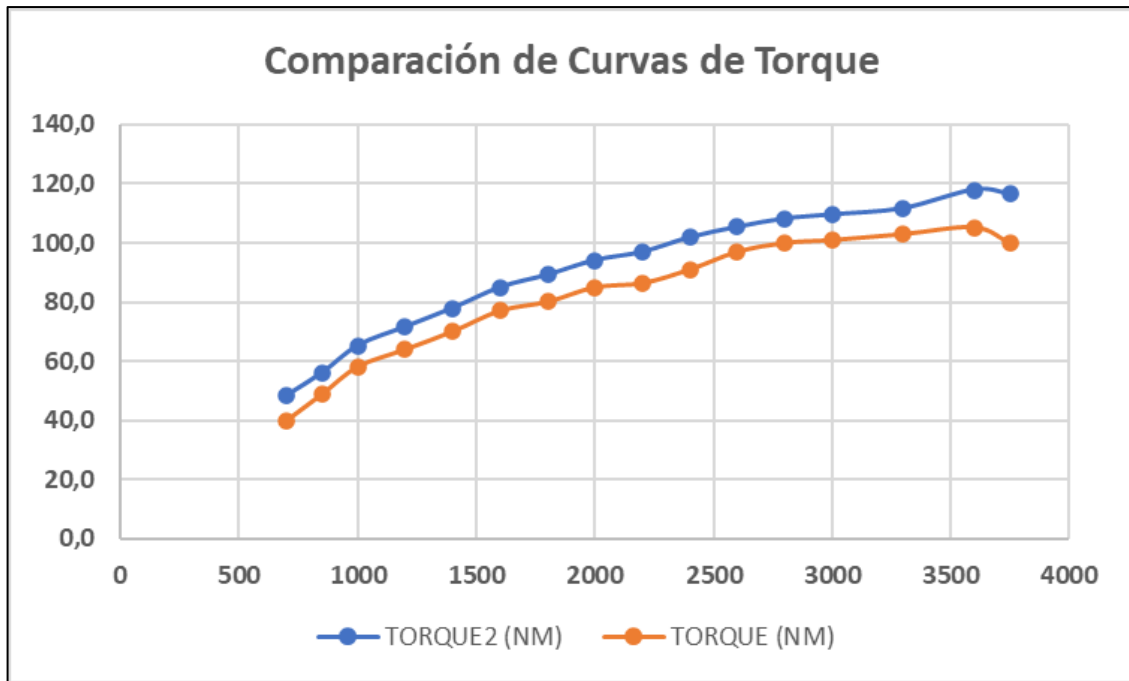


Gráfico 9-4. Comparación de curvas de torque

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

4.2.3.3. *Comparación de graficas de consumo especifico*

El incremento de consumo de combustible en torno al 23%, los consumos iniciales son altos por que el motor posee menos inercia por el freno aplicado del inicio de la prueba y al aumentar las revoluciones la mayor inercia mantiene el consumo en un promedio de 50 gr/cv

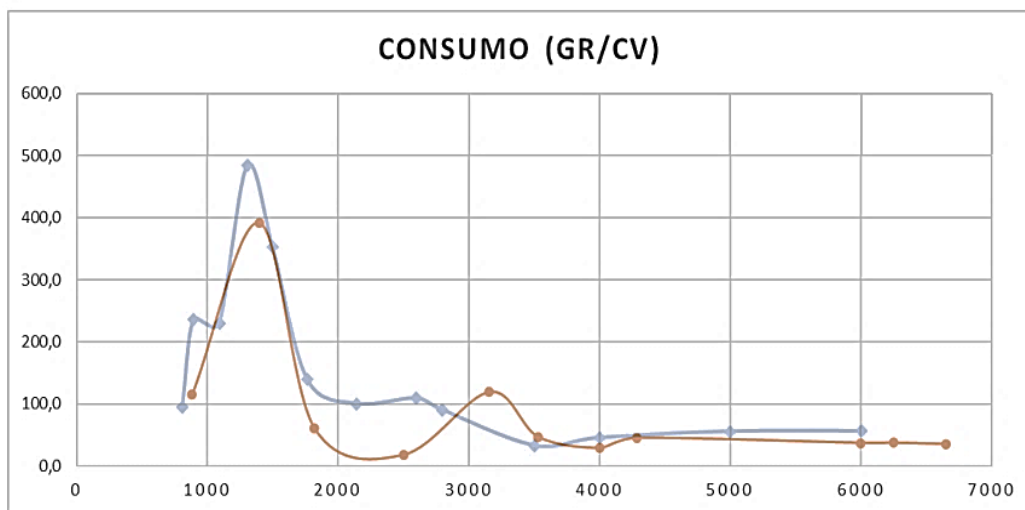


Gráfico 10-4. Comparación de curvas consumo especifico

Realizado por: Vargas, A.; Pozo, J. 2021

CONCLUSIONES

El rendimiento en cuanto al torque y potencia aumento en torno a un 10% con respecto a las pruebas realizadas previo al cepillado del cabezote, tomando en consideración que el desgaste fue de 10 milésimas de pulgada, alrededor de 0.2 milímetros el incremento del rendimiento fue más alto de lo estimado, concluyendo que este procedimiento es uno de los más efectivos al querer mejorar las prestaciones de un vehículo.

El parámetro que afecto el desempeño en general del motor fue el consumo específico, al reducirse la eficiencia energética del combustible debido al menor volumen de la cámara de combustión, el consumo de combustible dependiendo el régimen de revoluciones aumento siendo más notorio en un régimen de revoluciones entre 3000 y 4000 RPM.

Por la naturaleza del motor en estudio la entrega de torque y potencia se da de manera progresiva en las pruebas pre y post cepillado, es decir la modificación hecha a la culata del motor sube la potencia y el torque del motor en relación a las RPM más, no altera la entrega de estos parámetros, lo que se podría traducir en que si el motor estuviera montado en un vehículo el conductor va a notar el aumento de rendimiento en el vehículo en la velocidad que llegue alcanzar pero no percibirá mucha mejora en la aceleración.

RECOMENDACIONES

Para el montaje de cualquier tipo de motor en el banco dinamométrico es importante anclar las bases al bloque del motor, siendo esta la parte más rígida de sujeción para evitar vibraciones excesivas, así como la adición de cauchos que amortigüen dicha vibración.

Para realizar pruebas para la obtención de las curvas características del motor es necesario realizar un mínimo de tres pruebas para registrar el peso correcto sea por la balanza propia del dinamómetro o con la célula de carga en cada régimen de giro del motor y asegurarse que los datos sean los correctos.

Se recomienda seguir todas las indicaciones establecidas en el manual del equipo para el uso del dinamómetro sobre todo tener en cuenta el sistema de refrigeración porque en las pruebas a alto régimen el freno genera altas temperaturas y si no se toma en cuenta este punto se podría generar un daño tanto al dinamómetro como al motor acoplado a este.

Se debe realizar una prueba de compresión previo a cualquier operación a la que se someta la estructura del motor para conocer su estado inicial y en base a eso saber si los cambios realizados dieron el efecto esperado al realizar una comparación con el compresímetro posteriormente.

Al someter al motor a una carga por medio del dinamómetro para la obtención de datos, hacerlo de manera progresiva hasta llegar a la corriente establecida según la curva requerida, en la potencia una corriente estimada es de 1.05 A y en el caso del torque un amperaje máximo de 1.4 A, al someter el motor a una carga mayor podría provocar daños en los componentes internos de este, así como sobrecalentamiento en el sistema de freno del dinamómetro.

Cuando el motor se encuentre en un régimen elevado de revoluciones y sometido a una carga, primero se deberá desacelerar el motor y posterior bajar la carga del dinamómetro caso contrario el motor experimentara un cambio brusco de revoluciones al no estar con una carga que controle las revoluciones, pudiéndose causar un daño en su funcionamiento.

Se debe contar por lo menos con dos operarios al realizar las pruebas en el banco dinamométrico, para controlar todos los parámetros involucrados en los ensayos, como la aceleración, control de temperatura, régimen de giro del motor, ajuste de carga, refrigeración del motor y banco dinamométrico, etc.

Evitar estar cerca del motor al realizarse cualquier tipo de prueba, respetar el perímetro que delimita el banco dinamométrico.

Utilizar la indumentaria de seguridad adecuada como: protector visual, mandil, tapones auditivos, tapabocas y guantes.

Mantener el área ventilada en todo momento ya que se puede producir una concentración de gases de escape dentro del laboratorio causando afecciones respiratorias a los presentes.

Revisar previo a cada prueba el estado de las bases de sujeción del motor al banco dinamométrico, el acople entre el volante de inercia del motor y el dinamómetro como medida de precaución.

Al encender el motor tomar en cuenta su tiempo de actividad, al tratarse de un motor estacionario su tiempo de operación es indispensable para realizarle los mantenimientos correspondientes.

GLOSARIO

Bielas: Encargada de transformar el movimiento lineal del pistón en movimiento rotatorio al cigüeñal.

Bloque motor: Es una pieza fundida en hierro o aluminio que aloja los cilindros de un motor de combustión interna, así como los soportes de apoyo del cigüeñal.

Cámara de combustión: Lugar en donde se produce la combustión al inyectarse el combustible por el inyector y mezclarse con el aire que deja entrar las válvulas de admisión.

Cepillado de culata: Proceso que consiste en la reducción del espesor del cabezote por medio de una máquina rectificadora.

Cigüeñal: Transmite el movimiento rotacional generado por el motor al resto de componentes del automotor para finalmente moverlo.

Cilindrada: Es el volumen dado por el diámetro del del cilindro y el recorrido del pistón en el bloque motor.

Cilindro: Cavidad en el bloque motor que alberga al pistón y guía en el movimiento lineal al mismo.

altas revoluciones.

Consumo específico de combustible: Denota la eficiencia que tiene un motor para transformar el combustible en energía mecánica, y se expresa como la cantidad de carburante que hay que consumir (en gramos) para obtener una determinada potencia en kilovatios (kW), durante una hora (g/kWh).

Corte de inyección: Es un mecanismo de seguridad que actúa para no sufrir daños al motor a

Curvas características del motor: Se denominan curvas características de un motor de combustión interna las que expresan gráficamente la potencia, el par motor y el consumo específico en función de la velocidad de rotación del cigüeñal.

Culata/Cabezote: El Cabezote también denominado cabeza del motor, consiste en un bloque de metal, generalmente de hierro fundido o aleación de aluminio, que sella la parte superior de los cilindros de un motor de combustión evitando así que haya pérdidas de compresión.

Dinamómetro de motor: Determina el desempeño de motor, midiendo la potencia y torque mecánico en un ambiente controlado donde se monitorizan todos los parámetros de funcionamiento del tren motriz.

Distribución: Mecanismo encargado de controlar la entrada y salida de combustible y aire a los cilindros para producir la transformación de energía química en energía mecánica.

Motor de combustión interna: Máquina que basa su funcionamiento en la transformación de energía química (combustible) en energía mecánica.

Pistón: Parte encargada de producir la compresión necesaria para que el combustible con la ayuda de la chispa inflame a este en la cámara de combustión.

Potencia: La potencia es la capacidad que tiene el motor para ejercer una fuerza (el torque) en cierta cantidad de tiempo.

Relación de compresión: Medida que relaciona el volumen de la cámara de combustión con la cilindrada del motor.

Revoluciones por minuto: Es un parámetro del motor que indica el número de giros que realiza el cigüeñal en el periodo de un minuto.

Torque: Es la fuerza aplicada necesaria para generar un giro, en el caso del motor es la fuerza que necesita para hacer girar el cigüeñal.

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, Daniela Marín & TORO, Miguel. Universidad Tecnológica de Pereira. Caracterización de las curvas de presión, par y potencia de un motor de combustión interna monocilíndrico bajo diferentes regímenes de operación. [En línea](Trabajo de Titulación) Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. 2018. pp. 11-13. [Consulta: 2020-12-14.] disponible en:

repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/9463/T621.43M337.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ESPÍN, Rafael. Análisis teórico y práctico de las consecuencias del cepillado del cabezote de un motor inyección electrónica a gasolina modelo 1997 volkswagen vento de 4 cilindros en línea 2.0 cc. [En línea](Trabajo de titulación) Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito ,Ecuador. 2015.p.15. [Consulta: 2020-12-14.] Disponible en: [63535_1.pdf \(ute.edu.ec\)](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/handle/63535/1.pdf)

SALAZAR, Jonathan. *Patios de autos. com.* Cómo afecta la altura al desempeño de los autos. [En línea] 2019.

AUTO- DATA .NET. 2003 Chevrolet Aveo Sedan 1.6 i 16V (106 CV). [En línea] disponible en [2003 Chevrolet Aveo Sedan 1.6 i 16V \(106 CV\) | Ficha técnica y consumo , Medidas \(auto-data.net\)](https://www.auto-data.net/2003-Chevrolet-Aveo-Sedan-1.6-i-16V-106-CV-Ficha-tecnica-y-consumo-Medidas)

AUTOMOTRIZ, Auto data Taller. *Autodata.* [En línea] 18 de Abril de 2018. <https://www.autodata.pe/el-cepillado-de-culata-y-sus-efectos/>.

Banco de desarrollo de america latina. 2014. Banco de desarrollo de america latina. *SCIOTECA.* [En línea] SCIOTECA, 2014. disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/793>.

CALLEJA, David Gonzales. 2015. *Motores termicos y sus sistemas auxiliares.* Madrid : Paraninfo, 2015.

GENTA, G.;et al The Motor Car. *The Motor Car.* New York : Springer, 2014, pp. 322-341.

GUTIÉRREZ, Mariano Sánchez.. *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos.* Malaga : IC Editorial, 2013. p.42

CASTILLO, Jairo; et al. "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". *Politecnica*. vol 39,nº1 (2017),(Quito) pp.49-57.

LAPUERTA, Magín; et al. "Estudio del efecto de la altitud sobre el proceso de combustión de motores diesel". *Scielo*. vol 17, n° 5 (2005), (Chile) pp.21-30.

MARRUEDO, Eric Daniel. Banco de ensayos para motores de combustion interna [En línea] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional la Plata, Argentina. 2016 3 de Diciembre de 2016. pp. 5-24. [Consulta: 2020-12-14.] Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3056/Banco%20de%20ensayos%20para%20motores%20de%20combusti%20c3%b3n%20interna%20y%20curvas%20caracter%20adsticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MOTORGIGA. Rebajar la culata [En línea] 2021. Disponible en: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/rebajar-la-culata-definicion-significado/gmx-niv15-con195320.htm>.

NINA CHARAJA, Juan Jose . Rectificadora de superficies planas [En línea] 2011.

CONCECIONARIOS.COM. *Prestaciones y dimensiones motor chevrolet 1.6.* 2010, p. 2.

RAFAEL , Mercedes & HERNÁNDEZ, Andrés. Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible. [En línea]. Instituto Mexicano de transporte,Mexico. 2014. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>. 0188-7297.

RYME. Banco de Potencia Vehículos BD 4WD. [En línea]

Salesianos La Cuesta Tenerife. Comprobación del plano de culata. [En línea] 2014.

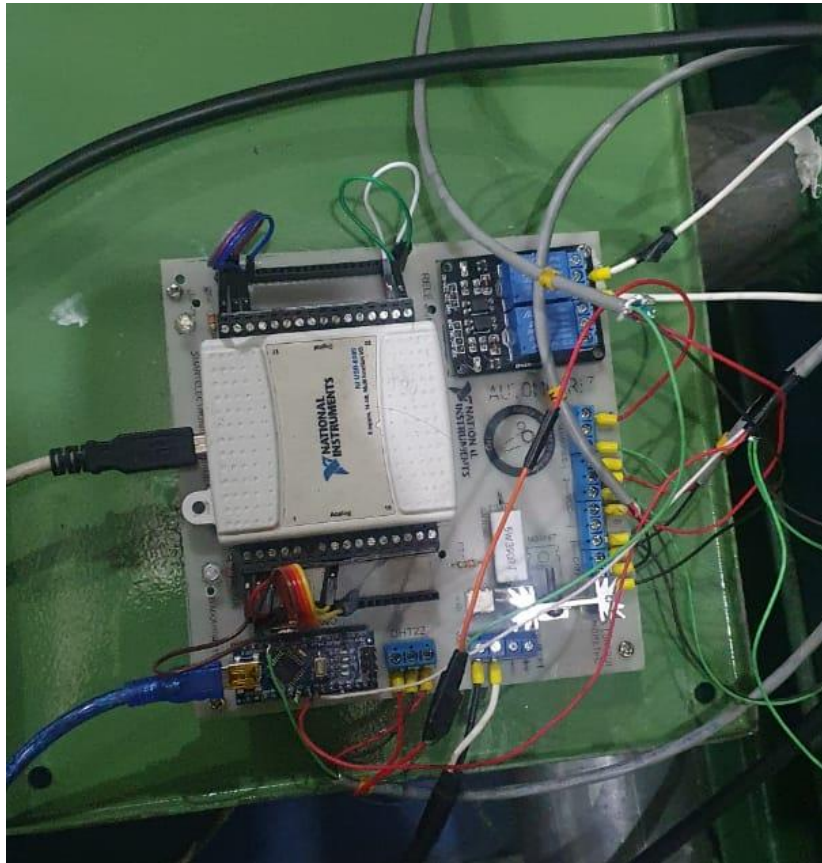
VIZCAÍNO, José Rafael Lajara & SEBASTIÁN, José. LabView: entorno gráfico de programación. s.l. : Marcombo, 2011.

ANEXOS

ANEXO A. PANEL DE CONTROL DE LA FRESADORA



ANEXO B: MODULO DE CONTROL DEL BANCO DIAMÉTRICO



ANEXO C: REGULADOR DE VOLTAJE

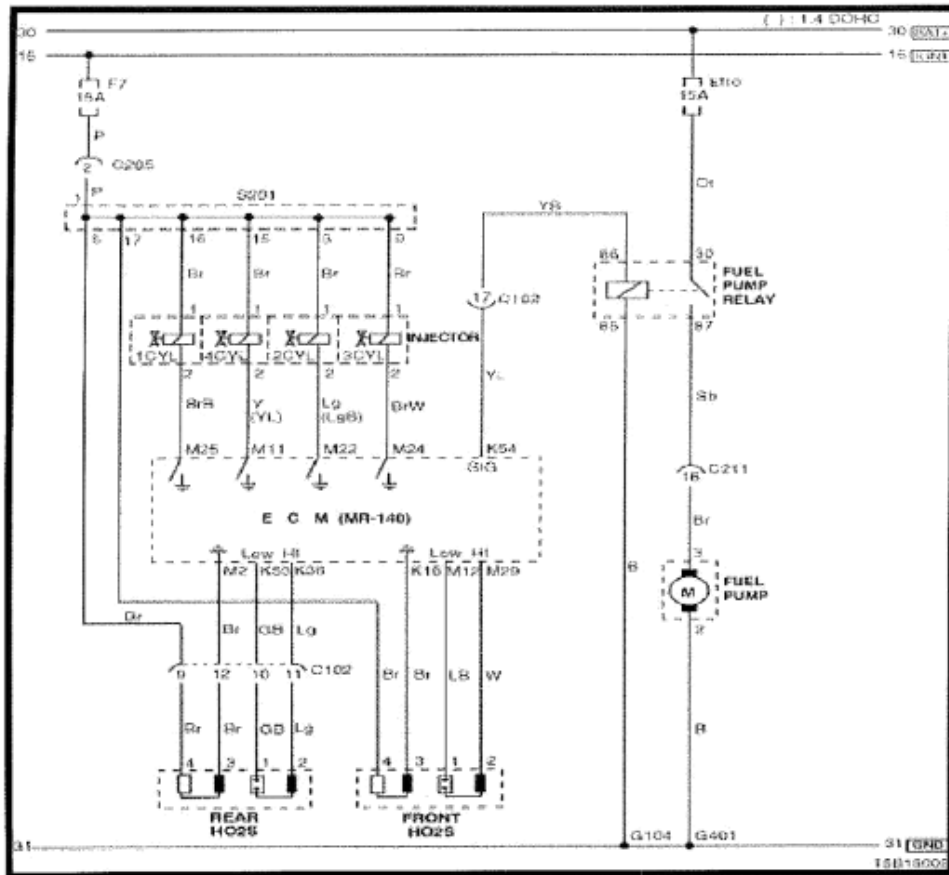


ANEXO D: FICHA TECNICA MOTOR AVEO 1.6 L

- COMBUSTIBLE Y ALIMENTACIÓN DEL MOTOR -		- PESOS -	
ALIMENTACIÓN		PESOS	
inyección	inyección múltipunto	Peso máximo autorizado (kg)	1592
COMBUSTIBLE		Peso en vacío (publicado) (kg)	1203
Combustible	sin plomo	peso máximo remolcable con freno	1100
octanos combustible	95	peso máximo remolcable sin freno	500
DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE		peso vacío Inc. conductor	81
tipo	principal		
capacidad	46		

- MOTOR -		- DIMENSIONES -	
MOTOR		DIMENSIONES EXTERIORES	
cc	1598	longitud	4039
Litros	1.6	anchura	1735
diámetro	79.0	altura	1517
carrera	81.5	batalla	2525
relacion de compresión	10.8	ancho de vía delantero	1509
cilindros	4	ancho de vía trasero	1509
configuración	en línea	diámetro de giro entre bordillos	10060
distribución	doble árbol de levas en cabeza (DOHC)	diámetro de giro entre paredes	10500
distribución variable	sí	DIMENSIONES INTERIORES	
válvulas por cilindro	4	altura banqueta-techo delante	995
código motor	F16D4	altura banqueta-techo detrás	978
NORMA DE EMISIONES		espacio delantero para las piernas	1081
Normativa	EU5	espacio trasero para las piernas	881
nivel CO2 - g/km (combinado)	141	anchura delantera hombros	1358
ETIQUETA EFICIENCIA ENERGÉTICA		anchura trasera en hombros	1347
etiqueta de eficiencia	B	CAPACIDAD DEL COMPARTIMENTO DE CARGA	
		hasta las ventanas asientos montados	290
		hasta el techo as.plegados o quitados	653

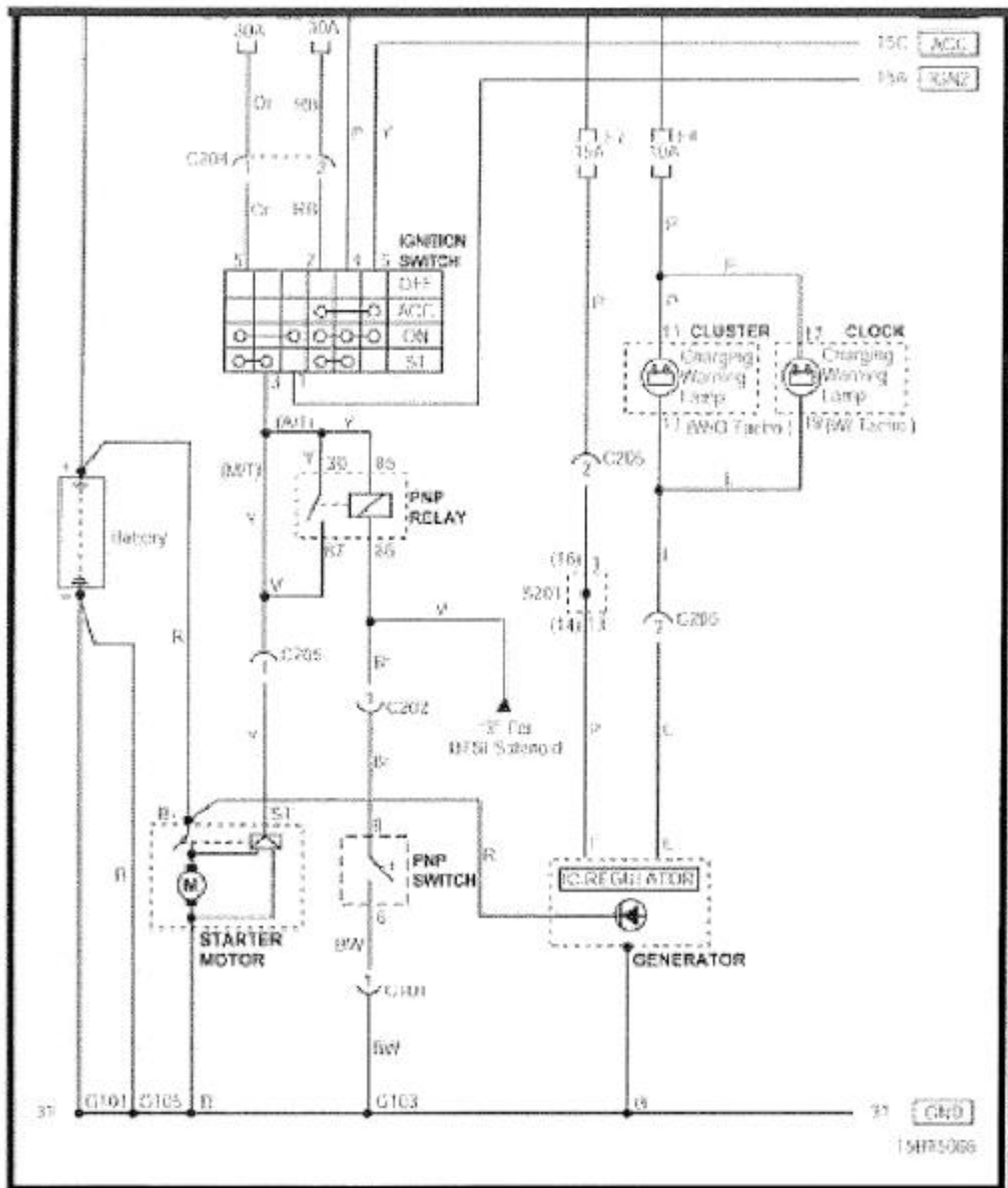
ANEXO E: DIAGRAMA ELECTRICO DE LOS INYECTORES, SENSOR O2 Y BOMBA DE COMBUSTIBLE.



ANEXO F: ESPECIFICACIONES DE TORCIÓN

APLICACIÓN	Especificación	
	Métrico	Ingles
Pernos del soporte de montaje auxiliar	37 N·m	27 Lb Pies
Pernos del sensor de posición del árbol de levas	12 N·m	106 lb pulg
Perno de retención del sensor de posición del cigüeñal	6.5 N·m	6.5 N·m
Perno de retención de la bobina de ignición del sistema electrónico de ignición	10 N·m	89 lb pulg
Pernos de módulo de control del motor	4 N·m	35 lb pulg
Perno del sensor de temperatura del refrigerante del motor	20 N·m	15 Lb Pies
Perno de la brida del depósito de emisión evaporación	20 N·m	15 Lb Pies
Cubierta protectora del depósito de emisión de evaporación	8 N·m	71 lb pulg
Perno del soporte del solenoide de purga del depósito de emisión evaporación	5 N·m	44 lb pulg
Perno del solenoide de ventilación de emisión evaporación	8.5 N·m	75 lb pulg
Pernos de retención de la válvula de recirculación de gas de escape	30 N·m	22 Lb Pies
Perno del ensamble del soporte de montaje del filtro de combustible	4 N·m	35 lb pulg
Tornillo de retención del regulador de presión de combustible	12 N·m	106 lb pulg
Pernos de retención del riel de combustible	25 N·m	18 Lb Pies
Pernos de retención del tanque de combustible	20 N·m	15 Lb Pies
Pernos de retención de la válvula de control de aire a ralentí	3 N·m	27 lb pulg
Perno del sensor de golpe	20 N·m	15 Lb Pies
Perno del soporte de montaje del sensor de presión absoluta del distribuidor	4 N·m	35 lb pulg
Pernos y tuercas de retención del sensor de presión absoluta del distribuidor	8 N·m	71 lb pulg
Perno del sensor de oxígeno	42 N·m	31 Lb Pies
Pernos del soporte de montaje del compresor de A/C trasero	35 N·m	26 Lb Pies
Pernos de la cubierta de la bujía	3 N·m	27 lb pulg
Tuercas de retención del cuerpo del acelerador	15 N·m	11 Lb Pies
Pernos de retención del sensor de posición del acelerador	2 N·m	18 lb pulg
Solenoide de sistema de inducción geometría variable	10 N·m	89 lb pulg

ANEXO G: DIAGRAMA ELECTRICO DE MOTOR DE ARRENQUE Y ALTERNADOR



ANEXO H: DIAGRAMA ELECTRICO DE LOS SENSORES CMP, CKP

