

**“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INYECCION PROGRAMABLE Y
TURBO EN UN CHEVROLET CORSA CON FINES DE COMPETENCIA
AUTOMOVILISTICA.”**

**JOSÉ LEONARDO GÓMEZ SUAREZ
Cod: 2011230105**

**HENRY LEGUIZAMO RAMIREZ
Cod: 2012230148**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ
2014**

**“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INYECCION PROGRAMABLE Y
TURBO EN UN CHEVROLET CORSA CON FINES DE COMPETENCIA
AUTOMOVILISTICA.”**

**JOSÉ LEONARDO GÓMEZ SUAREZ
Cod: 2009131061**

**HENRY LEGUIZAMO RAMIREZ
Cod: 2012230148**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR AL TITULO
DE INGENIERO MECANICO**

**ING CARLOS CRISTANCHO
COORDINADOR FACULTAD DE MECANICA AUTOMOTRIZ**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ
2014**

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo expresan sus agradecimientos especiales a:

Dios en primer lugar por brindarnos y concedernos la oportunidad de graduarnos como Ingenieros Mecánicos haciéndonos mejores personas y logrando esta meta propuesta hace 5 años.

A Nuestras familias las cuales nos apoyan en todas las metas y proyectos que contribuyan a nuestro crecimiento personal y profesional.

A la escuela colombiana de carreras industriales, por formarnos durante estos años como personas profesionales y éticas brindando a los estudiantes la más alta calidad de educación y teniendo los valores como base central de nuestra educación.

Agradecimientos especiales a la ingeniera Nohemy Bustacara Rodríguez, al vicerrector de nuestra Institución Mauricio Veloza Villamil y al Ingeniero Javier Endara Pinillos quienes compartieron sus conocimientos, experiencias y tiempo para el buen desarrollo y presentación del proyecto así como un acompañamiento desde el primer semestre, a ustedes muchas gracias.

Y por último a todo el personal logístico de la universidad ya que su trabajo es de gran ayuda e importancia en nuestro proceso de formación.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	4
1. INTRODUCCION	8
2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	9
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
3 JUSTIFICACION.....	9
4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
4.1 OBJETIVO GENERAL	10
4.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10
5. MARCO TEORICO	11
6. ESTADO DEL ARTE.....	20
7. LIMITACIONES	25
8. METODOLOGÍA.....	26
9. ESTUDIO, ANALISIS INGENIERIL Y TERMODINAMICO DEL MOTOR	58
10. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, ANALISIS Y COMPROBACION DE RESULTADOS.....	111
11. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	144
12. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	145
13. ELABORACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	146
14. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	147
15. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.	149
16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150
17. RESULTADOS.....	151
18. CONCLUSIONES.....	152
19. WEBGRAFIA	154

TABLA DE FIGURAS:

Fig. 1-1 Sistema De Inyección y Encendido	30
Fig. 1-2. Colector De Admisión Del Motor	32
Fig. 1-3 Elemento Superior Del Colector De Admisión	33
Fig. 1-4 Elemento Inferior Del Colector De Admisión	33
Fig. 1-5 Depurador De Aire Del Motor	34
Fig 1-6 VEHICULO EN CONDICIONES ORIGINALES	36
Fig. 1- 7 Curvas Características Del Motor Otto	38
Fig. 1-8 Caja De Interfaces Del Banco De Potencia	39
Fig. 1-9 Disposicion Del Sistema De Ventilacion	41
Fig 1-10 VEHICULO EN DINAMOMETRO	43
Fig. 1-11. Sincronización De La R.P.M	44
Fig. 1-12. Graficas De Potencia Y Par Del Motor En El Sistema Internacional	45
Fig. 1-13. Sonda Para Medición De Temperatura Del Aire	46
Fig. 1-14. Valores De La Temperatura Y Presión Del Aire	47
Fig. 1-15 Medidor De Comprensión	51
Fig. 9-1 Transformación De Energía Térmica	58
Fig. 9-2 Funcionamiento Del Motor De Cuatro Tiempos	60
Fig. 9-3 Diagrama Teórico Del Ciclo Otto	61
Fig. 9-4 Proceso De Trabajo De Un Motor De 4 Tiempos	62
Fig. 9-5 Punto De Referencia En El Cilindro De Combustión Interna	64
Fig. 9-6 Cilindrada Unitaria	67
Fig. 9-7 Volumen De La Cámara De Combustión	70
Fig. 9-8 Relación De Carrera A Diámetro En Un Motor	72
Fig. 9-9 Velocidad Del Pistón En Función De La Carrera	74
Tabla 9-1 Variación De La Densidad Del Aire Según La Altura Sobre El Nivel Del Mar	81
Fig. 9-10 Diagramas P-v Y T-s De Un Ciclo De Carnot	89
Fig. 9-11 Diagrama Real Del Motor De 4 Tiempos Encendido Por Chispa	93
Fig. 9-12 Diagrama De Ciclo Otto Ideal	94
Fig. 9-13 Medición De La Temperatura Del Aire De Admisión	95

Fig. 9-14 Valor De La Temperatura Del Aire De Admisión.	96
Fig. 9-15 Diagrama Teórico Del Motor Estándar.	109
Fig. 10-1 Determinación Del Estado Actual Del Vehículo Con Sobrealimentación.	111
Fig. 10-2 Obtención De Potencia Y De Par Motor	112
Fig.10-3 Graficas De Potencia Y Par Del Motor Sobrealimentado.	113
Fig. 10-4 Rango De Presión Del Aire De Admisión A Plena Carga.	114
Fig. 10-5 Temperatura Del Aire En El Colector De Admisión.	115
Fig. 10-6 Medición De Gases De Escape.	115
Fig. 10-7 Porcentaje De Gases De Escape Con El Sistema De Sobrealimentación.	116
Fig.10-8 Medición De Compresión En Cada Cilindro.	117
Fig.10-9 Lugar De Las Pruebas De Velocidad Con El Motor Modificado.	118
Fig. 10-10 Condiciones Ambientales Del Aire.	132
Fig. 10-11 Diagrama Teórico Del Motor Sobrealimentado.	141

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1. Manual De Datos Técnicos Del Motor	28
Tabla 1-2 Datos De Potencia Y Par De Motor	45
Tabla 1-3 Porcentaje De Monóxido De Carbono CO.	48
Tabla 1-3 Porcentaje De Monóxido De Carbono CO.	48
Tabla 1-4 Proporción De Hidrocarburos HC.	48
Tabla1-5 Proporción De Oxígeno O2	48
Tabla 1-6 Factor Lambda λ.	48
Tabla 1-7 Datos De Flujo De Combustible Y Aire En El Motor	49
Tabla 1-8 Límites Máximos De Emisión De Gases.	49
Tabla 1-9 Análisis De Los Gases De Escape Del Vehículo Según CDA.	50
Tabla 1-10 Medición De Compresión	52
Tabla 1-11 Valores De Porcentaje De Fugas.	54
Tabla 1-12 Tiempo Y Distancia Recorrida De 0 A 100 Km/h.	55
Tabla1-13 Tiempos Y Velocidad En Cada Relación De Marcha.	56
Tabla 1-14 Análisis De La Potencia Y Del Par Motor.	57

<u>Tabla 9-1 Variación De La Densidad Del Aire Según La Altura Sobre El Nivel Del Mar.....</u>	81
<u>Tabla 9-2 Valores Reales De Los Puntos Del Ciclo Otto Del Motor</u>	108
<u>Tabla 10-1 Datos De Potencia Y Par Motor.....</u>	113
<u>Tabla 10-2 Niveles Máximos De Gases De Escape.....</u>	116
<u>Tabla 10-3 Medición De Compresión.....</u>	117
<u>Tabla 10-5 Tiempo Y Distancia Recorrida De 0 A 100Km/h</u>	119
<u>Tabla 10-6 Tiempos Y Velocidades En Cada Relación De Marcha Del Motor Sobrealimentado.</u>	119

1. INTRODUCCION

Este proyecto consiste en realizar la modificación de un motor a gasolina el cual presenta poca potencia y desarrollo de velocidad en la ciudad y carretera obligando a exigir de manera constante el motor; por tal motivo se quiere realizar la instalación de un turbo alimentador acompañado de un sistema de inyección de combustible programable el cual de acuerdo a la programación logarítmica y eficiencia térmica del motor lograra el 50 % o más de potencia haciendo referencia directamente a los caballos de fuerza (HP) que trae el motor originalmente.

Para llevar a cabo esta modificación, instalación y desarrollo ingenieril del proyecto se deben reemplazar partes esenciales del motor y realizar los estudios e investigaciones necesarios buscando lograr la eficiencia deseada y poder desarrollar los estudios pertinentes demostrando teórica y prácticamente la funcionabilidad del proyecto, el referente teórico es la base principal utilizada la funcionabilidad y demostración del proyecto, también se debe tener en cuenta la modificación de las piezas las cuales no deben perder funcionabilidad ni rendimiento, algunas de esas partes son; múltiple de admisión y de escape, inyección electrónica, bomba de gasolina entre otros, también se agregan partes componentes tales como turbo, intercooler, regulador de gasolina, válvula de alivio, tubería de alta presión, líneas de combustible y refrigeración. La selección de estas partes componentes se realiza

según los estudios de flujo másico, cilindrada teórica, cubicaje de culata y eficiencia térmica, los instrumentos de medición de presión, mezcla de combustible y presión de carga del turbo, deben tener valor preestablecidos según el fabricante del motor para demostrar el correcto funcionamiento para la adaptación de este sistema es de gran importancia el buen estado del vehículo en este caso el Chevrolet corsa y conocer el funcionamiento del sistema a instalar así como su diseño detallado con las especificaciones necesarias para lograr el ajuste y desarrollo del proyecto, con el desarrollo, investigación e implementación de este sistema se quiere demostrar la posibilidad de mejorar notablemente el rendimiento de un motor el cual se encuentra en Bogotá donde la altura con respecto al mar es alta, en el caso puntual Bogotá se encuentra a 2600 metros de altura, el motor pierde el 1% por cada cien metros sobre el nivel del mar, este dato se obtiene gracias al desarrollo de estudios El vehículo tendrá participación en el Campeonato Nacional de Piques Cuarto de Milla en representación de la Universidad, El vehículo contará con el logo de la universidad ubicado en ambos costados del vehículo, dando a conocer que dicho proyecto se llevó a cabo en la institución gracias a los conocimientos adquiridos

a lo largo de la carrera, en cuanto a la mejoría del vehículo se espera poder competir en la categoría de 15 segundos.

El vehículo se presentaría a las directivas, investigadores y estudiantes el día de la sustentación dando evidencia del trabajo realizado como opción de grado. Además del prototipo se entregará el análisis térmico del sistema antes y después de la ejecución del proyecto, la eficiencia total adquirida después de la modificación, el diseño tridimensional del equipo instalado y la comparación en las curvas de torque y potencia antes y después de la implementación del sistema, además de los mapas de programación de la inyección y el análisis ingenieril de los resultados obtenidos.

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INYECCION PROGRAMABLE Y TURBO EN UN CHEVROLET CORSA CON FINES DE COMPETENCIA

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA AUTOMOVILISTICA.”

Como incrementar la potencia de un Chevrolet Corsa 1300 cm^3 , sin afectar su funcionalidad y confiabilidad? Para dar solución a la falta de potencia de un vehículo ubicado en la ciudad de Bogotá, y lograr mejorar sus prestaciones para participar en competencias automovilísticas se planteará a continuación la solución a la problemática propuesta así como el desarrollo y estudio de los componentes necesarios para dar solución a la problemática propuesta.

3 JUSTIFICACION

Partiendo del funcionamiento de un motor de combustión interna alimentado por gasolina y aire se puede llegar a la conclusión de que entre más aire y combustible se encuentre en la mezcla más potente será la explosión y por lo tanto la potencia desarrollada por el motor; conociendo esta información al realizar la instalación la ingeniera automotriz y aeronáutica se han desarrollado prototipos los cuales han obtenido grandes resultados en materia de eficiencia, economía y protección al medio ambiente. En este caso puntual la ingeniería mecánica para mejorar el rendimiento de los vehículos se ha incluido el turbo alimentador lo cual por medio del ingreso de aire a presión al motor se generara

mayor fuerza y desarrollo de potencia, los impactos de dicha modificación en el vehículo trae consigo ciertas ventajas y desventajas, las ventajas principales son la mejora de rendimiento del vehículo, mejor respuesta en conducción urbana y en carretera, menores emisiones de gases contaminantes, mayor confortabilidad de la conducción entre otros.

4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de inyección programable y un turbo alimentador en un Chevrolet corsa con fines de competencia automovilística.

4.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Evaluar el comportamiento térmico del motor del Chevrolet corsa antes y después de la ejecución del proyecto.
- ❖ Definir cuáles serán las modificaciones a realizar para el nuevo sistema de alimentación del motor
- ❖ Realizar los procedimientos mecánicos, electrónicos e investigativos para el desarrollo efectivo del sistema.
- ❖ Lograr que cada uno de los componentes seleccionados, sean funcionales y garanticen el buen desempeño del motor con el fin obtener el mayor rendimiento posible.
- ❖ Implementar en el vehículo el sistema de inyección y el turboalimentador de acuerdo a los estudios, investigaciones y diseño el sistema adecuado para aumentar la potencia en más de un 50%.
- ❖ Competir a nivel nacional en el campeonato nacional de piques cuarto de milla categoría 15 segundos en representación de la universidad, a partir del mes de octubre del presente año con el fin de demostrar el buen nivel presente en el proyecto.

5. MARCO TEORICO

La Potencia es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. Esto es equivalente a la velocidad de cambio de energía en un sistema o al tiempo empleado en realizar un trabajo.

Para un mejor entendimiento de esta definición se dice que a mayor potencia mayor capacidad de trabajo en la misma unidad de tiempo, lo que llevado a un vehículo que es nuestro caso significa (a iguales condiciones de aerodinámica haciendo referencia a el centro de gravedad altura, peso y desarrollos del cambio dando referencia a la caja de velocidades) mayor capacidad de empuje (para una aceleración mayor o una superior capacidad para vencer una subida por ejemplo, dentro de las unidades para medir la potencia de un vehículo encontramos El caballo de vapor, de símbolo CV en los manuales de usuario del vehículo, esta unidad de potencia, Se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente un peso de 75 kg-fuerza a la velocidad de 1 m/s dicha unidad es de gran uso en el continente europeo, también se encuentra caballo de fuerza, de símbolo HP, es la unidad de potencia más utilizada en el sistema anglosajón, esta unidad no tiene el mismo valor del CV.

Por lo tanto, ya se conoce las unidades de potencia en las cuales trabajaremos y las cuales nos ayudaran a tener un mejor entendimiento el vehículo en el cual trabajaremos tiene las siguientes características de potencia:

POTENCIA EN CV	POTENCIA EN KW	POTENCIA EN HP
97.3	70.61	96

Los anteriores son los valores de potencia que trae el vehículo a nivel de mar sin embargo se debe tener en cuenta que estos valores cambian de acuerdo a la altura donde se está , en nuestro caso el vehículo se encuentra a 2600 metros por encima de la superficie marítima, de acuerdo con los estudios que han desarrollado los fabricantes de vehículos a nivel mundial se ha determinado y comprobado la siguiente regla; todo motor de combustión interna pierde el 1% de potencia por cada 100 [3] metros por encima del nivel del mar, en el caso puntual del vehículo que presenta la problemática los valores de potencia varían notablemente arrojando los siguientes datos:

POTENCIA EN CV	POTENCIA EN KW	POTENCIA EN HP
76	55.16	75

De acuerdo a lo visto anteriormente en la tabla se puede observar la reducción notoria en la potencia del vehículo en la ciudad de Bogotá dado que los motores

de combustión interna tienen sistemas de admisión y de inyección de combustible volumétricos, la altitud modifica el ciclo termodinámico de operación, y en consecuencia las prestaciones.

Por tal motivo se ha decidido dar solución a este problema instalando un sistema de turbo alimentación el cual aumente en un 50 % la potencia del vehículo. En la actualidad este problema de la pérdida de potencia es reducido en cierta forma por la ayuda de sensores y tecnología electrónica aplicada al automóvil en la actualidad con el sistema OBDII se trató de enmendar ese error con los sensores MAP (manifold absolute pressure) y con el sensor BARO este último controla la altura a la que está el vehículo y envía una señal a la computadora para poder controlar la entrega del combustible, la chispa para poder mantener la potencia y no aumentar la emisión de gases contaminantes [4], algunas de las convenciones dadas para estos sensores son las siguientes.

5.1 Sensores depresión Absoluta del Múltiple (MAP, BAR, MDP, BPS)

Su funcionamiento radica en la Obtención de información sobre los cambios en la presión atmosférica, en el vacío del motor y en el múltiple de admisión, enviando una señal a la computadora para que pueda controlar el tiempo de ignición y ajustar la mezcla de aire.

Ahora que se conoce la problemática involucrada en el sistema a continuación encontrará una definición específica de cada parte componente del sistema de turbo alimentación e inyección programable que se instalara en el vehículo, haciendo énfasis en el turbo alimentador, su funcionabilidad y su mantenimiento.

5.2 EL TURBOCOMPRESOR

Tiene la particularidad de aprovechar la fuerza con la que salen los gases de escape para impulsar una turbina colocada en la salida del colector de escape, dicha turbina se une mediante un eje a un compresor. El compresor está colocado en la entrada del colector de admisión, con el movimiento giratorio que le transmite la turbina a través del eje común, el compresor eleva la presión del aire que entra a través del filtro y consigue que mejore la alimentación del motor. El turbo impulsado por los gases de escape alcanza velocidades por encima de las 100.000 rpm, por tanto, hay que tener muy en cuenta el sistema de engrase

de los cojinetes donde apoya el eje común de los rodets de la turbina y el compresor. También hay que saber que las temperaturas a las que se va a estar sometido el turbo en su contacto con los gases de escape van a ser muy elevadas (alrededor de 750 °C). [5]

5.2.1. Ciclos de funcionamiento del turbo

Funcionamiento a ralentí y carga parcial inferior: En estas condiciones el rodete de la turbina de los gases de escape es impulsada por medio de la baja energía de los gases de escape, y el aire fresco aspirado por los cilindros no será pre comprimido por la turbina del compresor, simple aspiración del motor.

Funcionamiento a carga parcial media: Cuando la presión en el colector de aspiración (entre el turbo y los cilindros) se acerca la atmosférica, se impulsa la rueda de la turbina a un régimen de revoluciones más elevado y el aire fresco aspirado por el rodete del compresor es pre comprimido y conducido hacia los cilindros bajo presión atmosférica o ligeramente superior, actuando ya el turbo en su función de sobrealimentación del motor.

Funcionamiento a carga parcial superior y plena carga: En esta fase continua aumentando la energía de los gases de escape sobre la turbina del turbo y se alcanzara el valor máximo de presión en el colector de admisión que debe ser limitada por un sistema de control (válvula de descarga). La máxima presión que no debe sobrepasar los 0,9 bar en los turbos normales y 1,2 en los turbos de geometría variable.

5.2.2 Constitución.

Los elementos principales que forman un turbo son el eje común que tiene en sus extremos los rodets de la turbina y el compresor este conjunto gira sobre los cojinetes de apoyo, los cuales han de trabajar en condiciones extremas y que dependen necesariamente de un circuito de engrase que los lubrica, Por otra parte el turbo sufre una constante aceleración a medida que el motor sube de revoluciones y como no hay límite alguno en el giro de la turbina empujada por los gases de escape, la presión que alcanza el aire en el colector de admisión sometido a la acción del compresor puede ser tal que sea más un inconveniente que una ventaja a la hora de sobrealimentar el motor. Por lo tanto se hace necesario el uso de un elemento que nos limite la presión en el colector de admisión. Este elemento se llama válvula de descarga o válvula waste gate.

5.2.3 Temperatura de funcionamiento

En un turbo varían las temperaturas, teniendo en cuenta que la parte de los componentes que están en contacto con los gases de escape pueden alcanzar temperaturas muy altas (650 °C), mientras que los que están en contacto con el aire de aspiración solo alcanzan 80 °C. Estas diferencias de temperatura concentrada en una misma pieza (eje común) determinan valores de dilatación diferentes, lo que comporta las dificultades a la hora del diseño de un turbo y la elección de los materiales que soporten estas condiciones de trabajo adversas.

El turbo se refrigera en parte además de por el aceite de engrase, por el aire de aspiración cediendo una determinada parte de su calor al aire que fuerza a pasar por el rodete del compresor. Este calentamiento del aire no resulta nada favorable para el motor, ya que no solo dilata el aire de admisión de forma que le resta densidad y con ello riqueza en oxígeno, sino que, además, un aire demasiado caliente en el interior del cilindro dificulta la refrigeración de la cámara de combustión durante el barrido al entrar el aire a una temperatura superior a la del propio refrigerante líquido.

Los motores de gasolina, en los cuales las temperaturas de los gases de escape son entre 200 y 300°C más altas que en los motores diésel, suelen ir equipados con carcasas centrales refrigeradas por agua. Cuando el motor está en funcionamiento, la carcasa central se integra en el circuito de refrigeración del motor. Tras pararse el motor, el calor que queda se expulsa utilizando un pequeño circuito de refrigeración que funciona mediante una bomba eléctrica de agua controlada por un termostato.

5.2.4 Regulación de la presión del turbo

Para evitar el aumento excesivo de vueltas de la turbina y compresor como consecuencia de una mayor presión de los gases a medida que se aumenten las revoluciones del motor, se hace necesaria una válvula de seguridad (también llamada: válvula de descarga o válvula waste gate). Esta válvula está situada en derivación, y manda parte de los gases de escape directamente a la salida del escape sin pasar por la turbina. La válvula de descarga o wastegate está formada por una cápsula sensible a la presión compuesta por un muelle, una cámara de presión y un diafragma. El lado opuesto del diafragma está permanentemente condicionado por la presión del colector de admisión al estar conectado al mismo por un tubo. Cuando la presión del colector de admisión supera el valor máximo de seguridad, desvía el diafragma y comprime el muelle

de la válvula despegándola de su asiento. Los gases de escape dejan de pasar entonces por la turbina del turbo (pasan por el bypass) hasta que la presión de alimentación desciende y la válvula se cierra.

La presión máxima a la que puede trabajar el turbo la determina el fabricante y para ello ajusta el tarado del muelle de la válvula de descarga. Este tarado debe permanecer fijo a menos que se quiera intencionadamente manipular la presión de trabajo del turbo, como se ha hecho habitualmente. En el caso en que la válvula de descarga falle, se origina un exceso de presión sobre la turbina que la hace tomar cada vez más revoluciones, lo que puede provocar que la lubricación sea insuficiente y se rompa la película de engrase entre el eje común y los cojinetes donde se apoya. Aumentando la temperatura de todo el conjunto y provocando que se fundan los componentes.

Para la modificación de la presión de soplado del turbo Garrett T2 se usa una válvula de operación manual situada en el habitáculo del vehículo la cual debe trabajar en conjunto con el reloj que señala la presión de operación del turbo.

5.2.5 Recomendaciones de mantenimiento.

El turbocompresor está diseñado para durar lo mismo que el motor. No precisa de mantenimiento especial; limitándose sus inspecciones a unas comprobaciones periódicas. Para garantizar que la vida útil del turbocompresor se corresponda con la del motor, deben cumplirse de forma estricta las siguientes instrucciones de mantenimiento del motor que proporciona el fabricante:

- ❖ Intervalos de cambio de aceite
- ❖ Mantenimiento del sistema de filtro de aceite
- ❖ Control de la presión de aceite
- ❖ Mantenimiento del sistema de filtro de aire

El 90% de todos los fallos que se producen en turbocompresores se debe a las siguientes causas:

- ❖ Penetración de cuerpos extraños en la turbina o en el compresor
- ❖ Suciedad en el aceite
- ❖ Suministro de aceite poco adecuado (presión de aceite/sistema de filtro)
- ❖ Altas temperaturas de gases de escape (deficiencias en el sistema de encendido/sistema de alimentación).

5.3 INTERCOOLER

Para evitar el problema del aire calentado al pasar por el rodete compresor del turbo, se han tenido que incorporar sistemas de enfriamiento del aire a partir de intercambiadores de calor (intercooler). El intercooler es un radiador que es enfriado por el aire que incide sobre el coche en su marcha normal. Por lo tanto se trata de un intercambiador de calor aire/aire a diferencia del sistema de refrigeración del motor que se trataría de un intercambiador agua aire. Con el intercooler (se consigue refrigerar el aire aproximadamente un 40% desde 100°C-105°C hasta 60°C- 65°C) [6]. El resultado es una notable mejora de la potencia y del par motor gracias al aumento de la masa de aire (aproximadamente del 25% al 30%). Además se reduce el consumo y la contaminación.

5.4 REGULADOR DE GASOLINA:

Su función primordial es trabajar con el vacío producido por el motor y simplemente regula la presión pre establecida de fábrica para la inyección de gasolina por medio de los inyectores o en nuestro caso el carburador haciendo que el abanico o mariposa de gasolina (pulverizada) sea de mayor grado o menor según la presión. El exceso de combustible en la el carburador o sistema de alimentación es retornada al tanque de gasolina y conforma una retroalimentación continua. En nuestro caso se utilizara un regulador especialmente diseñado para vehículos con turbo o inyección programable, esto con el fin de aumentar el caudal de combustible al cilindro cuando exista una mayor presión positiva en el múltiple de admisión el cual se interconectan mediante mangueras o líneas hacia la unidad reguladora la cual corta en gran medida o completamente el retorno de gasolina hacia el tanque de combustible.

5.5 VÁLVULA DE ALIVIO:

Este dispositivo de gran importancia en el buen funcionamiento del sistema de turbo alimentación como su nombre lo dice esta válvula cumple con la función de aliviar las presiones presentes en el múltiple de admisión, este mecanismo de alivio consiste en un tapón que mantiene cerrado el escape en nuestro caso de aire. Un resorte conserva este tapón en posición evitando que el fluido se escape de la tubería. Cuando la presión interna del aire supera la presión del resorte el tapón cede y el fluido es expulsado a través del escape. Una vez que la presión interna disminuye el tapón regresa a su posición original. El umbral de presión que determina el punto de liberación del fluido se ajusta aumentando o reduciendo la presión que el resorte ejerce sobre el tapón con un tornillo que lo atraviesa por su centro con esto se evita el ingreso excesivo de aire a la cámara lo cual podría causar una explosión interna del motor generando daños de grandes magnitudes, además de su función primordial también son de gran uso debido a su tradicional silbido el cual llama la atención de quienes la escuchan.

5.6 BOMBA DE COMBUSTIBLE:

Este componente del sistema de inyección es el encargado de producir la presión de gasolina requerida en el sistema y los inyectores, en nuestro caso será la encargada de alimentar el carburador como toda pieza esta puede producir fallas en el motor, no tan graves, pero si es desagradable quedarse varado en el sitio o momento menos deseado, Las bombas eléctricas por lo general trabajan sumergidas en el tanque donde succionan la gasolina y la envían al sistema, pero antes tiene que ser purificada, primero por el filtro interior que está ubicado en la entrada de la bomba, para evitar que el mugre o residuos que se encuentran dentro del tanque dañe la bomba, éste filtro cumple una función muy importante, sin embargo por lo general no se le toma muy en cuenta su debido mantenimiento y es una de las causas del daño en la bomba eléctrica; cuando la gasolina sale del tanque también tiene que pasar por el filtro externo, el cual atrapa las impurezas que podrían llegar al regulador y carburador produciendo fallas del motor, también este filtro puede ser causante del daño de la bomba ya que al estar obstruido produce una contra presión en el sistema y la bomba trabaja forzada acortando su vida.

5.7 FILTRO DE ALTO FLUJO:

Es un elemento de dos funciones las cuales son primordiales en el buen funcionamiento y mantenimiento preventivo del vehículo, refiriéndonos a lo mencionado anteriormente su función es la de permitir la entrada de aire de una manera más rápida que un filtro convencional, pero a su vez filtrar y resistir la suficiente succión generada por el turbo y purificar el aire de toda impureza la cual pueda ocasionar fallas en el vehículo.

5.8 RELOJERÍA DEL TURBO:

Durante el proceso de instalación y posteriormente en el uso del vehículo es de gran importancia tener los indicadores los cuales nos indicaran por medio de sus lecturas el estado en el que se encuentra funcionando el vehículo, dentro de estos indicadores encontramos tres relojes los cuales cumplen con las siguientes funciones, reloj de boost es el encargado de dar la lectura de la carga en PSI del turbo es decir la cantidad de libras con las que está funcionando el sistema, el reloj de mezcla es el encargado de dar lectura acerca de cómo se encuentra la mezcla dentro del múltiple, indica si es rica o pobre según el régimen de revoluciones que maneje, y por ultimo encontramos el reloj de presión de aceite el cual nos da una lectura importante en el sistema de lubricación del vehículo y del turbo. Todos son de gran importancia en el sistema y sus lecturas permitirán determinar las fallas que pueda llegar a presentar el sistema.

Las anteriores son las partes componentes principales del sistema de turbo alimentación el cual será implementado en el vehículo de acuerdo a los resultados obtenidos por los cálculos, Con esta información podemos encontrar datos técnicos, funcionabilidad, confiabilidad costo, durabilidad, entre otros para empezar mencionaremos los datos técnicos los cuales deben estar en sincronía con las características del vehículo la instalación del sistema tendrá una duración aproximada de 30 Días, luego del correcto desarrollo y análisis de los resultados obtenidos, ensamble y adaptación del sistema se espera poder realizar las pruebas las cuales determinaran el éxito del prototipo y comprobar que el vehículo se encuentra en condiciones de competir con normalidad el costo aproximado del prototipo es de nueve millones de pesos aunque si realizara una producción de más de veinte ejemplares el precio reduciría notablemente, ya que se podrían comprar los componentes a precio por mayor. El sistema base en el cual se trabajara fue diseñado en los tiempos de la segunda guerra mundial por

Roll Royce quien realizo la implementación de este sistema en los aviones , luego BMW implanto este prototipo de desarrollo para competir en la carrera de Lemans donde determino que la duración aproximada del sistema es de 200000 kilómetros sin perder desempeño siempre y cuando se le realicen los debidos mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos y siempre y cuando se sigan la recomendaciones dadas por el fabricante para las piezas del sistema.

6. ESTADO DEL ARTE.

6.1 Nivel Universitario

TESIS DE TURBOCOMPRESOR

Los técnicos egresados Cesar García Cruz, Wilson Insuasty torres, Saúl Neira Ávila, determinaron por medio de la investigación desarrollada en su tesis la cual fue realizada en Santafé de Bogotá en el año 1994, aportando el siguiente concepto acerca de la turbo alimentación:

“La característica principal de ser arrastrado por una energía que no puede aprovecharse de otro modo hace que su accionamiento resulte gratuito en cuanto al balance de la potencia del motor”...

“De modo que es fácil por este sistema tener buenos aumentos de presión de admisión sin ningún corte energético adicional”.

“El turbo compresor es un compresor de aire, propulsado por los gases de escape. El propósito del turbocompresor es aumentar el suministro de aire a los cilindros y quemar así más combustible lo que a su vez produce mayor potencia.”

Siendo el propósito de él turbocompresor por medio de los gases de escape producidos por la quema de una mezcla aire combustible aprovechar la presión de salida de estos, para que entren en el turbocompresor y hagan girar una hélice la cual generara un caudal de aire hacia la admisión del motor para aumentar el volumen de llenado del cilindro lo cual trae como consecuencia con un aumento de potencia, para darle un mejor desarrollo al vehículo en cuanto a velocidad final y torque mejorando notablemente su respuesta en condiciones de trabajo, para el debido funcionamiento de este sistema se debe contar con los materiales y componentes necesario para la resistencia de cargas y desarrollo de velocidades los vehículos que traen este sistema incorporado están diseñados para el correcto uso del mismo, si se quiere instalar en un vehículo se deben tener en cuenta factores de relación de compresión, materiales, originalidad de partes del motor entre otros.

Tesis De Trucado Y Aumento De Cilindrada De Motores De Cuatro Tiempos

Realizada en el año 2002 en la ciudad de Bogotá por los técnicos Walter Contreras Ibagón, Ricardo Castebianco, Gonzalo A Pérez s, Alejandro pulido.

“La superficie interior de la cámara de combustión adquiere la forma más adecuada, pues la aerodinámica interna constituye un factor esencial para el desarrollo de la combustión y, en consecuencia, para el rendimiento térmico, así como el posicionamiento de la bujía”

Además de una buena limpieza a la culata, se le procede a realizar el porteo en la culata con el fin de mejorar y facilitar la entrada aire a la cámara de combustión y salida de los gases de la misma.

También con el fin de mejorar su hermeticidad se le hace una rectificación, además de estandarizar la medida de la culata, ya que con el efecto de funcionamiento del turbo compresor se aumentara la presión de entrada de aire por lo tanto es necesario enfatizar los resultados en las mediciones de la cámara de combustión y la capacidad volumétrica de los pistones para con esto poder llegar a una relación de compresión adecuada para el funcionamiento y confiabilidad del sistema de alimentación. En los motores de gasolina el proceso de alimentación comienza con el vacío que ejercen los pistones en su movimiento descendente. Es como imaginarse una jeringa donde el pistón haría el papel de émbolo, y el cilindro o camisa sería la parte externa de la jeringa. Si el émbolo se desplaza hacia abajo en la jeringa mientras usted tapa el hueco en la parte superior, sentirá el vacío que se ejerce sobre la piel de su dedo. De ésta forma en lugar de succionar la piel, el pistón en los motores ejerce un vacío para la entrada del aire mezclado con la gasolina y así llenar los cilindros. Luego se comprime sube el pistón salta la chispa del encendido ocurre la explosión y finalmente, salen libres los gases de escape. Pero el pistón en el momento de descender y hacer vacío logra meter una cantidad de mezcla proporcional a la presión atmosférica presente donde el motor está trabajando (esto es algo de la llamada eficiencia volumétrica). Lo cual se puede mejorar con la instalación de un sistema de turbo alimentación dando un mejor llenado de mezcla a los cilindros.

6.2 Nivel nacional

Para entender mejor la técnica de la turbo alimentación, conviene familiarizarse con los principios de funcionamiento del motor de combustión interna. En la actualidad, la mayoría de los motores diésel de vehículos comerciales y turismos son motores de pistones de cuatro tiempos regulados por válvulas de admisión y escape. Un ciclo operativo se compone de cuatro tiempos durante dos vueltas completas del cigüeñal.

ISSN 0395-203

TURBOTEC RACING SYSTEMS

Nuestro Trabajo está regido por Parámetros Internacionales estrictos de Fabricación del TURBO, otorgando un servicio de Mantenimiento y de Reparación de turbo alimentadores de grandes marcas reconocidas a nivel mundial, tales como: GARRETT - HOLSET - SCHWITZER - K.K.K., las que son utilizados por reconocidas e importantes marcas de vehículos: Mercedes Benz - Scania - Volvo - Mack - Perkins - Caterpillar -Detroit.

TURBOTEC: Consta de la más alta tecnología para poder brindar una Reparación de Confianza, Durabilidad y Calidad. Podemos ver como hay empresas interesadas en este tema de la turbo alimentación como ejemplo tenemos a turbotec la cual es una empresa dedicada a el mantenimiento, montaje de este sistema, pero no solo es esto sino que también ofrece servicios a grandes fabricantes de vehículos lo cual lo hace una empresa reconocida.

Claudio Rozo: Somos expertos en servicio de diagnóstico, mantenimiento y reparación de vehículos carburados fuel inyection. Diseño, preparación y asistencia en pista de vehículos de competencia. Contamos con personal entrenado de alta experiencia. Este taller es uno de los más reconocidos de la ciudad de Bogotá ya que ofrece varios servicios, es un taller confiable además de eso ofrece servicios como el de dinamómetro que no es muy usual ver este servicio en Bogotá. También ofrece servicio de trucaje de motores para competición y alistamiento de los mismos, entre otros servicios.

6.3 Nivel mundial

Implementación turbo en motores Audi durante 100 años de ensamble

A lo largo de más de 80 años de historia de Audi como constructor de automóviles, un modelo se ha distinguido por encima de los demás por la influencia que ha tenido sobre el desarrollo de posteriores modelos: es el Audi 100. El Audi 100, lanzado al mercado por primera vez en noviembre de 1968, situó a la marca de los cuatro aros entre los constructores más destacados del continente, e hizo que la compañía se distinguiera por ser un fabricante de coches de gran calidad.

Con el fin de diseñar una carrocería para el Audi 100 con un peso mínimo, se utilizó por primera vez un proceso de cálculo informático mediante análisis de elementos finitos. Para ahorrar materiales y reducir el peso en la medida de lo posible, se calculó el esfuerzo que debería soportar cada elemento del coche de forma individual.

ISSN 0395-203

La mayor contribución a estos resultados fue la realizada por el Audi 100 sedan de dos puertas, que salió al mercado en 1969, y por el modelo Coupé S que hizo su primera aparición en el Salón del Automóvil de Francfort de ese mismo año. Este atractivo Coupé disponía de 84 Kw (115 CV).que desarrollaba su motor de 1,9. Se vendieron aproximadamente 30.000 ejemplares de este espacioso Coupé y en estos momentos el vehículo se ha convertido en un codiciado clásico entre los amantes de los automóviles de todas las épocas.

Para conseguir estos logros, los ingenieros de Audi han conseguido de forma repetida aportar importantes beneficios para el cliente y han conseguido con éxito plasmarlos en las producciones en serie. En algunos casos este es un proceso que requirió un determinado tiempo, como por ejemplo fue el caso de la incorporación en un turismo del primer motor diesel de inyección directa. El TDI necesitó quince años de intensivo trabajo de desarrollo antes de que estuviera preparado para su producción en 1989. La aparición de este motor causó un gran impacto en muchas partes del mundo, dado que el motor diesel de inyección directa Audi esa capaz de proporcionar un extraordinario ahorro de consumo de combustible, y este es un aspecto que los clientes supieron apreciar. En estos momentos uno de cada cinco vehículos de los modelos Audi 100/100 Avant que se vende incorpora este motor turbo diesel de inyección directa y cinco cilindros, potente y con un consumo muy reducido.

Al igual que sus predecesores, este Audi 100 fue un éxito de ventas. En el aspecto técnico, el nuevo modelo presentaba un motor V6 diseñado para ofrecer

una gran entrega de potencia. Este motor está ahora disponible en dos versiones: con 2,6 litros y 100 kW (150 CV), o con 2,8 litros y 128 kW (174 CV). Una característica interesante de la unidad de 2,8 litros es su estudiado sistema de admisión capaz de conseguir una gran entrega de potencia en una amplia gama de revoluciones. La actual generación del Audi 100 ha dado lugar a una amplia familia de modelos que ofrece una extensa posibilidad de elección para los clientes. En total existen cinco opciones de motor de gasolina y dos versiones diesel altamente económicas. La gama incluye un total de diez modelos Audi 100 y nueve modelos Audi 100 Avant, estando disponible la tracción Quattro para las opciones de los tres motores más potentes. En la parte superior de la gama Audi 100 hay dos motores diseñados para proporcionar el máximo rendimiento: el Audi S4 está impulsado por un motor de cinco cilindros con sobrealimentación 2,2 litros y 20 válvulas capaz de desarrollar 169 kW (230 CV) y el Audi S4 4.2 que presenta la versión de motor V8 con 4,2 litros de capacidad, y que es el motor superior de la gama. El V8 pone de manifiesto el amplio abanico de alternativas de que dispone la actual gama Audi 100.

7. LIMITACIONES

Las limitaciones de este proyecto consisten en el presupuesto disponible para realizar las actividades, los tiempos establecidos por la universidad para presentar y sustentar el trabajo de grado y por último la completa funcionalidad del vehículo para la competencia automovilística desde la temporada 2013 hasta la temporada 2014, a continuación se dan a conocer los datos del vehículo en su condición estándar.

Datos del vehículo:

Marca: Chevrolet

Línea: corsa

Modelo: 1999

Cilindraje: 1298 cm³

Numero de cilindros: 4

Alimentación: inyección electrónica multipunto

Caballos de fuerza: 84

Peso: 980 kilogramos

8. METODOLOGÍA:

Como punto de partida de nuestro proyecto de investigación, se analizará lo que concierne al estado actual del motor, además, se estudiará las características técnicas y constructivas del mismo, lo que se logrará por medio de las pruebas prácticas o físicas y por medio de los datos termodinámicos e ingenieriles dados por el fabricante, de esta manera se podrá determinar si el motor está en las condiciones de ser modificado y de poseer un sistema de sobrealimentación.

Los valores que se obtengan con las pruebas prácticas podrán ser comparados con los valores teóricos dados por el fabricante, y así se podrá conocer la eficiencia del motor en realidad. Además, todos los valores reales que sean obtenidos en este capítulo, podrán ser comparados con los valores que se obtengan una vez que el vehículo haya sido modificado para establecer finalmente si se han cumplido con los objetivos planteados y poder realizar los cálculos necesarios.

Como parte importante dentro de las pruebas prácticas para determinar el estado del motor antes de ser modificado, está la obtención del dato de potencia y el par del motor máximos, medidos directamente en la rueda del motor con la ayuda de un Banco dinamométrico; los valores obtenidos son de gran ayuda en el momento de establecer las condiciones reales del motor y para determinar la disminución de potencia que el vehículo posee comparando estos valores con los datos teóricos y en el caso puntual por la ubicación geográfica de Bogotá. La potencia y el par máximo permiten realizar los cálculos matemáticos con datos reales en los capítulos siguientes y así, finalmente poder realizar correctamente la selección de turbocompresor y la selección de los diferentes elementos para el sistema de sobrealimentación y para los sistemas auxiliares del motor.

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS REALES DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR Y ANALISIS DEL ESTADO ACTUAL

8.1. ESPECIFICACIONES TEORICAS DEL MOTOR

Las especificaciones técnicas de un motor independientemente del tipo de funcionamiento o del tipo de combustible que utiliza, son todos los datos y valores teóricos dados por el fabricante; estos datos son obtenidos por medio de bancos de pruebas y por diferentes sistemas en laboratorios, en donde las condiciones en las que se realizan las pruebas son manipuladas por los ingenieros de acuerdo a las conveniencias y a los requerimientos de cada constructor.

Como requerimiento para realizar la implementación del sistema de sobrealimentación en un motor de combustión interna, es necesario conocer los datos técnicos del motor, esto permite comparar los valores teóricos del funcionamiento del motor y sus diferentes sistemas (sistemas de: alimentación de aire, inyección y escape), con los valores o datos prácticos que se obtengan en las diferentes pruebas siendo estos valores considerados como los valores o datos reales del funcionamiento del motor.

8.1.1 DATOS TECNICOS Y TEORICOS DEL MOTOR.

Para la implementación del sistema de sobrealimentación se utiliza un motor, cuyos datos técnicos y sus características se dan a conocer en la siguiente tabla; cabe destacar que los valores y datos que se dan a conocer son datos dados por el fabricante.

Tabla 1-1.Manual De Datos Técnicos Del Motor

Marca		OPEL
Modelo		1999
Tipo		OHC
Sistema de inyección		MPFI
Orden de encendido		1-3-4-2
Cilindrada	<i>cm³</i>	1598
Diámetro del pistón	<i>mm</i>	79
Carrera	<i>mm</i>	86.4
potencia	<i>cv(kw)/rpm</i>	99.0(73.0)/5250
Par	<i>Nm(mkgf)/rpm</i>	152.0(15.5)/300
Relación de compresión		10:1
Régimen de ralentí	<i>1/min</i>	900-1000
Limitaciones de régimen	<i>rpm</i>	700
Válvulas de régimen		1 Hidráulica
Válvulas de escape		1 Hidráulica
Arranque y Carga		
Voltaje Batería	V	12
Capacidad De Reserva De La Batería		85
Amperios Por Hora De La Batería	<i>Ah</i>	54
Amperaje Máximo De Arranque	A	146-178
Rendimiento Del Alternador	<i>A/V/rpm</i>	70/14/300
Sistema De Inyección y Encendido		
Encendido		MARELLI 1AVP
Control De Detonación		1 Sensor de detonación
Autodiagnóstico		si
Bujías		101 000 035 AE
Presión De Combustible		2.5 Bar
Presión Retención De Combustible		2 Bar
Angulo Mariposa Estado De Carga		0°
Regulaje lambda		1 sonda
Tensión De Sonda lambda		>0.3V
Catalizador		Si
Inyectores		
Código De Fabrica		N30..N33
Resistencia		15-20Ω
Hermeticidad(en pruebas)	gotas/min	≤ 2
Unidad De Control Del Motor		
Sistema		MARELLI 1AVP
Límite De rotación	<i>r.p.m</i>	Desde 6500
Encendido	GradosAPMS	9.0
Contenido De CO	<i>% VOL</i>	0.3 - 0.6
Sistema De Refrigeración		
Temperatura LíquidoRefrigerante	°C	90
Apertura De Válvula Termostáticas	°C	85 - 89

Fin De Abertura De La Válvula T	°C	102
Sistema De Lubricación		
Temperatura Del Aceite Del Motor	°C	80
Presión Del Sistema	bar	2.0 a 2000 rpm

Fuente: Manual De Datos: CARTUNER PERFORMANCE Bogotá.

8.1.1. CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE ADMISION, UNIDAD DE INYECCION Y ESCAPE.

Dentro del análisis de las características y datos técnicos originales del motor, es importante también tener en cuenta el estudio de los Sistemas de Admisión y Escape que permiten el funcionamiento adecuado del motor. Dentro de estos Sistemas se encuentra el Sistema de Inyección, Admisión de Aire y Escape; de los cuales más adelante se darán a conocer aspectos de cada sistema y enfocados directamente en el motor a modificar, esto se debe a que para implementar el sistema de sobrealimentación se realiza un estudio de los Sistemas originales, con el fin de por medio de la parte matemática y analítica, determinar los requerimientos y modificaciones que se deben realizar en cada uno de los sistemas antes mencionados.

8.1.1.1. Análisis Del Sistema De Admisión

8.1.1.1.1. Localización De Componentes Del Sistema De Alimentación.

A continuación se da a conocer la ubicación de los componentes que forman parte del sistema de alimentación del motor perteneciente al Opel corsa con sistema de inyección MPFI:

Fig. 1-1 Sistema De Inyección y Encendido



Fuente: Manual De Datos Técnicos Del Motor, Record Motor; 2002.

8.1.1.1.2 Características De La Unidad De Control (ECU):

La computadora del vehículo está dotada con la función de diagnóstico es por esto que antes de realizar una reparación o modificación se debe verificar que no existan códigos de averías.

Esto se debe tener en cuenta al realizar Modificaciones o reparaciones en la unidad de inyección, ya que el motor puede arrancar un instante y luego apagarse, esto se debe a que la computadora registro algún error y protege el motor siendo necesario consultar la memoria de averías,¹

Las tuberías que el sistema de inyección posee en ocasiones tienen la presencia de aire en su interior debido al deterioro en los empalmes. Es importante mencionar que para el perfecto funcionamiento de los componentes eléctricos se necesita una tensión mínima de **11.5v**.²

¹RECORDMOTOR, Manual De Datos técnicos del motor, Brasil, 2002.p 24-5,24-6.

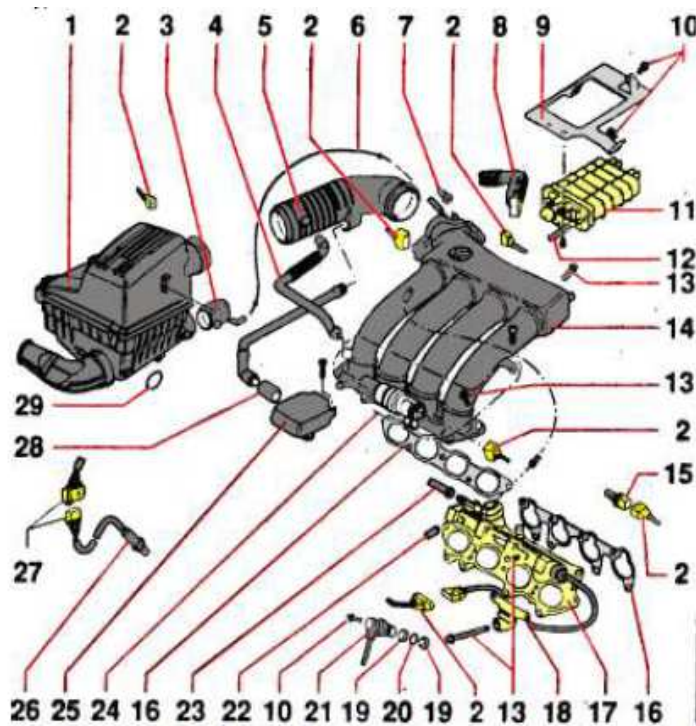
² RECORDMOTOR, Manual De Datos técnicos del motor, Brasil, 2002.p 24-5,24-6.

8.1.1.1.3 Componentes Para La Admisión De Aire.

A continuación se dará a conocer los componentes para la admisión de aire para la alimentación del motor, además, en caso de ser necesario, se indicara ciertas características de cada elemento:

1. Filtro de aire
2. Conector
3. Aspiración de aire caliente (no instalada para venta en Colombia)
4. Tubo de unión
5. Tubo flexible de aspiración
6. Tubería de alivio
7. Depósito de carbón activo.
8. Conectores
9. Soportes
10. Tornillos.
11. Unidad de control Tubo flexible de depresión
12. Tornillo de ajuste
13. Elemento superior del colector de admisión
14. Transmisor de temperatura de líquido refrigerante
15. Junta
16. Elemento inferior del colector de admisión
17. Soporte para conector de 5 polos
18. Anillos de apoyo
19. Empaque O ring
20. Trasmisor de régimen de motor
21. Tubo de alimentación
22. Tubo de retorno dirigido hacia el depósito de combustible
23. Cubierta
24. Válvula PCV
25. Sonda lambda ubicada en el tubo de escape delantero
26. Conector de 4 cables para zona lambda y calefacción de la sonda
27. Tubo flexible de unión
28. Anillo soporte

Fig. 1-2. Colector De Admisión Del Motor



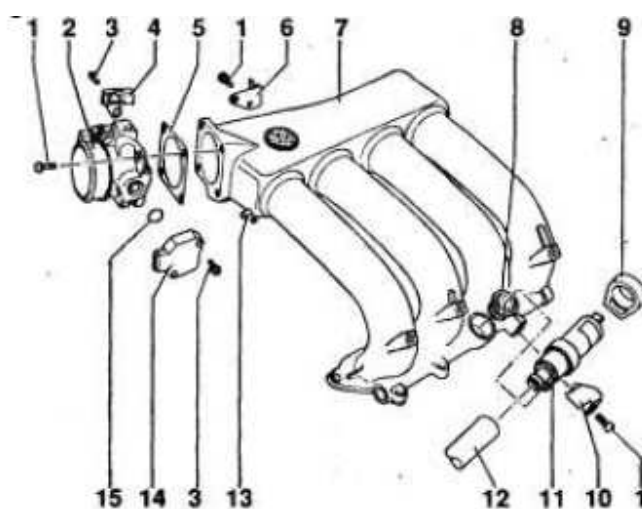
Fuente: Manual De Datos Técnicos Del Motor, RecordMotor, 2002.

8.1.2.1.1 Elemento Superior Del múltiple De Admisión.

Está constituido por los siguientes elementos que se indican a continuación.

- | | |
|---|--|
| 1 Tornillo de ajuste | 9 Anillo de apoyo para la válvula IAC |
| 2 Unidad de válvula de mariposa | 10 Soporte para válvula IAC |
| 3 Tornillo ajuste | 11 Válvula estabilizadora IAC. |
| 4 Válvula IAC | 12 Tubo flexible de unión. |
| 5 Empaque | 13 Empalme para regular la presión de combustible. |
| 6 Soporte para el cable de mando del acelerador | 14 Potenciómetro de la mariposa |
| 7 Entrada cuerpo de aceleración | 15 Empaque O ring |
| 8 O ring de goma | |

Fig. 1-3 Elemento Superior Del Colector De Admisión

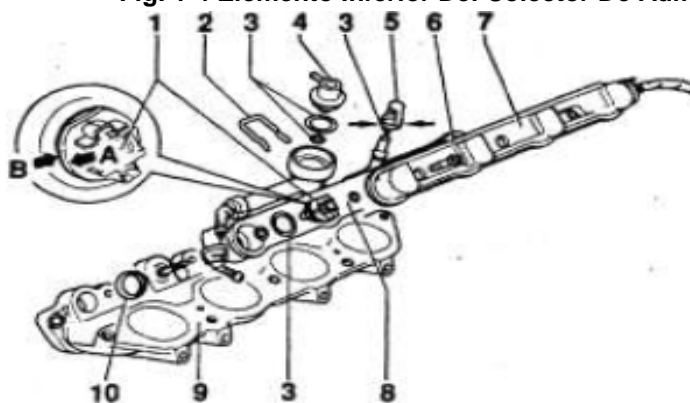


Fuente: Manual De Datos Técnicos Del Motor, RecordMotor, 2002.

8.1.2.1.2 Elemento Inferior Del Colector De Admisión

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1 Inyectores DELPHI. | 7 Elemento superior del distribuidor de combustible |
| 2 Gancho guaya acelerador | 8 Elemento interior del colector de combustible |
| 3 Empaque O ring | 9 Elemento interior del colector de admisión |
| 4 Regulador de presión de combustible | 10 Anillo de junta. |
| 5 Tapón para toma de medición | |
| 6 tornillos sujeción | |

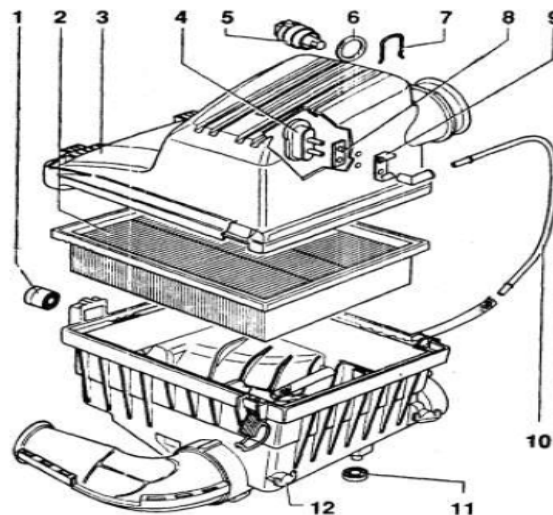
Fig. 1-4 Elemento Inferior Del Colector De Admisión



Fuente: Manual De Datos Técnicos Del Motor,

8.1.2.1.4 Depurador De Aire.

Fig. 1-5 Depurador De Aire Del Motor



Fuente: Manual De Datos Técnicos Del Motor, RecordMotor, 2002.

1. Mango de goma
2. Filtro
3. Parte superior del filtro
4. Regulador de temperatura,
para precalentamiento del aire
aspirado (no instalado en
versión colombiana)
5. Transmisor de temperatura
del aire aspirado
6. Empaque O ring
7. Ganchos sujetadores
8. Empaque
9. Seguro
10. Tubo de depresión
11. Base
12. Elemento inferior del filtro de
aire

8.1.1.3. Análisis Del Sistema De Escape.

El sistema de escape tiene la misión de conducir los gases quemados procedentes de la combustión al exterior, de modo que el nivel sonoro y la dirección de salida se adapte a las reglas legales. La intensidad del sonido se mide en decibeles (dB).³

Los gases de escape salen del cilindro a gran velocidad y elevada temperatura, por lo que contienen mucha energía, además salen de forma intermitente debido a la separación de las explosiones estas circunstancias dan lugar a movimientos oscilatorios y ondas de choque. Para conseguir que esta energía no se convierta en sonora cuando se expansionan los gases en la atmosfera, el sistema de escape debe conseguir enfriar los gases y amortiguar las vibraciones, pero sin crear resistencias que provoquen detenciones a la salida de los cilindros.⁴

En el sistema de escape es importante mencionar que se encuentra ubicado en el catalizador por lo que para las modificaciones que se realizan en el sistema de escape para la implementación del sistema de sobrealimentación, se toma en cuenta este aspecto.

8.2 DETERMINACION DEL ESTADO ACTUAL DEL MOTOR

Como preámbulo para la implementación del sistema de sobrealimentación en el motor, es necesario determinar las condiciones reales en las que se encuentra el motor; de esta manera se conocen las condiciones reales antes de implementar los diferentes elementos del sistema de sobrealimentación.

Existen diferentes métodos que permiten conocer las condiciones reales del motor y del vehículo en general son útiles para obtener datos que ayudan a realizar una comparación entre los valores teóricos y los valores reales que se obtengan.

³ CEAC, Manual CEAC del automóvil, Grupo Editorial CEAC, Barcelona, 2002, p234

⁴ CEAC, Manual CEAC del automóvil, Grupo Editorial CEAC, Barcelona, 2002, p234

Fig 1-6 VEHICULO EN CONDICIONES ORIGINALES



FUENTE: Autores

Tanto los valores teóricos dados por el fabricante, como los valores reales obtenidos permiten realizar los cálculos correspondiente a un motor de combustión interna que serán indispensables para realizar la sobrealimentación del motor y se encuentran el capítulo dos de esta tesis.

8.2.1. PRUEBAS PRACTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

Con el fin de establecer las condiciones reales de funcionamiento del motor a modificar, se han realizado diferentes pruebas que se indicaran más adelante y que permiten obtener un valor real y de porcentaje en el rendimiento del motor, de esta manera se podrá comparar los valores obtenidos con los valores teóricos dados por el fabricante que fueron indicados anteriormente.

8.2.1.1 Obtención De La Potencia Y Par Reales Del Motor.

Para la obtención de los valores de la potencia y del par motor se utiliza un banco dinamométrico, y durante la prueba se obtiene gráficamente las curvas de potencia y de par de acuerdo a las revoluciones del motor

Todo motor viene identificado por sus características constructivas y de funcionamiento, todas estas representativas de la energía que es capaz de desarrollar y del aprovechamiento útil del mismo en su aplicación a un vehículo de tracción.

Las características de funcionamiento (potencia útil, par motor y consumo específico)

Identifican al motor en cuanto al aprovechamiento del trabajo que realiza. Estas características quedan perfectamente definidas mediante representaciones graficas (se indica más adelante)

Obtenidas como resultado de los ensayos efectuados sobre el motor en el banco de pruebas.⁵

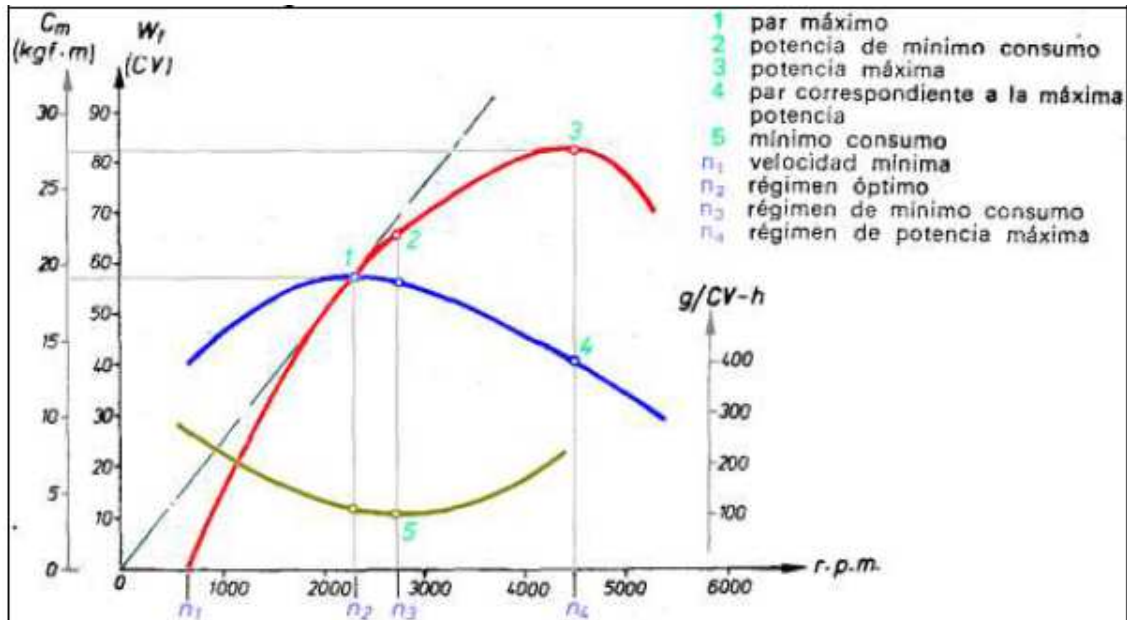
Esta prueba permite obtener la potencia y el par real del motor directamente en las ruedas motrices del vehículo; la potencia que el motor da en el volante de inercia no es la misma que se obtiene en las ruedas del vehículo debido a que un porcentaje se pierde por diferentes parámetros (temperaturas elevadas, rozamiento, vencimiento a la inercia, fricción, etc.) en las partes mecánicas que transfieren el movimiento desde el motor hasta las ruedas.

Estos ensayos, en función de sus tres variables de funcionamiento – grado de alimentación, número de revoluciones y par de motor – determinan los valores de potencia desarrollada por el motor para cada régimen de giro. Al representarlos sobre un sistema de ejes coordenados se establecen las curvas características del motor.⁶

⁵ SANZ G. Angel, tecnología de la automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991 p90.

⁶ SANZ G. Angel, tecnología de la automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991 p90.

Fig. 1- 7 Curvas Características Del Motor Otto



Fuente: SANZ González, Tecnología De La Automoción, Editorial Bruño, Madrid, p90.

8.2.1.1.1 Banco Dinamométrico Características

Para realizar las pruebas de obtención y potencia y par se empleó un banco dinamométrico de potencia y de un funcionamiento LPS 300 LKW de procedencia alemana. Este banco pertenece a la empresa CARTUNER PERFORMANCE de la ciudad de Bogotá ubicado en el centro occidente de la ciudad. El equipo posee una torre de comunicaciones, equipada por PC, pantalla LCD, teclado ratón, un control remoto y un juego de rodillos.⁷

El equipo de medición de potencia, torque y emisiones LPS 300 Dynotune hace posible la medición de potencia en turismos/vehículos ligeros con motores Otto o Diésel. Aplicando el juego de rodillos adecuado, y junto con la electrónica reguladora correspondiente, No es posible realizar el ensayo en vehículos 4x4.⁸

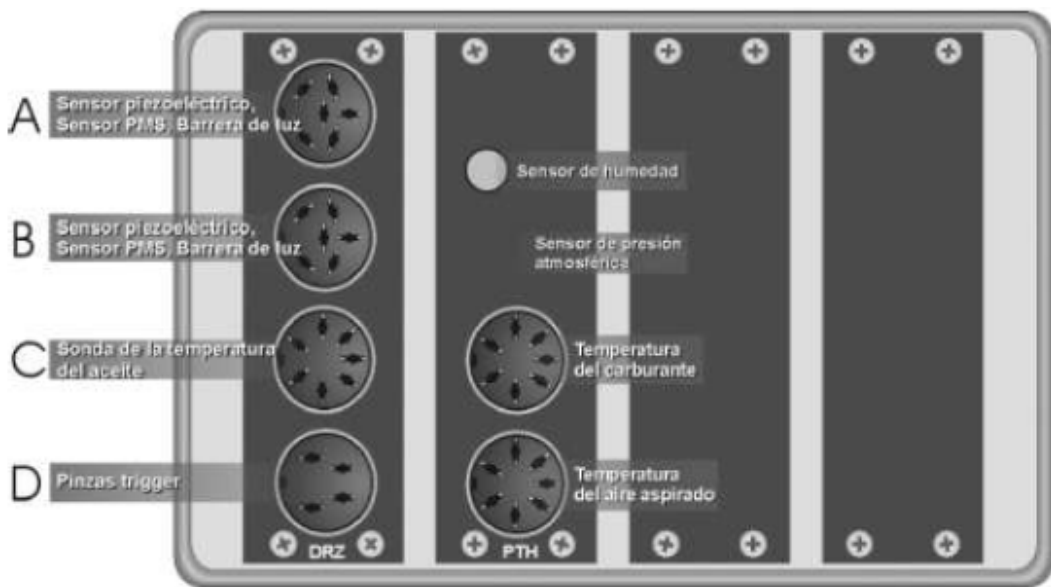
El banco dinamométrico de potencia consta además, con una caja de interfaces que sirve para registrar el número de revoluciones del motor, datos del medio ambiente, datos OBD, temperaturas, presiones y señales analógicas.

⁷ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p11.

⁸ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p11.

Este proceso de registro se realiza mediante módulos o para lo cual se emplea diferentes sensores. Como máximo pueden montarse 4 módulos en la caja de interfaces.⁹

Fig. 1-8 Caja De Interfaces Del Banco De Potencia



Fuente: Manual Del Usuario Del Banco De Potencia LPS 300, MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & CO. KG, 2003.

El banco de potencia LPS 300 permite efectuar una simulación exacta de unas condiciones de marcha definidas en el banco de pruebas. Además pueden llevarse a cabo mediciones del consumo de combustible y el análisis de los gases de escape, así como inspecciones en serie en serie de vehículos para llevar a cabo las diferentes tareas de medición puede seleccionarse los modos de servicio siguientes:¹⁰

⁹ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p18.

¹⁰ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p1.14

SIMULACION DE CARGA

El menú de simulación de carga permite al usuario preseleccionar diferentes condiciones de carga las cuales facilitan, el diagnostico concreto del motor o permiten determinar la potencia ascensional de un vehículo. Según la necesidad concreta pueden simularse diferentes condiciones de carga como por ejemplo una fuerza de tracción constante, una velocidad constante, un número de **r.p.m** constante o una simulación de marcha¹¹

MEDIR LA POTENCIA DEL MOTOR

Mediante este punto del menú puede determinarse la potencia del motor de un vehículo (medición continua y discreta).¹²

MEDICION DE LA ELASTICIDAD

Mediante este punto del menú puede comprobarse la elasticidad del motor. Después de seleccionar el ensayo de la elasticidad se entraran, igual que en el caso de la simulación de marcha, el peso (masa) del vehículo y las resistencias al avance.¹³

CONTROL DEL TACOMETRO

Mediante este punto del menú puede comprobarse el tacómetro del vehículo. A la vez puede comprobarse la velocidad.¹⁴

¹¹ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p1.14

¹² MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p1.14

¹³ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p1.14

¹⁴ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p1.14

ADAPTACION DE CARGA (opción)

A través de este punto del menú pueden calcularse diferentes coeficientes del banco de pruebas. La adaptación iterativa de los coeficientes para efectuarse según ECE o SAE J2264.¹⁵

8.2.1.1.2 Proceso De Ejecución Y Dispositivos Utilizados.

A más de la utilización de los elementos mencionados anteriormente, se empleó también un ventilador que ayuda a mejorar la refrigeración del motor y de sus componentes para evitar elevadas temperaturas durante las pruebas.

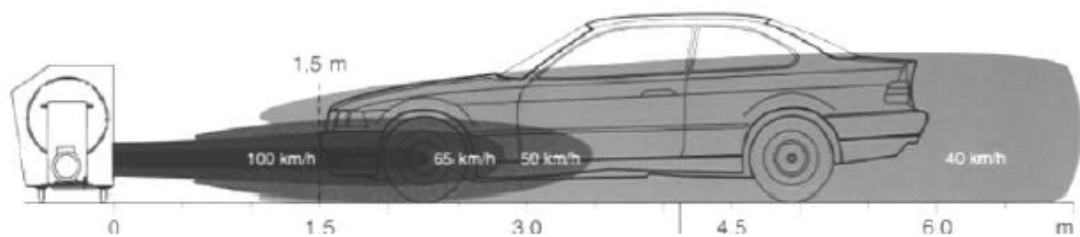
El aire refrigerante es de especial importancia porque los sistemas modernos de regulación del motor disponen de dispositivos de regulación que reducen la potencia del motor si las temperaturas de aspiración son demasiado altas. Sin embargo, en el banco de pruebas debe medirse la potencia total del motor. Para ensayar vehículos bajo plena carga debe alcanzarse como mínimo los valores siguientes.¹⁶

Potencia de aire $> 25\ 000\ m^3/h$

Velocidad de soplado $90\ km/h$

Garantizar el soplado de la parte inferior de la carrocería (catalizador).

Fig. 1-9 Disposicion Del Sistema De Ventilacion



Fuente: Manual Del Usuario Del Banco De Potencia LPS 300, MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & CO. KG, 2003

¹⁵ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p1.14

¹⁶ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p3.2

Deben tenerse en cuenta los siguientes criterios para el diseño del sistema de ventilación:

- ❖ Potencia de motor
- ❖ Frecuencia de la medición
- ❖ Aumento de temperatura de la sala permitido por el usuario
- ❖ Dimensiones de la sala

Se empleó también un módulo de revoluciones que sirve para registrar el número de revoluciones y de la temperatura del aceite, con las pizas trigger se registra la señal del número de revoluciones en el cable de encendido (Bujía de encendido o bobina de encendido del distribuidor). Las pinzas trigger captan de forma inductiva la señal de alta tensión que se transmite del distribuidor a cualquier de los cilindros. Los impulsos se transmiten de las pinzas trigger a la caja de interfaces donde son convertidos en una señal de *r.p.m.* Las pinzas trigger se deben colocar lo más próximo posible a la bujía de encendido y lo más alejado posible del cable de encendido más próximo¹⁷.

¹⁷ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 3000 3 Edición, 2003, p1.9

Fig 1-10 VEHICULO EN DINAMOMETRO



FUENTE: Autores

Para el trazado práctico de las curvas se coloca el vehículo en el banco dinamométrico, es importante concordar el banco con el vehículo, esto se realiza a las 2000 rpm, en este momento se indica el programa y así el banco es capaz de captar exactamente las revoluciones a las que están girando las ruedas del vehículo. A partir de la captación de estos datos, se va dibujando la curva de potencias. Sobre ella se determina el régimen y la potencia óptimos trazando una tangente a la curva desde el punto de origen de coordenadas. Así se obtiene punto máximo de potencia efectiva, la cual debe corresponder al máximo par de tracción del motor.¹⁸

¹⁸ SANZ G. Angel, tecnología de la automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991 p90.

Fig. 1-11. Sincronización De La R.P.M



Fuente: Banco Dinamométrico, CARTUNER Bogotá.

Al momento de realizar las pruebas para la obtención de la potencia y par del motor, la relación de transmisión con la que se debe trabajar es con la marcha que da la relación 1:1, esto se debe a que la potencia y el torque que brinda el motor pasan directamente por la caja de velocidades y a su vez a las ruedas del vehículo sin tener que pasar por relaciones de multiplicación o desmultiplicación; así es que la potencia y el par que se obtiene es la del motor. Para este caso se utilizó la relación de cuarta en la caja de cambios.

Las revoluciones a las que se debe llegar con el motor en marcha en la relación de cuarta velocidad durante las pruebas, deben ser las máximas, de esta manera el Banco dinamométrico se encarga de obtener la potencia, el par y de realizar las curvas correspondientes, de acuerdo al aumento progresivo de las *r.p.m* obteniendo además, la potencia y el par máximo como se verá más adelante.

8.2.1.1.3 Resultados Obtenidos e Interpretación.

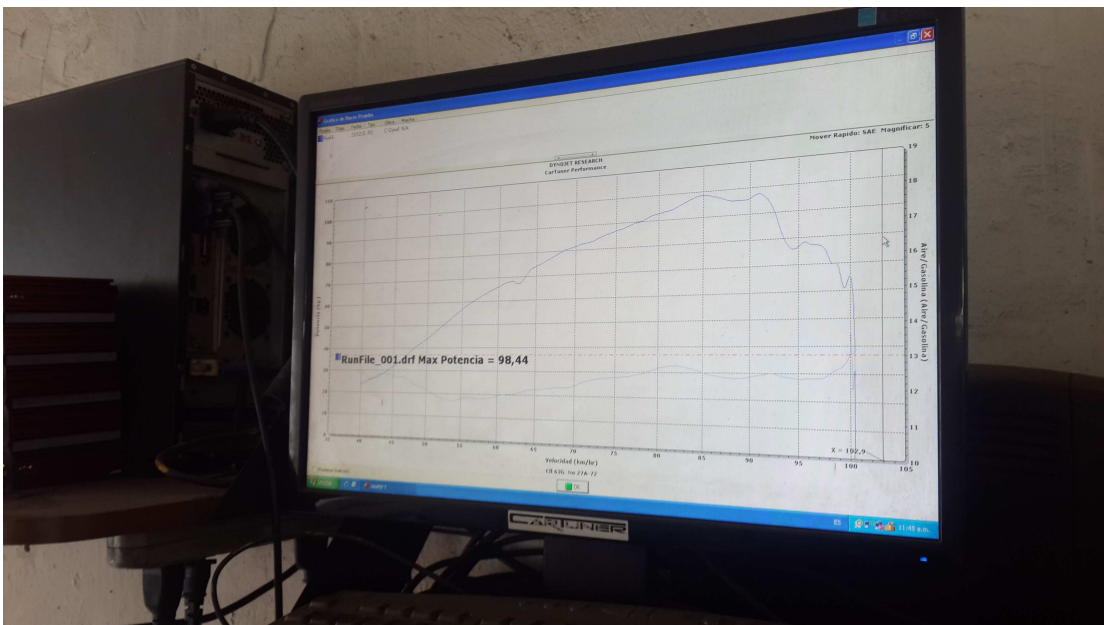
La prueba duro alrededor de dos minutos, durante los cuales se van formando las curvas de potencia y torque (proceso antes mencionado). Los resultados obtenidos durante esta prueba fueron los siguientes:

Tabla 1-2 Datos De Potencia Y Par De Motor

Parámetros	Unidades	Valor
Potencia Normal	Hp(Kw)/rpm	75 (55.9)/5260
Potencia Motor	Hp(Kw)/rpm	44.4(33.1)/5260
Potencia Rueda	Hp(Kw)/rpm	29.1(21.7)/5260
Potencia Arrastre	Hp(Kw)/rpm	15.3(11.4)/5260
Par	Nm(lbf.ft)/rpm	110.3(15.5)/3010

Fuente: Datos tomados por Los Autores

Fig. 1-12. Graficas De Potencia Y Par Del Motor En El Sistema Internacional.



Fuente: Banco Dinamométrico, CARTUNER PERFORMANCE, Bogotá.

La potencia normal que se observa en el grafico es la potencia indicada que se obtuvo durante las pruebas realizadas; además, se observa, que existe el valor de la potencia del motor.

(P. Efectiva) que es la suma de la potencia de la rueda y la potencia de arrastre, siendo esta ultima la potencia que se pierde por la fricción que se crea y por la fuerza necesaria para vencer la inercia inicial. Como se puede observar en la gráfica, las curvas de potencia y de par de motor se forman desde el régimen de giro de ralentí hasta el máximo de r.p.m que da el vehículo y que el software pide durante el proceso de la prueba.

8.2.1.2 Temperatura Del Aire En El Colector De Admisión.

Este dato también es de gran importancia debido a que el valor que se obtenga servirá para los cálculos termodinámicos del capítulo dos y para establecer los elementos que se van a implementar, cuando se analizó el capítulo dos de nuestra tesis.

Para determinar la temperatura con que el aire ingresa al colector de admisión del motor se utilizó una sonda que va colocada sobre el colector de admisión de aire; el módulo de ambiente sirve para registrar los datos del ambiente tales como temperatura del combustible, temperatura del aire aspirado, temperatura ambiente, presión del aire y humedad del aire.¹⁹

Fig. 1-13. Sonda Para Medición De Temperatura Del Aire.



FUENTE: www.googleimages.com

A continuación se dan a conocer los valores de temperatura del aire en el ambiente y del aire que ingresa en el colector de admisión:

¹⁹ MAHA GMBH & CO. KG, Manual Del Banco De Potencia LPS 300, 3 Edición, 2003, p 1.12

Fig. 1-14. Valores De La Temperatura Y Presión Del Aire.

T _{Ambiente}	24,5	°C
T _{Aire aspirado}	13,7	°C
H _{Aire}	40,4	%
P _{Aire}	720,9	hPa
P _{Vapor}	12,5	hPa

Fuente: Banco Dinamométrico CARTUNER Bogotá.

8.2.1.3 Medición De Los Gases De Escape

Dentro de las pruebas que se realizaron al vehículo y concretamente al motor, la prueba de gases de escape es de gran importancia dentro del marco teórico y el marco legal; esto se debe a que una vez instalado el sistema completo se puede realizar una comparación con los resultados obtenidos en ambas condiciones.

La prueba de medición de los gases de escape consiste en medir la cantidad de gases que el motor emana hacia el ambiente en porcentajes; los porcentajes de cada gas pueden variar de acuerdo a factores como el sistema de alimentación (si existe una mezcla rica o pobre en cada régimen de giro), el sistema de encendido (para que la mezcla se quemara totalmente en el cilindro) y en definitiva el estado del motor.

La revisión sobre emisiones da como parámetros la medida de las emisiones del tubo de escape de gases en PPM (partes por millón). La prueba más común usada hasta la actualidad es la prueba de movimiento ausente (usualmente en dos velocidades) para luego ser remplazada por el dinamómetro (la última variante conocida es la del modo de simulación acelerada, ASM accelerated simulated mode), son para tres gases y no solo para dos; si una emisión de gases es más alta que las demás, el vehículo no aprueba. Usualmente vehículos de 10.000 GVW impulsados por gasolina están sujetos a las pruebas de ASM con la excepción de los vehículos de tracción múltiple (4WH).²⁰

El analizador de gases de escape nos permite medir las proporciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno, hidrocarburos y factor lambda. Es importante mencionar los valores o parámetros dentro de los

²⁰ www.wikipedia.org/wiki/controll_de_emisiones_vehiculares, Acceso 22 De Noviembre De 2013

cuales un vehículo debe estar para que sea aceptado dentro del análisis de los gases de escape:

Tabla 1-3 Porcentaje De Monóxido De Carbono CO.

Porcentaje	Para
Entre 2,5 y 0,5 %	Motores alimentados por carburador.
Entre 1,5 y 0,5 %	Motores alimentados por inyección.
Entre 0,3 y 0,1 %	Motores provistos de catalizador.

Fuente: www.starmedia.audiocity.com/documentos-tecnicos, Acceso: 22 De Noviembre De 2013

Tabla 1-4 Proporción De Hidrocarburos HC.

Porcentaje	Para
Hasta 300 ppm	Motores alimentados por carburador.
Entre 50 y 150 ppm	Motores alimentados por inyección.
Menos de 50 ppm	Motores provistos de catalizador.

Fuente: www.starmedia.audiocity.com/documentos-tecnicos, Acceso: 22 De Noviembre De 2013

Tabla1-5 Proporción De Oxígeno O2

Porcentaje	Para
Entre 1,5 y 0,7	Motores alimentados por carburador.
Entre 0,8 y 0,4	Motores alimentados por inyección.
Entre 0,4 y 0,1	Motores provistos de catalizador.

Fuente: www.starmedia.audiocity.com/documentos-tecnicos, Acceso: 22 De Noviembre De 2013

Tabla 1-6 Factor Lambda λ

Porcentaje	Para
$\lambda = 1$	Mezcla estequiométrica.
$\lambda < 1$	Mezcla rica (exceso de combustible).
$\lambda > 1$	Mezcla pobre (falta de combustible).

Fuente: www.starmedia.audiocity.com/documentos-tecnicos, Acceso: 22 De Noviembre De 2013

Una vez conocidos los valores referenciales de los gases, se dan a conocer los valores obtenidos en la medición del vehículo; se da a conocer la cantidad de aire que ingresa al motor en cada régimen de giro, el flujo de combustible sobre el colector de admisión y algunos aspectos referenciales:

Tabla 1-7 Datos De Flujo De Combustible Y Aire En El Motor

TIEMPO	SENSED RPM	SENSED TEMP[C]	SENSED MAP[kPa]	Eng rpm	MAP [kPa]	LAT [C]	Intake_air [g/s]	Fuel [g/s]
12:09:30PM	875	31	67	875	67	31	8.07	0.39
12:09:33PM	980	31	67	980	67	31	9.03	0.51
12:09:18PM	1267	31	66	1267	66	31	11.48	0.65
12:09:26PM	1503	31	67	1503	67	31	13.86	0.3
12:09:22PM	2000	31	67	2000	67	31	18.44	0.97
12:08:15PM	2013	32	66	2013	66	32	18.17	1.2
12:08:13PM	2660	32	66	2660	66	32	24.01	1.57
12:08:49PM	2727	31	66	2727	66	31	24.7	1.68
12:07:17PM	3072	34	66	3072	66	34	27.55	1.69
12:08:26PM	3385	32	67	3385	67	32	31.1	2.2

Fuente: Medidor De Gases De Escape, CARTUNER Bogotá.

Realizando un análisis rápido, se puede establecer que la emanación de los gases de escape de los vehículos son los correctos, debido a que los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores nominales de las tablas 1-2, 1-3 y 1-5. Sin embargo es importante conocer los valores o porcentajes que la norma ambiental rige dentro del país para conocer si en verdad el vehículo cumple con los requerimientos necesarios; esta norma da una tabla de índice de cada gas según el año de fabricación del vehículo:

Tabla 1-8 Límites Máximos De Emisión De Gases.

AÑO	% CO Vol. 0 a 1500cc	% CO Vol. 1500 a 3000 cc	ppm HC 0 a 1500cc	ppm HC 1500 a 3000 cc
	1998 Y POSTERIORES	1	1	200
1985 a 1997	3,0	3,0	400	400
1984 Y ANTERIORES	5,5	4,0	650	650

Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente artículo 2° ley 0910 de 2008

Realizando un análisis de los valores obtenidos en el vehículo y comparándolos con los porcentajes de la tabla 1-9 de la primera fila, así se establece las condiciones en las que se encuentra el vehículo a modificar referente a los gases de escape:

Tabla 1-9 Análisis De Los Gases De Escape Del Vehículo Según CDA

Año 2001	% CO	Vol	ppm HC	
Cilindraje	1500 a 3000	Valor dentro de	1500 a 3000	Valor dentro de
Valor INEN	1	la Norma	200	la Norma
R.P.M. Vehículo				
875	0.072	✓	48	✓
980	0.257	✓	42	✓
1267	0.361	✓	73	✓
1503	0.039	✓	40	✓
2000	0.401	✓	148	✓
2013	1.373	X	108	✓
2660	1.833	X	164	✓
2727	0.259	✓	59	✓
3072	0.285	✓	15	✓
3385	3.627	✓	292	X

Fuente: Creación De Los Autores.

Como se observa, los índices de gases contaminantes del vehículo están dentro de los márgenes establecidos por la norma, incluso en ciertos regímenes de giros están muy por debajo de ellos.

8.2.1.4 Medición De Compresión

La medición de la compresión del motor puede hacerse con facilidad mediante un comprobador de compresión (manómetro) que se puede adquirir en el mercado. Esta revisión da información sobre el estado del desgaste del motor. Para que la revisión de compresión sea fiable primero hay que llevar el motor a temperatura normal de funcionamiento (85° aprox) y el juego de las válvulas debe estar en buenas condiciones (reglaje de tanques en caso de que el motor en cuestión lo permita). Seguidamente se extraen todos los cables de alta tensión de las bujías. Desenroscar las bujías y colocar el manómetro en el orificio de la culata donde se insertan cada una de las bujías. Para medir la compresión en cada uno de los cilindros se acciona el motor de arranque (por otra persona) durante unos segundos con el pedal del acelerador pisado a fondo. La presión leída en el manómetro debe ser igual para todos los cilindros y coincidir con la preconizada por el fabricante del motor, se permite una diferencia de 2 bar entre cilindros para motores de gasolina (cuando no tengamos el dato del valor de compresión dado por el fabricante, podemos usar como norma general el valor de relación de compresión del motor sumándole 1, es decir, para un motor que tenga relación de compresión 10:1 tendremos un valor de presión a medir en el manómetro de 11 (10+1)).²¹

Fig. 1-15 Medidor De Compresión



FUENTE: AUTORES

²¹ <http://mecanicavirtual.iespana.es/hazlo-compresion.htm>, Acceso:23 De Noviembre De 2013

Según el valor que se obtenga al medir la compresión de cada cilindro se puede establecer el estado y plantear algunos factores por los que la compresión es baja, entre los factores que se pueden presentar están la existencia de deterioro de los cilindros, el llenado del cilindro no es adecuado, existen fugas por presencia de fisuras o mal sellado, etc.

Los datos que se obtuvieron permitirán realizar una comparación con los datos que se obtengan una vez instalado el sistema de sobrealimentación, así se evitara esforzar el motor en el caso de existir sobrepresiones de compresión, los valores conseguidos fueron los siguientes:

Tabla 1-10 Medición De Compresión

# Cilindro	Presión En lbs.
1	120
2	120
3	115
4	120

Fuente: Creación De Los Autores

Como se puede observar, la compresión en cada cilindro es la adecuada; existe una variación de los valores en cada cilindro debido al desgaste que puede existir en el interior de los mismos pero están dentro de los valores para considerar que el motor está en buenas condiciones funcionales.

8.2.1.5 Medición De Fugas De Compresión

Esta prueba se realizó por seguridad a pesar de obtener valores altos en la compresión de cada cilindro, permitió verificar el sellado en los cilindros, es decir, da a conocer si existen fugas de aire en el interior del cilindro. Para realizar la prueba de fugas en el motor, se coloca en el cilindro afectado en la posición PMS y compresión (válvulas de admisión y escape cerradas). Se inyecta aire a presión (a unos 7 bar) por el orificio de la bujía, observando por donde se escapa el aire inyectado.²²

- ❖ Si el ruido se produce por el tubo de escape, la fuga es por la válvula de escape

²² <http://mecanicavirtual.iespana.es/hazlo-compresion.htm>, Acceso: 22 De Noviembre De 2013

- ❖ Si la fuga es por la válvula de admisión, con el filtro de aire quitado se verá salir una especie de niebla.
- ❖ Si la fuga es a través de los segmentos, se verá salir una niebla aceitosa por el tapón de llenado de aceite en la tapa de balancines
- ❖ Si la fuga se produce por la junta de la culata, se verán salir burbujas de agua al exterior por la unión bloque-culata, si la fuga es al exterior, o por la boca de agua de salida al radiador, si la fuga es interna.

Entre los elementos que se emplearon para realizar esta prueba constan un fugometro, un acople para la conexión con el cilindro, y acople rápido para aire comprimido. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Fig. 1-16 Elementos Para Medición De Fugas.



FUENTE: Autores

Tabla 1-11 Valores De Porcentaje De Fugas.

Cilindro	1	2	4	4
Porcentaje de fuga	10%	15%	5%	15%

Fuente: Creación De los Autores.

El parámetro o porcentaje máximo que se puede tomar para considerar que el sellado de los cilindros es correcto es 20%, por lo que al observar los valores obtenidos se establece que los cilindros no poseen fugas, su estado, su sellado de válvulas y empaques están en buen estado.

8.2.1.6 Determinación De Tiempo En Aceleración.

Esta prueba se realizó con el fin de hacer una comparación con los resultados que se obtengan una vez implementado el sistema de sobrealimentación en el vehículo, permitiendo establecer la eficacia del sistema del motor. Se debe mencionar que la prueba de llegar a los 100Km/h se realizó en un lugar con la menor pendiente posible y se realiza independiente de la relación de transmisión a la que se debe llegar en la caja de velocidades, Además, el cambio de marcha se realizó a los 4500 r.p.m. La longitud recorrida se tomara desde el punto de partida hasta llegar a los 100Km/h.

Fig. 1-17 Lugar De Las Pruebas De Velocidad. (Autódromo de tocancipa)



FUENTE: Autores

Para obtener el valor final se realizaron 5 pruebas consiguiendo un tiempo de 18.02seg con un margen de ± 0.11 seg:

Tabla 1-12 Tiempo Y Distancia Recorrida De 0 A 100 Km/h.

Tiempo Alcanzado De 0 A 100 km/h		
Altitud	<i>m. s. n. m</i>	2600
Pendiente	"	0
Cambio de marcha	<i>Rpm</i>	4500
Marcha Alcanzada		3
Tiempo de la prueba	<i>seg.</i>	18.02
Longitud recorrida	<i>m.</i>	301.50

Fuente: Creación De Los Autores.

8.2.1.7 Determinación De tiempos En Cada Marcha.

La prueba se realizó desde el reposo, y los datos obtenidos son el tiempo, la distancia recorrida en cada una de las marchas hasta realizar el cambio de la misma y la velocidad máxima alcanzada el momento de cambiar de marcha; para el cambio de marcha se tomó como referencia 4500 rpm lo cual influye en el rendimiento del motor. De esta prueba se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla1-13 Tiempos Y Velocidad En Cada Relación De Marcha.

De 0 Km/h Hasta El Cambio De La 1ra Marcha		
Condiciones Del Motor		Estándar
Para Cambio De Marcha	<i>r.p.m</i>	4500
Tiempo	<i>seg.</i>	4.10
Recorrido	<i>m.</i>	20
Velocidad	<i>Km/h</i>	40
En 2da Marcha Hasta El Cambio A 3ra Marcha		
Condiciones Del Motor		Estándar
Para Cambio De Marcha	<i>r.p.m</i>	4500
Tiempo	<i>seg.</i>	9.10
Recorrido	<i>m.</i>	120
Velocidad	<i>Km/h</i>	65
En 3ra Marcha Hasta El Cambio A 4taMarcha		
Condiciones Del Motor		Estándar
Para Cambio De Marcha	<i>r.p.m</i>	4500
Tiempo	<i>seg.</i>	18.3
Recorrido	<i>m.</i>	315
Velocidad	<i>Km/h</i>	100
En 4ta Marcha Hasta El Cambio A 5ta Marcha		
Condiciones Del Motor		Estándar
Para Cambio De Marcha	<i>r.p.m</i>	4500
Tiempo	<i>seg.</i>	31.04
Recorrido	<i>m.</i>	720
Velocidad	<i>Km/h</i>	125

En 5ta Marcha	
Condiciones Del Motor	Estándar
Para Cambio De Marcha <i>r.p.m</i>	4500
Tiempo <i>seg.</i>	61.2
Recorrido <i>m.</i>	850
Velocidad <i>Km/h</i>	140

Fuente: Creación De Los Autores

8.3. ANALISIS Y COMPARACION DE LOS DATOS TEORICOS Y DE LOS VALORES OBTENIDOS.

La principal comparación que se debe realizar entre los valores obtenidos es la comparación de la potencia y del par motor; realizando un análisis entre los valores obtenidos y los valores dados por el fabricante se pudo obtener la diferencia en porcentaje entre los dos valores, tanto de potencia como de torque, así se tiene:

Tabla 1-14 Análisis De La Potencia Y Del Par Motor.

	Dato Fabricante	Dato Obtenido	Diferencia	Porcentaje
Potencia	71,6 kW	55.9 kW	15.7 kW	- 21.9%
Torque	152.0 Nm	110.3 Nm	41.7 Nm	-27.43%

Fuente: Creación De Los Autores.

Como se observa en la tabla 1-14, el porcentaje de reducción de la potencia y torque que nuestro vehículo posee son considerables; la variación permitida es del 30% por factores tales como rozamiento, lubricación, transmisión, altas temperaturas, la altura sobre el nivel del mar donde opera el vehículo entre otros.

Para mejorar estos valores y aumentar la potencia y el torque de nuestro vehículo se implementara el sistema de sobrealimentación.

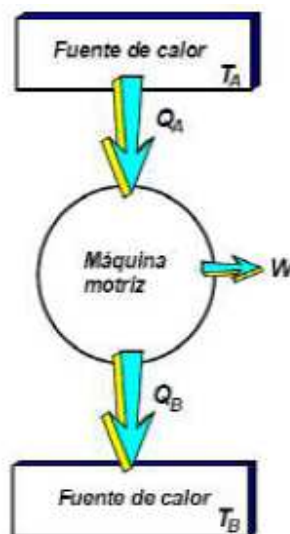
En cuanto a los datos obtenidos en las diferentes pruebas analizadas anteriormente, se puede llegar a la conclusión, que el estado del motor y del vehículo en general son óptimas y están en buen momento funcional; por lo que implementar el sistema de sobrealimentación tomando en cuenta los criterios anteriores, es posible y es factible realizar la sobrealimentación al motor. Lo que prosigue es el análisis ingenieril, matemático y termodinámico de los componentes a instalar y que involucran el sistema de sobrealimentación.

9. ESTUDIO, ANALISIS INGENIERIL Y TERMODINAMICO DEL MOTOR

9.1 INTRODUCCION, CARACTERISTCAS Y TIPOS DE MOTORES DE COMBUSTION.

Los motores térmicos son máquinas que transforman la energía térmica en energía mecánica que se puede utilizar directamente para producir trabajo. La energía térmica se puede obtener de fuentes de energía como pueden ser la energía nuclear, la energía solar, la energía eléctrica, etc. Sin embargo, la fuente más importante de energía térmica es la energía calorífica que se obtiene de la combustión de sustancias denominadas combustible. A los motores que utilizan este tipo de energía que se les conoce con el nombre de motores de combustión.

Fig. 9-1 Transformación De Energía Térmica



Fuente: Motores Térmicos. Vilvao. P169.

Los motores de combustión son los mecanismos que transforman la energía química presente en el combustible en energía mecánica. En el motor esta energía mecánica se manifiesta en la rotación de un eje del motor; al que se une el mecanismo que se quiere mover.²³

²³ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 15 De Diciembre De 2013.

Los motores de combustión poseen un funcionamiento alternativo de su embolo en un ciclo de trabajo, cuyos tiempos dependen del tipo de motor de explosión. Los motores que realizan un ciclo en cuatro tiempos son los más empleados en la actualidad para vehículos de turismo, aquí el embolo efectúa cuatro desplazamientos o carreras alternativas.²⁴

Para su funcionamiento, se requiere de la mezcla que se prepara previamente en un dispositivo denominado carburador, o en un sistema de inyección. La combustión de la mezcla produce un incremento de la presión del gas en el interior del cilindro, aplicándose esta sobre el embolo. El movimiento lineal del embolo (pistón), ascendente y descendente en el cilindro, se transforma finalmente, en otro movimiento circular mediante un sistema articulado, que hace girar el eje del motor.²⁵

Por la forma de construcción y ordenación de sus cilindros, los motores alternativos pueden ser: motores en línea, de cilindros horizontales y opuestos, en estrella o radiales. Los motores de cilindros horizontales y opuestos constituyen la solución actual en la gama de baja potencia.²⁶

9.2 EL CICLO OTTO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

Estos motores con ciclo Otto, poseen un sistema mecánico de biela-manivela, situado entre el pistón y el árbol motriz, lo que transforma el movimiento lineal del embolo en movimiento de rotación del árbol, produciendo dos vueltas completas del árbol motriz en cada ciclo de funcionamiento. Para este tipo de motores existe una entrada y una salida de los gases en el cilindro, que es controlada por dos válvulas situadas en la cámara de combustión. La apertura y cierre de las mismas la realiza un sistema de distribución sincronizado con el movimiento del árbol motriz o cigüeñal.²⁷

El desplazamiento del pistón en el cilindro se realiza en cuatro fases o etapas conocidas como el ciclo de Otto, que son: Admisión, compresión, explosión,

²⁴ SANZ G. Angel, Tecnología De La Automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991, p17.

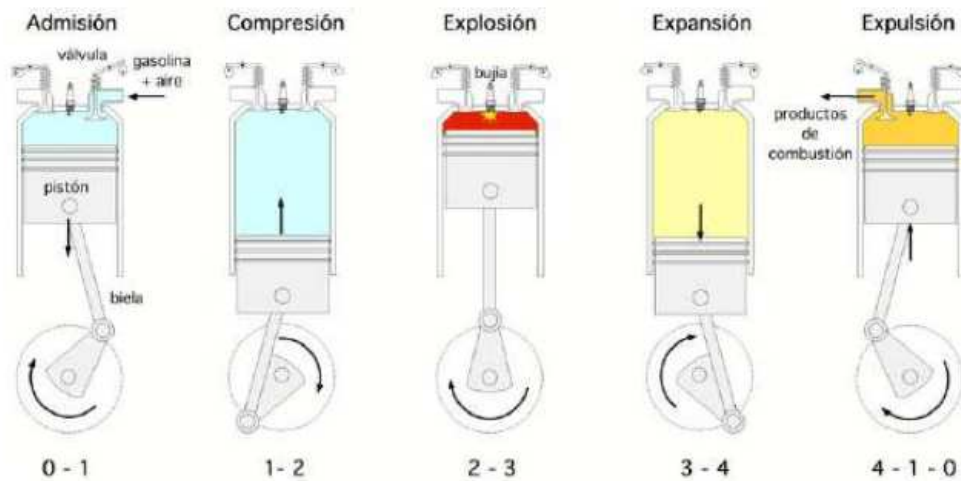
²⁵ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 18 De Diciembre De 2013.

²⁶ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 19 De Diciembre De 2013

²⁷ SANZ G. Angel, Tecnología De La Automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991, p17.

expansión y escape. En los dos primeros tiempos la mezcla es aspirada y comprimida, con tiempo suficiente para realizar una buena carburación y combustión de la mezcla; en el tiempo de explosión se realiza una transformación de la energía, aportada por el combustible, en trabajo mecánico, y durante el tiempo de escape, se evacuan al exterior los gases residuales y el calor sobrante que no se ha transformado en trabajo mecánico. De los cuatro tiempos que componen el ciclo, solo efectúa el trabajo útil el tiempo de expansión.²⁸

Fig. 9-2 Funcionamiento Del Motor De Cuatro Tiempos.



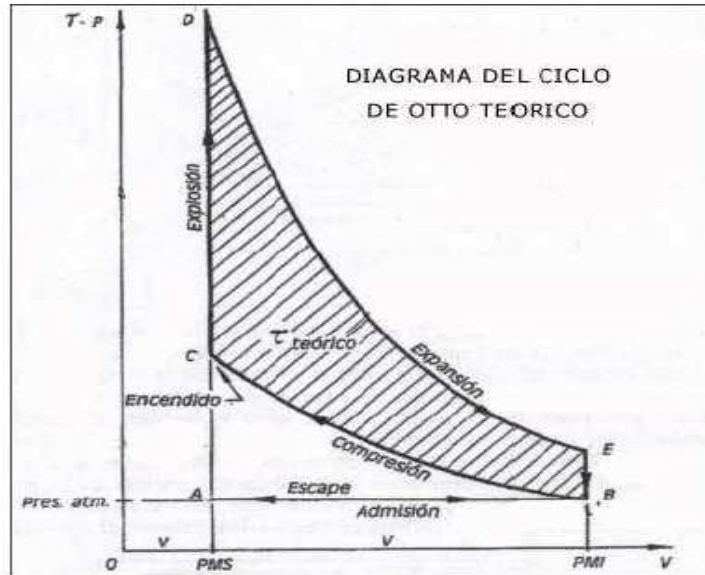
Fuente: Maquinas Térmicas: Motores Otto Y Diésel. Madrid. 1995. p6.

Si en un diagrama de ejes coordenados se representa el ciclo de funcionamiento teórico de estos motores, se obtiene un diagrama cerrado como se aprecia en la siguiente figura, este diagrama es indicativo del trabajo máximo desarrollado en la transformación de la energía según en el ciclo de Carnot, en función de sus características constructivas y sobre el cual se pueden estudiar las diferentes fases desarrolladas en el mismo.²⁹

²⁸ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 19 De Diciembre De 2013.

²⁹ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html> acceso 19 De Diciembre De 2013

Fig. 9-3 Diagrama Teórico Del Ciclo Otto.



Fuente: www.aviacionulm.com/definicionytipos.html, Acceso: 19 De Diciembre De 2013

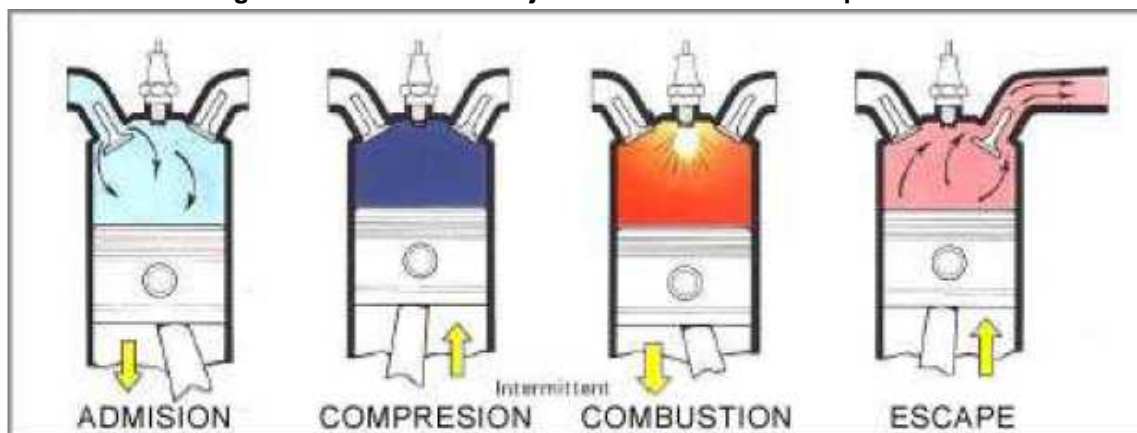
Dentro de estos diagramas se puede analizar los diagramas teórico, el real y el práctico o indicado, los mismos que se analizan más adelante durante el análisis y estudio termodinámico.

9.2.1 FASES DE TRABAJO.

En la fase de admisión, la válvula de admisión se abre y el pistón se desplaza hacia abajo en el cilindro, aspirando la mezcla del combustible y aire. La válvula de admisión se cierra cerca del final de la carrera de admisión y el pistón se mueve hacia arriba del cilindro, comprimiendo la mezcla. Al aproximarse el pistón a la parte superior del cilindro en la carrera de compresión, se enciende la bujía y la mezcla se inflama. Los gases de la combustión se calientan y expansionan con gran rapidez, lo que aumenta la presión en el cilindro, forzando al pistón de nuevo a bajar en lo que se denomina carrera de expansión o motriz. La válvula de escape se abre y forzados los gases por la subida del pistón pasan a través de ella para salir al exterior del cilindro.³⁰

³⁰ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 19 De Diciembre De 2013

Fig. 9-4 Proceso De Trabajo De Un Motor De 4 Tiempos.



Fuente: www.automotriz.net/tencica/conocimientos-basicos, Acceso: 19 De Diciembre De 2013

9.2.2 CARACTERÍSTICAS MECANICAS, TERMICAS Y VOLUMETRICAS.

Las características esenciales que definen a los motores de combustión interna son:

9.2.2.1 Forma De Realizar La Carburación:

El llenado de los cilindros se realiza con la mezcla aire-combustible, la cual se prepara en el exterior de los cilindros por medio del carburador o los sistemas de inyección, para después ser comprimido en el interior de los mismos. Debido a esta forma de carburación los motores necesitan consumir combustibles ligeros y fácilmente valorizables, para que la mezcla se realice en perfectas condiciones de carburación y para obtener así una rápida combustión.³¹

9.2.2.2 Relación De Compresión Y Potencia:

Debido a los combustibles utilizados, la relación de compresión en estos motores no puede ser elevada, ya que está limitada por la temperatura alcanzada por la mezcla durante la compresión en el interior del cilindro, la cual no puede ser superior a la temperatura de inflamación de la mezcla. Estas relaciones de compresión limitan la potencia de estos motores.³²

³¹ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 19 De Diciembre De 2013

³² <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 19 De Diciembre De 2013

Sin embargo, la preparación de la mezcla fuera del cilindro, con tiempo suficiente durante la aspiración y compresión para obtener una buena carburación de la misma, permite una rápida combustión con lo que se puede obtener un elevado número de revoluciones del motor.

9.2.2.3 Forma De Realizar La Combustión:

Otra de las características esenciales de estos motores es la forma de realizar su combustión (volumen constante). Esta se produce cuando el embolo se encuentra en el punto de máxima compresión y se realiza de una forma rápida, por capas como si fuera una explosión, pero sin que los gases puedan expansionarse es decir, aumentar su volumen. Esto hace que la presión y la temperatura interna se eleven extraordinariamente al final de la combustión y se alcancen presiones considerables (40 a 70 kgf/cm^2) que ejerce un empuje notable sobre el pistón, desplazándola para realizar el trabajo motriz.³³

9.2.2.4 Forma De Encendido:

Estos motores se caracterizan por la forma de encendido, el cual se produce por ignición de la mezcla a través de una chispa eléctrica, que hace expansionar los gases una vez iniciada la combustión.³⁴

9.2.3 DEFINICION DE TERMINOS EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

Los motores alternos de combustión interna se caracterizan por algunos parámetros fundamentales (de los que reflejamos su definición y significado) que representan características peculiares, en base a los cuales se pueden efectuar consideraciones y comparaciones tanto de tipo geométrico como de tipo funcional.³⁵

Para poder realizar el estudio y el análisis. Termodinámico de nuestro motor, es importante conocer ciertos parámetros importantes dentro de un motor de

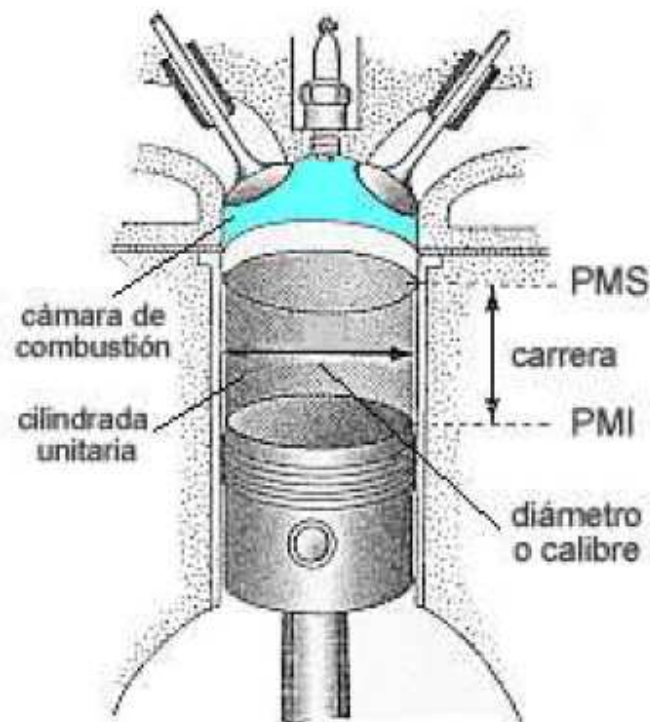
³³ SANZ G. Angel, Tecnología De La Automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991, p16.

³⁴ SANZ G. Angel, Tecnología De La Automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991, p16.

³⁵ FIAT BUSINESS UNIT, Automoción: Motores Térmicos Y Sus Sistemas Auxiliares. Italia p3

combustión interna, siendo esto parte del estudio y análisis tecnológico; de esta manera definimos los siguientes términos:

Fig. 9-5 Punto De Referencia En El Cilindro De Combustión Interna.



Fuente: www.mecanicavirtual.org. Acceso: 20 De Diciembre De 2013.

9.2.3.1 Calibre Y Carrera:

El calibre o también conocido como diámetro interior de la camisa del cilindro donde se mueve el pistón. La carrera en cambio, es la distancia recorrida por el pistón en su desplazamiento del P.M.S y el P.M.I que es igual, al doble del radio de la manivela.³⁶

³⁶ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 20 De Diciembre De 2013

9.2.3.2 Punto Muerto Superior:

Se define el punto muerto superior (P.M.S) como la posición que tiene el pistón con respecto al eje central del cigüeñal. Se dice que está en el P.M.S cuando se encuentra a la máxima distancia del eje de giro del cigüeñal, esta es la posición de desplazamiento máximo, en el sentido ascendente, que puede alcanzar el pistón.³⁷

9.2.3.3 Punto Muerto Inferior:

Se dice que el pistón está en el punto muerto inferior (P.M.I) cuando en su desplazamiento, se encuentra a la mínima distancia del eje de giro del cigüeñal. En este caso, es la posición de desplazamiento mínimo que puede alcanzar el pistón.³⁸

9.2.3.4 Ciclo:

Se define ciclo a la sucesión de hechos que se repiten de una forma regular. El ciclo del motor alude a una sucesión de hechos repetitivos. (Ciclo De Otto)³⁹

9.2.3.5 Mezcla:

Se llama mezcla a una carga o masa aire-combustible, que se introduce en el cilindro del motor, y que está preparada para la combustión.⁴⁰

9.2.3.6 Cilindrada:

Es el valor característico de cada motor de combustión interna, que hace referencia a la capacidad de llenado que posee cada uno de los cilindros del motor multiplicado por el número de cilindros, por lo tanto es el llenado total del motor.

³⁷ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 20 De Diciembre De 2013

³⁸ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 20 De Diciembre De 2013

³⁹ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 20 De Diciembre De 2013

⁴⁰ <http://www.aviacionulm.com/definicionytipos.html>, Acceso 20 De Diciembre De 2013

9.3 NOMENCLATURA PARA ANALISIS, ESTUDIO TECNOLÓGICO Y TERMODINAMICO.

Es importante dar a conocer la nomenclatura empleada para el análisis y estudio tecnológico y termodinámico; de esta manera, se podrá facilitar el entendimiento:

Vu = Volumen O Cilindrada Unitaria.	u = Energía Interna Especifica
S = Superficie Del Pistón	Vr = Volumen Especifico Relativo
L = Carrera	v = Volumen Especifico
D = Diámetro	R = Constante De Proporcionalidad
Vr = Volumen O Cilindrada Total	W neto = Trabajo Neto
N = Numero De Cilindros	q = Transferencia De Calor Por Unidad De Masa
Rc = Relación De Comprensión	Po = Potencia En Atmosfera Estándar
Vc = Volumen De La Cámara De Combustión	Pe = Potencia Efectiva A 2600 msnm
Y = Relación Carrera A Diámetro	P = Presión Atmosférica Ambiente
D = Diámetro	Po = Presión Normal De 760 mm De Mercurio
Vm = Velocidad Media Del Pistón	T = Temperatura Ambiente
Vr = Velocidad De Rotación Del Motor	To = Temperatura Absoluta 288 ^{°K}
Pi = Potencia Indicada	Gpe2 = Consumo Especifico De Combustible Según Los msnm
N = Presión Media Indicada	Qe = Poder Calorífico De La Gasolina
F = Numero De Revoluciones	nu2 = Rendimiento Útil A 2600 msnm
Pe = Fuerza Sobre La Cabeza Del Pistón	nd = Rendimiento Del Diagrama
Md = Potencia Efectiva	nv = Rendimiento Volumétrico
PME = Par Motor	m real = Masa De Aire Real
Pa = Presión Media Efectiva	m teórica = Masa De Aire Teórica
Nt = Potencia Absorbida	Qt = Caudal De Aire Teórico Que Ingresa Al Motor
a = Exponente Adiabático O Calorimétrico De Las Mezclas De Alimentación	d = Densidad
nm = Rendimiento Mecánico	
nt = Rendimiento Total	
T = Temperatura	
P = Presión	

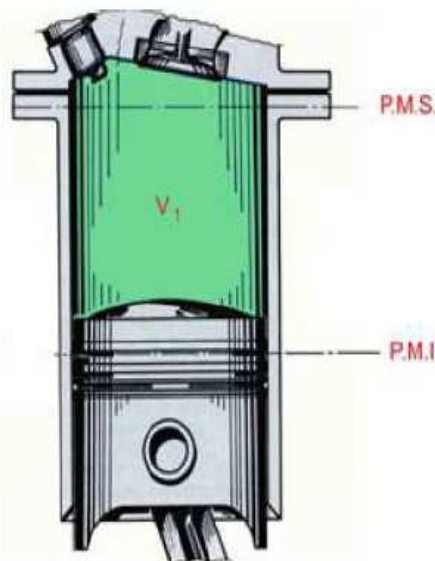
9.4 ANALISIS INGENIERIL DEL MOTOR

Para realizar este análisis se usaron los datos teóricos dados por el fabricante del motor además, también se utilizó datos obtenidos en las distintas pruebas realizadas durante el proceso para establecer el estado actual del motor, esto se debe a que para obtener datos reales por medio de los cálculos matemáticos, es necesario trabajar con datos reales. Los cálculos realizados permitirán establecer una relación del motor en condiciones estándar una vez implementado el sistema de sobrealimentación y favorecerán a determinar el porcentaje de potencia aumentada en el motor. A continuación se da a conocer algunos parámetros analizados:

9.4.1 VOLUMEN O CILINDRADA UNITARIA

El recorrido (L) que efectúa el embolo entre el PMS y el PMI se denominan carrera, que multiplicada por la superficie (S) del pistón, en función de su diámetro denominado calibre, determina el volumen o cilindrada unitaria (V_u), que corresponde al volumen de la mezcla aspirada durante la admisión.⁴¹

Fig. 9-6 Cilindrada Unitaria



Fuente: FIAT BUSINESS UNIT, Automoción: Motores Térmicos Y Sus Sistemas Auxiliares. Italia p 5

⁴¹ SANZ G. Angel, Tecnología De La Automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991, p17.

De esta manera nuestra ecuación y los cálculos quedan de la siguiente manera:

VOLUMEN UNITARIO

Carrera 73.4 m

Ø=77.6mm

$$vu = \frac{\pi \cdot S \cdot L}{4}$$

$$vu = \frac{\pi (77.6)^2 \cdot 73.4}{4}$$

$$vu = 347.143$$

9.4.2 RELACION DE COMPRESION

Es la relación entre la suma de volúmenes (V_r y V_u) y el volumen de la cámara de combustión. Este dato se expresa en el formato: 10,5/1. La relación de compresión (R_c) es un dato que nos lo da el fabricante no así el volumen de la cámara de combustión (V_c) que lo podemos calcular por medio de la fórmula de la R_c .⁴²

La R_c para motores a gasolina viene a ser del orden de 10/1 y para motores diésel viene del orden de 20/1. Con motores turboalimentados desciende este valor.⁴³

Debido a los combustibles utilizados (gasolina y gas de petróleo licuado), la relación de compresión en los motores de combustión interna no puede ser elevada, ya que está limitada por la temperatura alcanzada por la mezcla durante la compresión en el interior del cilindro, la cual no puede ser superior a la temperatura de auto inflamación de la mezcla. Estas relaciones de

⁴² www.mecanicavirtual.org/cur.mec.cilindrada.htm Acceso: 20 De Diciembre De 2013

⁴³ www.mecanicavirtual.org/cur.mec.cilindrada.htm Acceso: 20 De Diciembre De 2013

compresión limitan la potencia alcanzada, sin embargo, la preparación de la mezcla fuera del cilindro, con tiempo suficiente durante la aspiración y la compresión para obtener una buena carburación de la misma, permite una rápida combustión, con lo que se puede obtener un elevado número de revoluciones en el motor.⁴⁴

La ecuación que hace referencia a lo antes mencionado se indica a continuación:

$$Rc = \frac{V_u + V_c}{V_c} \quad (2)$$

Como se indicó anteriormente, la relación de compresión de un motor viene dado por el fabricante por lo que para nuestro caso el valor que tenemos se obtuvo de la tabla 1-1 $Rc=9.9:1$.

9.4.3 VOLUMEN DE LA CAMARA DE COMBUSTION

Es el volumen comprendido entre la cabeza del pistón cuando se encuentre en PMS y la superficie de la culata. En los motores de combustión interna se considera como el espacio donde tiene lugar la combustión de la mezcla aire combustible.⁴⁵

La cámara de combustión no es totalmente plana, sino que debe cumplir con algunos requisitos, para ser eficiente, como ser pequeña para reducir al mínimo la superficie absorbente del calor generado por la inflamación de la mezcla, no tener grietas o rincones que causen combustión espontánea o cascabeleo y debe poseer un espacio para la ubicación de la bujía, la cual preferiblemente debe estar en el centro geométrico de la cámara. La forma de la cámara de combustión está estrechamente ligada al rendimiento del motor, por resto es que existen diferentes formas y tamaños que dependen también de la relación carrera/ diámetro.⁴⁶

⁴⁴ CEAC, Manual CEAC Del Automóvil, Grupo Editorial CEAC, Barcelona, 2002, p 36, 37

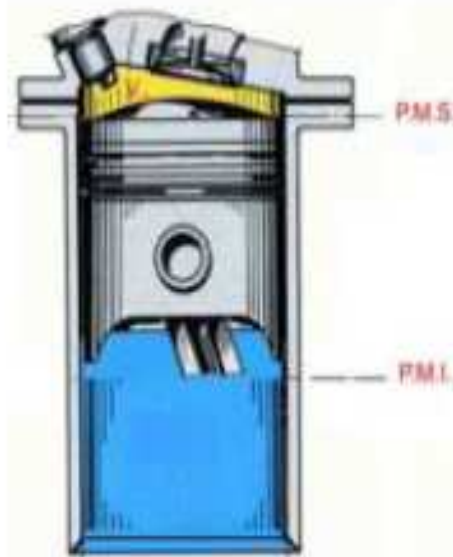
Formula 1 SANZ G. Angel, Tecnología De La Automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991, p17.

⁴⁵ CEAC, Manual CEAC Del Automóvil, Grupo Editorial CEAC, Barcelona, 2002, p 37.

⁴⁶ CEAC, Manual CEAC Del Automóvil, Grupo Editorial CEAC, Barcelona, 2002, p 37.

Formula 2 SANZ G. Angel, Tecnología De La Automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991, p18.

Fig. 9-7 Volumen De La Cámara De Combustión.



Fuente: FIAT BUSINESS UNIT, Automoción: Motores Térmicos Y Sus Sistemas Auxiliares. Italia p 5

Uno de los valores característicos para los motores de combustión interna, que proporciona una cámara de combustión es la relación de compresión; que geoméricamente está dada por la relación existente entre el volumen total de la cámara cuando el pistón se encuentra en el PMI sobre el volumen de la misma, cuando el pistón se encuentra en el PMS, de esta manera deduciendo de la ecuación (2) obtenemos el valor de la cámara de combustión

$$V_c = \frac{V_u}{R_c - 1}$$

$$V_c = \frac{347,14 \text{ cm}^3}{9.5 - 1}$$

$$V_c = 40.84$$

9.4.4 VOLUMEN O CILINDRADA TOTAL.

El volumen o cilindrada total (V_t), es el volumen de la mezcla (aire-combustión) multiplicado por el número de cilindros que posee el motor de combustión interna. De esta manera, partiendo de la siguiente ecuación obtenemos el siguiente valor de la cilindrada total:

$$V_T = V_u \cdot N \quad (3)$$

$$V_t = V_u \cdot N$$

$$V_t = 347.143 \times 4 = 1388$$

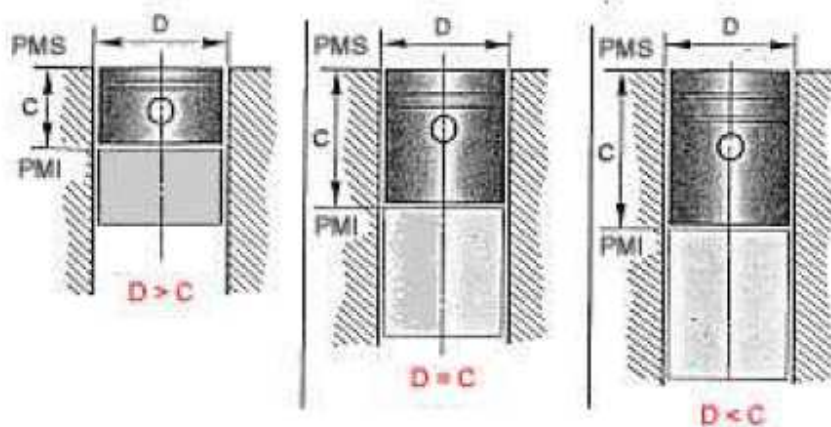
Formula 3 SANZ G. Angel, Tecnología De La Automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991, p17

9.4.5 RELACION DE CARRERA A DIAMETRO.

Teniendo en cuenta que para conseguir un cierto volumen del cilindro solo es posible jugar con su calibre y su carrera, existen diversas razones por las cuales se construyen los motores de un tipo o de otro. La relación entre la carrera y el diámetro en los motores puede ser de tres tipos.⁴⁷

- ❖ Motores cuadrados.
- ❖ Motores Supercuadrados O De Carrera Corta.
- ❖ Motores De Carrera Larga.

Fig. 9-8 Relación De Carrera A Diámetro En Un Motor



Fuente: www.mecanicavirtual.org/cur_mec_cilindrada.htm Acceso: 15 De Diciembre De 2013

9.4.5.1 Motores De Carrera Larga:

Son los motores cuya relación carrera del pistón/diámetro del cilindro es superior a uno (hasta 1,2 veces aproximadamente). Realizando un análisis de los datos teóricos del motor indicados en la tabla 1-1, se puede deducir que el motor pertenece a este grupo; es por esto que se analiza ciertos aspectos importantes que debemos tomar en cuenta para realizar el estudio y el análisis tecnológicos y termodinámicos.

⁴⁷ ALONSO J.M Técnicas Del Automóvil. Editorial Thomson Paraninfo. 10 Edición. España. P49.

9.4.5.2 Ventajas De Los Motores De Carrera Larga

Las ventajas que se obtienen en un motor con una carrera del pistón superior al diámetro del cilindro se resumen en:

- Obtener un mayor rendimiento desde el punto de vista térmico de la cámara de combustión.
- La cámara de combustión reduce las emisiones contaminantes en el escape, particularmente los HC (hidrocarburos).
- Más disipación del calor.⁴⁸

La relación carrera-diámetro, es un valor adimensional y que se calcula de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{L}{D} = \frac{73.4}{D \ 7.76} = 0.946$$

9.4.6 VELOCIDAD DEL EMBOLO

Por cada vuelta (revolución) del cigüeñal el pistón recorre un espacio que corresponde a dos carreras del mismo. En los motores para automóviles el valor de la velocidad media del pistón es aproximadamente de 1.5 a 15 m/s (metros por segundo) y difícilmente se superan los 20 a 22 m/s

Incluso en el caso de coches de competición, a causa del elevado esfuerzo mecánico que se deriva.⁴⁹

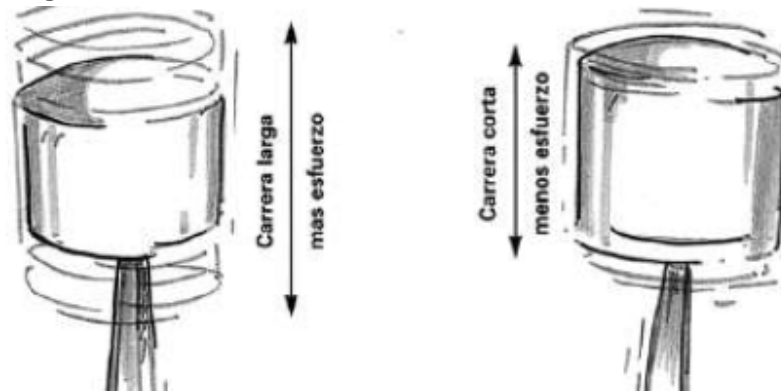
Las fuerzas alternas de inercia (que derivan del movimiento alterno de pistón) y las fuerzas centrífugas (que origina la rotación del cigüeñal) son las que provocan las fuerzas mecánicas que se pierden al aplicarse contra el bloque del motor en lugar de aprovecharse sobre el cigüeñal. Las fuerzas alternas de inercia se consideran proporcionales a la velocidad media del pistón y a la

⁴⁸ FIAT BUSINESS UNIT, Automoción: Motores Térmicos Y Sus Sistemas Auxiliares. Italia p 9,10

⁴⁹ FIAT BUSINESS UNIT, Automoción: Motores Térmicos Y Sus Sistemas Auxiliares. Italia p 9,10

cilindrada unitaria. Por lo tanto entre dos motores con igual cilindrada unitaria y que funcionen con el mismo régimen de rotación, el motor con mayor velocidad media del pistón (mayor carrera) está sujeto a fuerzas de inercia más elevadas y por lo tanto a un mayor esfuerzo perdido sobre el bloque, o lo que es lo mismo, a igual velocidad media del pistón el motor con mayor cilindrada es el que pierde más esfuerzo sobre el bloque por poseer mayor masa los pistones.⁵⁰ Cuando el embolo llega al PMS se detiene para cambiar el sentido de su movimiento, por lo que en este punto su velocidad es nula, a medida que baja va aumentando su velocidad máxima, que va disminuyendo para ser nula en el PMI.⁵¹

Fig. 9-9 Velocidad Del Pistón En Función De La Carrera



Fuente: FIAT BUSINESS UNIT, Automoción: Motores Térmicos Y Sus Sistemas Auxiliares. Italia p 11

Para obtener la velocidad del embolo para nuestro caso partimos de la siguiente ecuación, en donde como ya se indicó dependerá directamente de la carrera del pistón y de las revoluciones a las que este girando el volante de inercia; para de esta manera finalmente obtener el valor de la velocidad del embolo que se indica a continuación:

⁵⁰ FIAT BUSINESS UNIT, Automoción: Motores Térmicos Y Sus Sistemas Auxiliares. Italia p 9,11

Formula 4 SANZ G. Angel, Tecnología De La Automoción 2.2, Editorial Bruño, Madrid, 1991, p39

⁵¹ CEAC, Manual CEAC Del Automóvil, Grupo Editorial CEAC, Barcelona, 2002, p 38

$$V_m = \frac{V_r \cdot 2 \cdot L}{60}$$

$$1000 \text{ rpm} \cdot 2 \cdot 73.4 \text{ mm}$$

$$60$$

$$V_m = 2.446 \text{ m/s}$$

9.4.7 ANALISIS Y CALCULOS DE POTENCIA Y PRESIONES PARA EL MOTOR

La potencia es el trabajo realizado por el motor en una unidad de tiempo, la potencia depende de distintos factores, entre ellos la R_c , V_u , la carrera, L rpm; cabe resaltar que parte de la potencia se consume en vencimiento de rozamientos. Se distinguen varias clases de potencia: indicada, efectiva y absorbida que se analizarán más adelante.

La potencia desarrollada en el interior del cilindro (potencia indicada) del motor no se transmite íntegramente al eje motor de salida (potencia efectiva) si no que por parte de esta potencia es absorbida, o mejor dicho, perdida debido a los rozamientos de los diferentes órganos mecánicos del motor; a esta potencia perdida es la denominada "potencia absorbida por las resistencias pasivas".⁵²

En un motor, en cuanto mayor sea su cilindrada mayor puede ser la cantidad de mezcla en el aire y de gasolina que puede introducir en sus cilindros y por consiguiente mayor será la fuerza generada cuando se produce la explosión de la mezcla por el efecto de la chispa en la bujía. De esta forma la potencia que nos da el motor será mayor si aumenta el número de explosiones por unidad

⁵² www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos. Acceso : 21 De Diciembre De 2013

de tiempo para una misma cilindrada y para un mismo llenado de los cilindros, entenderemos que la potencia aumentara. Así la potencia dependerá directamente de a cilindrada y del número de revoluciones de motor.⁵³

Se llama potencia indicada a la que realmente se desarrolla en el cilindro por el proceso de combustión. Una de las formas de determinar es atreves del valor de la presión medida indicada del ciclo, que viene determinada por la altura del rectángulo de área equivalente a la del ciclo, y representa la relación existe entre el área del ciclo A y la cilindrada unitaria.⁵⁴

La potencia indicada para nuestro caso fue obtenida en el banco de pruebas: $P_i = 55.9\text{Kw}$. Por medio de la Presión indicada es posible obtener la Presión media indicada, lo cual se indica a continuación:

$$P_i = \frac{P_i \cdot V_u \cdot N}{120} =$$

$$P_i = \frac{P_i \cdot 120}{V_u \cdot n} =$$

$$55,949 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^3} \cdot 120$$

$$P_i = \frac{\quad}{0,347143 \times 5260 \text{ rpm}}$$

$$P_i = \frac{6713880}{1655.397} =$$

$$P_i = 4.05573 \text{ Kg/ms}^2$$

⁵³ JJ De Felipe. Mecánica De Fluidos En Motores Térmicos. E.U.P. M. P 1.

⁵⁴ www.automotriz.net.com Acceso 21 De Diciembre De 2013.

Formula 6 ALONSO J.M Técnicas Del Automóvil. Editorial Thomson Paraninfo 10 Edición. España.p53.

Una vez encontrado el valor de la Presión media indicada, es posible obtener el valor de la fuerza sobre la cabeza del pistón. Esta fuerza se produce en el momento de la explosión y será mayor mientras menor sea las revoluciones a las que se encuentra girando el motor:

$$F = P_i \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$F = \frac{4,055,75 \cdot \pi (0,0734m)^2}{4} =$$

$$F = 17.16 \text{ KN}$$

9.4.7.2 Par Motor Y Potencia Efectiva

El par motor es la fuerza (F) que se aplica en el pistón y este a vez la transfiere a la biela para finalmente llegar a la codo del cigüeñal para hacerlo girar, produciéndose de esta manera un esfuerzo de rotación o giro, sino al contrario, debido a que la mayor presión dentro del cilindro se consigue con un mejor llenado del mismo, aumentando de esta manera el par motor. El par motor por el régimen de giro, da la potencia del motor.

De esta manera, la potencia efectiva es generada por el par motor, y se conoce también como potencia al freno, ya que se mide empleando un dispositivo frenante que aplicado al eje motor, se opone al par motor permitiendo medir su valor.⁵⁵

De esta manera podemos decir que el par motor representa la capacidad del motor para producir trabajo, mientras que la potencia efectiva es la medida de la capacidad del trabajo realizado por el motor en un determinado tiempo. Tomando en cuenta esto parámetros damos a conocer la potencia efectiva obtenida para nuestro motor:

⁵⁵ www.automotriz.net.com Acceso 16 De Diciembre De 2013.

Md= Potencia efectiva

n = 3010 rpm

$$P_e = \frac{M_d \cdot n}{9550} = \frac{110,3 \text{ NM} \cdot 3010 \text{ rpm}}{9550} = 34,764 \text{ kw}$$

9.4.7.3 Presión Media Efectiva

Se considera como un presión ficticia que si actuaría sobre el pistón durante la carrera completa, produciría la misma cantidad de trabajo neto que el producido durante el ciclo real, mientras se mayor el valor de la presión media efectiva mayor será el valor del trabajo neto por ciclo.

Esta presión nos ofrece una indicación del empuje de los gases durante las fases de combustión y expansión, así como de las pérdidas por calor o fricción durante un ciclo operativo en un motor, por lo que es un parámetro fundamental para valorar las prestaciones del motor.

$$P_i = \frac{V \cdot n \cdot \text{PME}}{1200}$$

$$\text{PME} = \frac{1200 \cdot P_i}{V_t \cdot n} = \frac{1200 \cdot 55,9 \text{ kw}}{1388 \text{ cm}^3 \cdot 5260 \text{ rpm}} = \frac{67080}{7300880} =$$

PME= 9,1879 x 10⁻³ bar de sobrepresión

9.4.7.4 Análisis De La Pérdida De Potencia

Es claro que la diferencia entre la potencia indicada dada por el fabricante y la obtenida en las pruebas realizadas en el capítulo 1, tiene un margen de variación en su valor; lo que se indica a continuación.

P. fabrica	P. obtenida
71,615 kw	55,9kw
PP= 15,715 kw	

La diferencia entre de la potencia indicada entre el valor teórico y el valor obtenido en las pruebas realizadas, se debe principalmente a que los valores teóricos se obtiene directamente en los bancos dinamométricos en el volante de inercia, por lo que la potencia y el par no tiene que pasar por las diferentes partes móviles hasta llegar a las ruedas.

Formula 8 KINDLRE Hans, Caculos Técnicos Para El Automóvil. Editorial Reverte, 8va Edición. España 1987. P 153

Formula 9 ALONSO J.M Técnicas Del Automóvil. Editorial Thomson Paraninfo 10 Edición. España. P 51

Formula 10 Relación De Los Autores. Diferencia De La Pi Teórica Y La Pi Obtenida.

Las condiciones ambientales a las que el motor es sometido por el fabricante para obtener la potencia y el torque so manipuladas según sus conveniencias.

9.4.7.4.1 Potencia Absorbida

Otro factor por lo que el valor de la potencia indicada obtenida es menor al valor teórico, se debe a que una parte de la potencia desarrollada por el motor se utiliza para vencer los rozamientos entre las partes mecánicas en movimiento tales como: pistones, cojinetes, caja de velocidades, embrague; además, para accionar los diferentes órganos que reciben el movimiento del motor como: ejes, semiejes, bombas mecánicas, ruedas; y para realizar el trabajo de bombeo del fluido en el cilindro. La potencia absorbida por cada uno de estos factores resulta difícil de medir, dada la diversidad de pérdidas por rozamiento y las alteraciones de su valor al variar así condiciones de su funcionamiento del motor. De esta manera se puede obtener su valor total midiendo la potencia indicada y restándola de la potencia efectiva previamente calculada; as tenemos los siguientes resultados:

$$P_a = P_i - P_e$$

$$P_a = 55,9 \text{ kw} - 34,764 \text{ kw}$$

$$P_a = 21,136 \text{ kw}$$

9.4.7.4.2 Perdida De Potencia Por Altura

Los motores de combustión interna son diseñados para funcionar en diferentes alturas y condiciones climáticas, pero el inconveniente que se da es que por la variación del estado y la densidad del aire influye para aumentar o disminuir la potencia, con un tipo de aire denso o frio, mas aire será aspirado por consiguiente aumentando la potencia, por ejemplo un aire húmedo contiene menos oxígeno que un aire seco por lo que reduce la potencia.

Este aspecto es importante conocer, debido a que para nuestro proyecto las pruebas para obtener la potencia y el par reales se realizan a una altura de 2600 m.s.n.m lo que también influye en la variación de los valores reales con los teóricos. Por ejemplo, el rendimiento de un vehículo es mayor al nivel del mar, que en lugares a 2600 m.s.n.m.

Formula 11 ALONSO J.M Técnicas Del Automóvil. Editorial Thomson Paraninfo
10 Edición. España. P 55

Tabla 9-1 Variación De La Densidad Del Aire Según La Altura Sobre El Nivel Del Mar

Altura (m)	Temperatura °K	Presión mmHg	Presión Bar	Densidad Kg/m ³
0	288	760	1.013	1,225
200	286,8	742	0.989	1,202
400	285,4	725	0,966	1,179
600	284,4	707	0.942	1,156
800	282,9	690	0.920	1,134
1000	281,6	674	0.898	1,112
1400	279	642	0.856	1,070
1600	277,7	626	0.834	1,048
2000	275,1	596	0.794	1,007
2200	273,8	582	0.776	0,987
2400	272,5	567	0.756	0,967
2600	271,2	553	0.737	0,947
2800	269,9	539	0.718	0,928
3000	268,6	526	0.701	0,909

Fuente: Giacosa, Dante, (1984) Motores Endotermicos, p.186.

Para obtener una relación de la variación de potencia en diversas condiciones de temperatura y presión ambiente, se parte de la presión estándar de 760 mm Hg y de la temperatura 15°C; para de esta manera obtener la pérdida de la potencia por la altura para nuestro caso tenemos:

$$P_o = P_e \frac{P_o}{p} \sqrt{\frac{T}{T_o}} \quad (12)$$

Dejando Po de la formula anterior tenemos que:

$$PP = P_o - P_e$$

$$P_e = P_o \cdot \frac{P}{P_o} \left(\frac{\sqrt{T_o}}{T} \right)$$

$$P_e = 97,369 \text{ cu.} \cdot \frac{0,737 \text{ bar}}{1,013 \text{ bar}} \cdot \left(\frac{\sqrt{288 \text{ °k}}}{271,2 \text{ k}} \right)$$

$$P_e = 73,006 \text{ cv} \quad \text{o} \quad 53,695 \text{ kw}$$

Formula 12 Giacosa, Dante, (1984) Motores Endotérmicos, p 185.

El motor a 2600 m.s.n.m tendría una potencia de = 73.06 CV= 53,7 Kw. De esta manera la pérdida de potencia Pp que tendría el motor es la siguiente:

$$PP= 97,369 \text{ Cv} - 79,006 \text{ Cv}$$

$$PP= 24,363 \text{ Cv A } 2600 \text{ msnm}$$

9.4.7.4.3 Porcentaje De Pérdida De Potencia.

Tomando el valor de potencia indicada dada por el fabricante y los valores de la potencia indicada medida en el banco de pruebas y el valor de la potencia efectiva calculada, se obtiene los siguientes porcentajes de las potencias para conocer cuánto está rindiendo el vehículo y cuanta pérdida existe en tanto por cierto:

Potencia indicada Teórica.	71,615kw	100%	= 78,056
Potencia indicada obtenida.	55,9 kw	x	

Potencia indicada obtenida.	71,615kw	100%	=48,537
Potencia efectiva.	55,9 kw	x	

$$\% \text{ de pérdida de potencia indicada a } 1600 \text{ msnm} = 10090 - 78,050 \%$$

$$= 21,94\%$$

$$\text{Porcentaje perdida de Pi obtenida con potencia efectiva} = 78,050 - 48,537$$

$$= 29,516 \%$$

9.4.8 ANALISIS Y CALCULOS DE RENDIMIENTOS PARA EL MOTOR

Se denomina rendimiento, en general a la relación existente entre la cantidad de energía recogida y la suministrada. En los motores térmicos como en nuestro caso, resulta oportuno considerar los diversos conceptos de rendimiento que se indican a continuación:⁵⁶

9.4.8.1 Rendimiento Termodinámico Del Ciclo Otto.

El rendimiento térmico se obtiene de los ciclos ideales, esto quiere decir, que es el resultado de un proceso donde no existen pérdidas de calor es decir al calor constante. No tiene relación con la cilindrada del motor, sino solamente con la relación de compresión; de esta manera mientras más elevada sea mejor será su rendimiento

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\left(\frac{R}{C}\right)^{\gamma-1}}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{9,5^{1,4-1}}$$

$$\eta_t = 0,59364$$

9.4.8.2 Rendimiento Mecánico.

Es la relación entre el trabajo efectivo disponible en el volante motor y el trabajo teórico o indicado. En el trabajo efectivo se toma en cuenta las pérdidas mecánicas por fricción de los componentes en movimiento como el conjunto biela – manivela y los órganos auxiliares como bomba de aceite, bomba de agua, alternador etc. Según estos factores que intervienen en el motor y sus

⁵⁶ ALONSO J.M Técnicas Del Automóvil. Editorial Thomson Paraninfo 10 Edición. España. P 57

Formula 13 Giacosa, Dante, (1984) Motores Endotérmicos, p 185.

acoplamientos el valor del rendimiento mecánico fluctúa entre valores del 80 y 90% para motores de gasolina.⁵⁷

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{34,76 \text{ kw}}{55,9 \text{ kw}} = 0,62182$$

9.4.8.3 Rendimiento Total.

Es la relación que existe entre el trabajo efectivo obtenido en el eje motor y el equivalente a la energía calorífica del combustible consumido; en términos de potencia el rendimiento total es la relación entre la potencia efectiva y la teórica. De esta manera tenemos el siguiente resultado:

$$\eta_T = \eta_m \cdot \eta_{\text{m}} \cdot \eta_{\text{v}}$$

$$\eta_T = 0,59364 \cdot 0,62182$$

$$\eta_T = 0,36913$$

2.4.8.4 Rendimiento Volumétrico.

Este tipo de rendimiento está relacionado con la potencia del motor porque es la relación entre el peso de los gases efectivamente introducidos en el cilindro y el peso de la carga teórica completa del cilindro.

El peso de aire que es introducido en el cilindro se obtuvo en la prueba de gases en la ciudad de Bogotá por los mismos que se hará el cálculo a 2600 msnm que es la altitud de dicha ciudad. Para este cálculo se tomarán los datos al mismo número de revoluciones que se obtiene el par motor máximo.

⁵⁷ Pugo Pablo, Diego Torres, Tesis De Grado, "Selección de un turbo cargado", Cap. 1, p 5.
Formula 14 ALONSO J.M Técnicas Del Automóvil. Editorial Thomson Paraninfo 10 Edición. España. P 57

Formula 15 ALONSO J.M Técnicas Del Automóvil. Editorial Thomson Paraninfo 10 Edición. España. P 58

$$\text{rpm} = 3072$$

$$m_{\text{real}} = 27.55 \text{ gr}$$

El caudal teórico que es aspirado a 3072 rpm, se lo obtiene en función del siguiente análisis matemático:

$$QT = Vu \cdot \frac{\text{Aspiraciones}}{\text{min}} \cdot N$$

$$QT = 347,143 \text{ cm}^3 \cdot \frac{3072 \text{ asp}}{2 \cdot \text{min}} \cdot 4 = 2,13284 \times 10^6 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60}$$

$$QT = 2,13284 \times 10^6 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 35547,3333 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 0,0354733 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para encontrar la masa de aire teórica en función de la gravedad realizamos el siguiente cálculo:

$$d = 2600 = \frac{m_{\text{teórico}}}{\frac{\text{seg}}{QT}}$$

$$947 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3} = \frac{m_{\text{teórico}}/\text{seg}}{0,0354733 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$m_{\text{teórico}} = 947 \text{ gr/m}^3 \times 0,0354733 \text{ m}^3/\text{s} = 33,59321 \text{ gr}$$

nv= Rendimiento volumetrico

$$nv = \frac{m_{real}}{m_{teorico}} = \frac{27,55 \text{ gr}}{33,59351} = 0,82 = 82\%$$

El rendimiento volumétrico (nv) del motor sin turbo compresor a 2600 msnm es del **82%**, y para los motores con turbo alimentadores este rendimiento volumétrico se encuentra entre el 85 y 98%.

También conocido como rendimiento efectivo del motor, es un valor calculado mediante el producto de los rendimientos obtenidos del motor; este rendimiento es un factor importante para calcular el consumo específico del combustible y poder determinar el tipo de turbocompresor que se utilizara para nuestro vehículo

Formula 17 Bosch, Robert, Manual De la Técnica Del Automóvil. 1996. p178.

Formula 18 Bosch, Robert, Manual De la Técnica Del Automóvil. 1996. p178.

Formula 19 Giacosa, Dante, (1984) Motores Endotermicos, p 127.

9.4.8.5 Rendimiento Útil.

El rendimiento útil se lo calcula tomando en cuenta la altura a la que el vehículo se encuentra en funcionamiento, para nuestro caso tomamos 2600 msnm, ya que los valores obtenidos fueron a esta altura sobre el nivel del mar. Dentro del cálculo del rendimiento útil, interviene el rendimiento del diagrama que al compararlo con el teórico, se determina el grado de calidad del mismo que suele estar comprendido entre el 75 y el 90 % ,por lo que se ha tomado el 75%.

$$n_v = n_t \cdot n_d \cdot n_m$$

$$n_v = 0,59364 \cdot 0,75 \cdot 0,62182$$

$$n_v = 0,2768$$

$$n_v = 28\% \text{ de rendimiento a } 2600 \text{ msnm}$$

9.5 ANALISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Dentro de este trabajo es importante analizar el consumo de combustible del vehículo, debido a que entre las ventajas de un vehículo sobrealimentado teóricamente, es la disminución de consumo de combustible.

Con un sistema de sobrealimentación se obtiene un mejor llenado de los cilindros, y el combustible al estar mezclado con la cantidad de aire necesaria tanto en bajas como en altas revoluciones, la combustión será más eficaz. Esta disminución de consumo de combustible, la comprobaremos de forma práctica una vez instalado el sistema de sobrealimentación.

Formula 20 Sanz González, Angel. Tecnología De La Automoción 2.2, Ediciones Don Bosco. Barcelona1981. p 73,74

2.5.1 CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE (Gpe)

Este cálculo de consumo está indicado por la cantidad de combustible absorbido por el motor en gramos por cada caballo vapor de potencia útil obtenida, el mismo que puede cambiar de valor al variar el número de revoluciones por minuto y la carga. El consumo específico del combustible se relaciona directamente con los m.s.n.m en los que el motor se encuentra funcionando; de esta manera la relación para determinar el consumo específico del combustible es la siguiente:

$$G_{pe2} = \frac{632300 \text{ cal}}{Q_e \times \eta_2} \quad [\text{gr. /cv-h}] \quad (21)$$

En donde

- El poder calorífico de la gasolina es de 10550 cal/kg⁵⁸.
- El rendimiento útil del motor es de 0.3083⁵⁹ se obtiene:

$$\frac{62300 \text{ cal}}{10550 \text{ CAL / kg} \cdot 0,2768} = 216,52 \text{ gr/cv.h}$$

9.5.2 NIVELES REALES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

Para los niveles reales de consumo de combustible, se realiza un análisis que nos permite obtener el consumo de combustible en kilómetros por galón que el motor nos da en concisiones estándar; cabe señalar que para el cálculo se ha

⁵⁸ <http://www.km77.com/tecnica/alternativas/alcohol/texto.asp> Acceso: 16 De Diciembre De 2013.

Formula 21 Sanz González, Angel. Tecnología De La Automoción 2.2, Ediciones Don Bosco. Barcelona1981. p 73,74

⁵⁹ <http://www.km77.com/tecnica/alternativas/alcohol/texto.asp> Acceso: 16 De Diciembre De 2013.

llenado por completo el tanque de combustible y se ha recorrido en diferentes condiciones, obteniendo los siguientes resultados:

12.839 580.1 km

1 Galón X

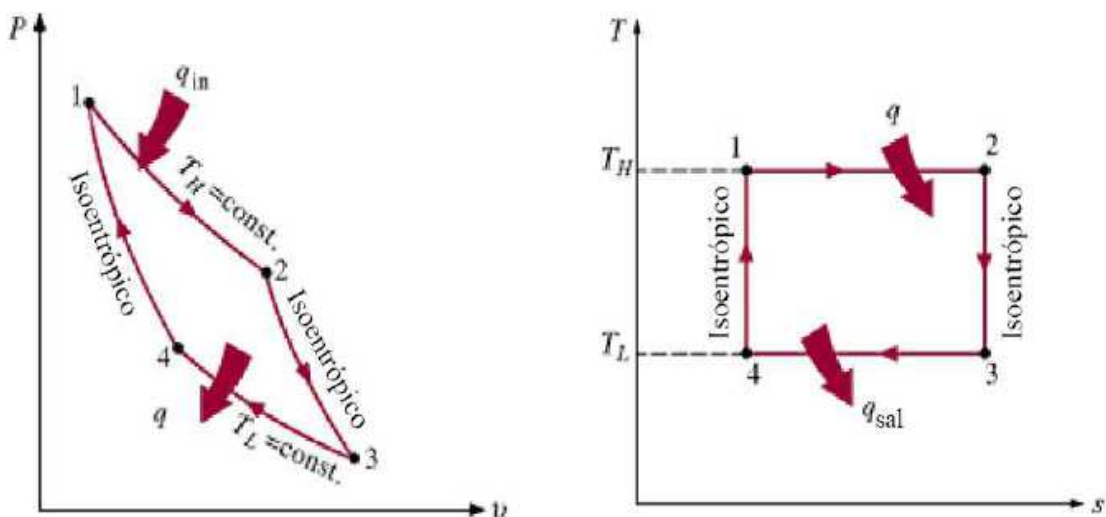
$$X = (1 \text{ Galon} \times 580.1 \text{ km}) / 12.839 \text{ galones}$$

$$X = 45.1826 \text{ km de recorrido por 1 galón de combustible}$$

9.6 ANALISIS Y ESTUDIO TERMODINAMICO DEL MOTOR OHC

Para realizar el análisis de los ciclos de potencia que se efectúan en los dispositivos reales se dificulta por la presencia de fuerzas creadas por los mismos elementos móviles que componen los dispositivos, entre las fuerzas podemos encontrar es la fricción. Otro efecto que causa problemas para el estudio de estos ciclos es la ausencia de tiempo suficiente para establecer las condiciones de equilibrio durante el ciclo. Par poder realizar el estudio de uno de estos ciclos, es conveniente que todas las complejidades que se mantengan en un nivel aceptable y se aplique la utilización de algunas idealizaciones.

Fig. 9-10 Diagramas P-v Y T-s De Un Ciclo De Carnot.



Fuente: www.todomotores.cl/mecanica/ciclos Acceso: 15 De Diciembre De 2013.

Las ideas principales y la simplificación de las complejidades para realizar el análisis de los ciclos de potencia son las siguientes:

1. El ciclo no implica ninguna fricción. Por tanto, el fluido de trabajo no experimenta ninguna reducción de presión cuando fluye en tuberías o dispositivos como los intercambiadores de calor.
2. Todos los procesos de expansión y compresión dentro de un ciclo de potencia, se dan en el modo cuasi equilibrio.
3. Las tuberías que conectan a los diferentes componentes de un sistema están muy bien aisladas y la transferencia de calor por ellas es despreciable. Por lo que para nuestro calculo no serán tomadas en cuenta.

9.6.2 SUPOSICIONES DE AIRE ESTANDAR.

En los ciclos de potencia de gas, el fluido de trabajo para todo el ciclo es un gas. Los motores de automóvil de encendido de chispa, los motores diésel y las turbinas de gas convencionales son ejemplo de dispositivos que operan en el ciclo de gas. En todas estas máquinas la energía se suministra al quemar un combustible dentro de las fronteras del sistema, es decir, son máquinas de combustión interna.

Los ciclos de potencia de gases reales son bastantes complejos y para llevar a cabo su análisis utilizaremos las siguientes aproximaciones conocidas como las suposiciones de aire estándar:

1. El fluido de trabajo es aire que circula de modo continuo en un circuito cerrado y siempre se comporta como un gas ideal.
2. Todos los procesos que integran el ciclo para un motor de combustión interna, son internamente reversibles.
3. El proceso de combustión es sustituido por un proceso de adición de calor desde una fuente externa.
4. El proceso de escape es sustituido por un rechazo de calor que regresa el fluido de trabajo a su estado inicial.

9.6.3 BALANCE TERMICO.

Como hemos visto una pequeña parte de la energía térmica del combustible quemado se transforma en energía mecánica; el resto de la energía se reparte y dispersa en caminos diferentes:

- ❖ El agua de refrigeración (20 a 25%)
- ❖ Los gases de escape (35%)

- ❖ Por radiación (20%)
- ❖ Total de perdidas (75%)

Resistencias pasivas se disipa mediante el aceite lubricante y la refrigeración y radiación.

9.6.4 ANALISIS Y DESCRIPCION DEL CICLO TEORICO PARA LOS MOTORES DE CUATRO TIEMPOS Y ENCENDIDO POR CHISPA.

9.6.4.1 Proceso De Admisión.

En este proceso la válvula de admisión permanece abierta y el pistón y recorre desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior el cilindro se llena de mezcla y teóricamente ocupa la totalidad del cilindro . La presión que existe en este proceso es la presión de la mezcla de entrada y en los motores a la presión atmosférica. A este proceso se le considera isobárico esto quiere decir que se realiza a una presión constante todo el proceso.

Al final del proceso de admisión es el punto donde empieza el proceso de comprensión la temperatura y la presión serán iguales a la temperatura del aire que ingresa y a la presión con la que la mezcla está entrando al cilindro.

9.6.4.2 Proceso De Comprensión

En este proceso las válvulas (admisión y escape) permanecen cerradas, la carrera que realiza el pistón es un recorrido ascendente desde el punto muerto inferior hacia el punto muerto superior y la mezcla es comprimida en el interior del cilindro, al final de este tiempo el aire ocupa únicamente el espacio de la cámara de combustión y alcanza una presión proporcional a su relación de comprensión. Este proceso la temperatura se eleva considerablemente por la alta relación de comprensión del motor.

Por el calentamiento que experimenta el aire se provoca una dilatación del mismo que al estar en la cámara de combustión no puede expandirse y por esta se da un aumento de la presión. La curva que se describe en este proceso se la considera adiabática, que quiere decir, que en el recorrido no existen perdidas de calor a través de las paredes del cilindro.

9.6.4.3 Proceso De Combustión

En este proceso la bujía produce una chispa eléctrica que inflama la mezcla encerrada en la cámara de combustión y provoca una expansión de los gases

quemados ejerciendo una fuerte presión sobre el pistón empujándolo hacia el punto muerto inferior, la presión baja progresivamente por el aumento del volumen durante la expansión este proceso lo podemos dividir en tres fases para facilitar la explicación del mismo, la primera será la fase en la que se realiza la combustión de los gases antes de que el pistón empiece su carrera descendente, la segunda fase es la expansión en el cual el pistón realiza la carrera desde el punto muerto superior al punto muerto inferior y la tercera se produce cuando se da la apertura de la válvula de escape.

Para la construcción del diagrama del ciclo teórico la primera fase se la considera que es una combustión a volumen constante con una aportación de calor, la cual eleva de manera considerable la presión y la temperatura. En la segunda fase este recorrido se lo considera Adiabático (sin pérdida de calor). Para la finalización en la tercera fase de este proceso se abre la válvula de escape y debido a la presión que existe en el interior del cilindro los gases salen rápidamente hacia el exterior hasta que la presión dentro del cilindro sea igual a la presión atmosférica, esta parte del proceso se lo realiza teóricamente a volumen constante.

9.6.4.4 Proceso De Escape

En este proceso la válvula de escape permanece abierta y el pistón en su carrera ascendente realiza el llamado barrido de los gases residuales que se conservan en el cilindro, este barrido se realiza a presión constante y teóricamente se lo considera que está a presión atmosférica.

9.6.5 DIAGRAMA REAL A SER CONSIDERADO PARA EL MOTOR

Una vez realizado el análisis y el estudio del ciclo de funcionamiento para un motor de combustión interna, es importante dar a conocer el diagrama del ciclo; debido a que estos nos permiten darnos cuenta de la localización de cada uno de los procesos presentes en el ciclo, para de esta manera realizar los cálculos necesarios.

Para realizar el diagrama característico de un motor, se debe tomar en cuenta el trabajo efectuado en el cilindro en el que se presentan dos variables:

- ❖ La presión existente en la cabeza del embolo, que como ya fue indicado es proporcional a la fuerza sobre el pistón, que fue calculada anteriormente.

- ❖ El recorrido efectuado por el embolo; la presión sobre el embolo depende del tiempo que esté haciendo y del punto de su carrera en que se encuentra. La porción de carrera efectuada por el embolo es proporcional al volumen que deja libre.

Estas dos variables (Presión y volumen) presentes dentro del cilindro dependen la una de la otra, y la relación entre estas, es posible interpretarla en el diagrama teórico del ciclo de funcionamiento.

En el siguiente diagrama se puede observar los procesos presentes en el ciclo, los cuales deberán ser tomados en cuenta para realizar nuestro diagrama según los datos obtenidos en el análisis y construcción del diagrama para nuestro motor.

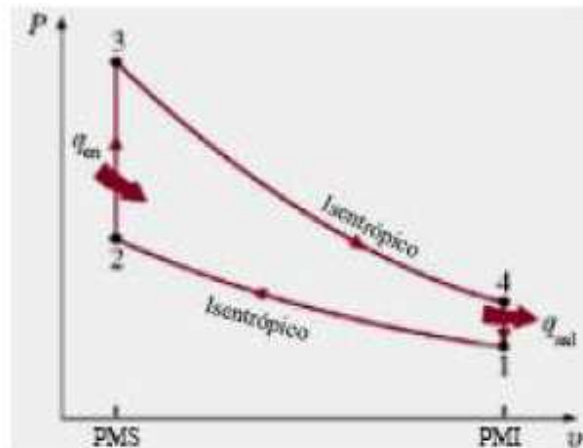
Fig. 9-11 Diagrama Real Del Motor De 4 Tiempos Encendido Por Chispa.



Fuente: CEAC, Manual CEAC Del Automóvil, Grupo Editorial CEAC, Barcelona, 2002 P 47.

El diagrama ideal para los motores de combustión interna, es importante también que sea considerado; debido a que nos permite darnos cuenta de las características que cada proceso posee en el momento de realizar el análisis y los cálculos termodinámicos; por ejemplo, si el proceso es isotrópico y cuando el volumen dentro del cilindro es constante.

Fig. 9-12 Diagrama De Ciclo Otto Ideal.



Fuente: CENGEL Yunus. Termodinámica. 4ta Edición. México. 2002p 324

En el diagrama del ciclo Otto ideal (figura 9-12) se observa que existe el calor de entrada (proceso 2-3) que se produce en el momento del encendido por chispa y calor de salida (proceso 4-1), producido por la apertura de la válvula de escape; cuyos valores teóricos son importantes, y que serán calculados más adelante. La disipación de los calores presentes en los cilindros, así como la construcción del diagrama real depende además de las cotas de reglaje del motor, por lo que para ese caso deberían ser tomadas en cuenta.

9.6.6 CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA TEORICO P-v PARA EL MOTOR.

Por medio del análisis y los cálculos termodinámicos se pretende desarrollar un diagrama P-v lo más real posible ya que utilizaremos valores y datos reales obtenidos del motor. Además se pretende adivinar la temperatura y la Presión máxima que se producen en el ciclo de funcionamiento, así como la salida de trabajo neta, las temperaturas, las presiones, y volúmenes en cada proceso del ciclo. Estos datos nos permitirán establecer las características del turbo compresor como también las características de los elementos para los sistemas auxiliares; para de esta manera evitar fallas de funcionamiento, sobrepresiones, elevadas temperaturas, exceso de consumo de combustible, entre otras que den lugar al deterioro prematuro de las condiciones mecánicas y estructurales del motor.

Para realizar los cálculos termodinámicos es necesario tomar en cuenta ciertos aspectos como los que se indican a continuación:

- ❖ El proceso de adicción de calor se realiza a volumen constante

- ❖ Los valores de los calores específicos varían con la temperatura.
- ❖ Los cambios de energía cinética y potencial son despreciables.

Tomando en cuenta todas estas consideraciones, a continuación analizamos cada uno de los procesos presentes en el ciclo para motores de combustión interna para de esta manera obtener el diagrama P-v.

9.6.6.1 Determinación De La Temperatura Del Aire De Admisión.

Para el análisis termodinámico de nuestro motor, es importante determinar la temperatura con la que el aire ingresa al múltiple de admisión con el vehículo estándar; para esto se ha utilizado un multímetro de temperatura con una sonda, la misma que se ubicó dentro del conducto de admisión como se observa en la siguiente figura.

Fig. 9-13 Medición De La Temperatura Del Aire De Admisión.



FUENTE: Autores

El valor obtenido de la temperatura del aire de admisión se tomó en 45°C. Este valor sufre una variación de $\pm 2^\circ\text{C}$ dependiendo del régimen de giro al cual se encuentra el motor, de esta manera el valor tomado se produce entre los 2500 a 3500 rpm.

Fig. 9-14 Valor De La Temperatura Del Aire De Admisión.



FUENTE: Autores

9.6.6.2 Proceso 0-1 (Admisión)

Conociendo las condiciones en las que fueron realizadas las pruebas para la determinación de la potencia y par motor, partimos de los siguientes datos del motor para el análisis termodinámico en cada uno de los procesos del ciclo de funcionamiento:

T ambiente	= 24.6°C
T aire aspirado	= 45°C
P aire	= 720.9 hPa = 72.09KPa
P atmosférica	= 101.325 KPa
P atmosférica	> P aire

Como se puede observar la Presión del aire aspirado en el múltiple de admisión es inferior a la presión atmosférica, interpretando este valor como depresión; esta depresión es normal dentro de los motores atmosféricos estándar y por medio de la implementación del sistema de sobrealimentación lo que se buscara es la obtención del aumento de la presión de admisión de aire.

Partiendo del valor de la temperatura de admisión que fue tomada de forma práctica y utilizado en la tabla A-17 del libro cengel Yunus .Termodinámica 4ta

edición. México. 2002, procedemos a obtener los siguientes valores para el proceso 0-1.

$$T1 = 45^{\circ}\text{C}$$

$$T1 = 45 + 273$$

$$T1 = 318^{\circ}\text{K}$$

Es necesario a partir de la temperatura de admisión en grados kelvin o en temperatura absoluta; de esta manera encontramos los valores del volumen específico relativo y de la energía interna específica por medio de interpolación para el punto 1 que corresponde al final de la admisión:

T	U	VR
315	224,85	549, 8
318	V1	Vr1
320	228,42	528,6

$$U1 = 226,992 \text{ kJ/kg}$$

$$VR1 = 537,08$$

9.6.6.3 Proceso 1-2 (Comprensión)

A demás de conocer los datos del punto anterior, es necesario conocer el valor de la relación de compresión, dato que se obtiene de la tabla 1.1. De esta manera es posible realizar los cálculos para este proceso.

Algunas veces se proporciona razones de volúmenes específicos en lugar de razones de presión, en particular cuando se analizan motores automotrices. En estos casos, se necesita trabajar con razones del volumen, por lo que se define

otra cantidad relacionada con las razones de volúmenes específicos para proceso isotrópicos o adiabáticos de gas ideal.⁶⁰

La ecuación que se indica a continuación explica la variación de los calores específicos con la temperatura por lo que dan un resultado más exacto:

$$\frac{v_{r2}}{v_{r1}} = \frac{v_2}{v_1} \quad (19)$$

Analizando la fórmula 19 y relacionándola con la relación de compresión, que es la relación que existe entre el máximo volumen formado en el cilindro y el mínimo volumen se obtiene la siguiente ecuación, para obtener el volumen relativo específico del punto 2:

$$\frac{v_{r2}}{v_{r1}} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{R_c} \quad (20)$$

Tomando una sola igualdad de la ecuación (20), se puede realizar el siguiente análisis para determinar el valor del volumen relativo específico del punto 2 de este proceso:

$$= \frac{537,08}{9,5} = 56,53 \text{ VR}_2$$

Con el valor de V_{r2} es posible obtener los siguientes valores para el proceso 1-2 por medio de la tabla A-17 de gas ideal del libro Cengel Yunus. Termodinámica 4ta edición. México. 2002:

⁶⁰ CENGEL Yunus. Termodinámica. 4ta Edición. México. 2002p 324

Formula 19 CENGEL Yunus. Termodinámica. 4ta Edición. México. 2002p 324

T	U	VR
750	551,99	57,63
T2	V2	56,53
760	560,01	55,54

$$U2 = 556.211 \text{ KJ/Kg}$$

$$T2 = 755.263 \text{ }^\circ\text{K}$$

Formula 20 CENGEL Yunus. Termodinámica. 4ta Edición. México. 2002p 448

Durante este proceso se origina el aumento de presión por lo que es importante calcularla, para esto se utiliza la ecuación de estado de gas ideal dos veces en donde es posible simplificar la masa, la cual en este proceso es fija (no sufre variación en su valor en este proceso); quedando así las propiedades de un gas ideal en dos estados diferentes de la siguiente manera:

$$\frac{P_1 \cdot v_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot v_2}{T_2} \quad (21)$$

Despejando la presión 2 para este proceso se tiene:

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot v_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot v_2}$$

Sin embargo no es posible obtener la presión 2 debido a que se carece el valor de los volúmenes específicos tanto del punto 1 como del punto 2, de tal manera que se requiere realizar el siguiente análisis: De la fórmula número 20 obtenemos la siguiente relación en la que interviene los volúmenes específicos 1 y 2 y la relación de compresión del motor

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{R_c}$$

$$R_c = \frac{v_1}{v_2}$$

Remplazamos la relación obtenida de los volúmenes específicos en la fórmula 21 donde se despeja la presión en el punto 2 obtenido:

$$P_2 = \frac{72,09 \text{ KPa} \cdot 755,263^\circ \text{K}}{318^\circ \text{K}} \times 9,5 = 1626,558 \text{ Kpa}$$

9.6.6.4 Proceso 2-3 (Explosión) Adición De Calor A Volumen Constante.

Durante este proceso existe una elevación en la temperatura por el aumento del calor en un volumen constante. En esta parte del ciclo se presenta el calor de entrada (q_{in}) que será necesario determinar su valor. Para determinar los valores de presión y temperatura de este proceso es necesario analizar la ecuación del gas ideal en la cual se deduce que a bajas presiones el volumen de un gas es proporcional a su temperatura.⁶¹

⁶¹ CENGEL Yunus. Termodinámica. 4ta Edición. México. 2002 p 86

Formula 22 CENGEL Yunus. Termodinámica. 4ta Edición. México. 2002p 324

$$P_1 = R \cdot \frac{T_1}{v_1} \quad (22)$$

En donde:

- P = presión absoluta
- T = temperatura absoluta
- V = volumen específico
- R = cte de proporcionalidad = $0.287 \frac{\text{Kpa} \cdot \text{m}^3}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$

De la ecuación 22 es posible determinar la cantidad de volumen específico aspirado por el motor que se representa como V1 y que es parte del proceso de admisión; este análisis queda de la siguiente manera:

$$V1 = \frac{0,287 \frac{\text{Kpa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 318^\circ\text{k}}{72,09 \text{ kpa}}$$

$$V1 = 1,266000832 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

A continuación vamos a calcular el volumen específico de la mezcla al final de la compresión, partiendo de la relación de la ecuación 20; de esta manera se obtiene:

$$R_c = \frac{V_1}{V_2} =$$

$$V_2 = \frac{V_1}{R_c} = \frac{1,266000832 \text{ m}^3/\text{kg}}{9,5}$$

$$V_2 = 0,1332632455 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Este proceso se denomina como adición de calor, y se debe a que se produce un calor de entrada por acción de la chispa generada por la bujía sobre la mezcla comprimida. El calor de entrada es la relación entre el trabajo neto del ciclo y el rendimiento termodinámico; siendo necesario el siguiente análisis para la determinación del calor de entrada:

$$PME = \frac{W_{\text{neto}}}{v_{\text{max}} - v_{\text{min}}} \quad (23)$$

Para la ecuación 23, se considera el volumen máximo al volumen cuando el pistón se encuentra en el punto muerto inferior que es equivalente al volumen del punto donde termina la admisión y en nuestros cálculos anteriores lo hemos denominado como el v_1 y el volumen mínimo se lo considera al volumen que se obtiene al final de la compresión v_2 .

El valor de la presión media efectiva fue calculado durante el análisis termodinámico en el punto 9.4.7.3. Utilizando la ecuación antes mencionada es posible obtener la cantidad de trabajo neto del ciclo:

$$v_{\max} = v_1$$

$$v_{\min} = v_2$$

$$PME = \frac{W_{\text{neto}}}{v_{\max} - v_{\min}}$$

$$W_{\text{neto}} = PME \cdot (v_1 - v_2)$$

$$= W_{\text{neto}} = 9,1879 \times 10^{-3} \times \frac{1 \text{ kpa}}{0,01 \text{ gar sobre } p} *$$

$$(1266000832 * ,1332632455 \text{ m}^3/\text{kg}) = 1,040,7479 \text{ KJ/kg}$$

W neto= 1040.7479 KJ / Kg

Este proceso del ciclo Otto se ejecuta en un sistema cerrado, en donde el balance de energía para cualquiera de los procesos se puede expresar en unidad de masa; cabe señalar que nada de trabajo está implicado durante el proceso de transferencia de calor ya que como ya se ha indicado se produce a volumen constante.

En consecuencia la transferencia de calor (calor de entrada) hacia el fluido de trabajos e expresa en función de la eficiencia terminal y el trabajo neto del ciclo, de la siguiente manera:

$$q_{\text{en}} = V_3 - V_2$$

$$V_3 = q_{\text{en}} - V_2$$

$$V_3 = 104074 \text{ kj /kg} + 556,211 \text{ KJ / Kg}$$

$$\mathbf{V_3 = 1596,96. KJ / Kg.}$$

Formula 23, 24 CENGEL Yunus. Termodinámica. 4ta Edición. México. 2002 p 445

La transferencia de calor hacia el fluido de trabajo se produce por la presencia de la chispa durante este proceso; esta transferencia puede ser obtenida también de la siguiente manera:

$$q_{en} = u_3 - u_2 \quad (25)$$

La relación 25 nos permite determinar el valor de la energía interna específica (U) para el punto 3; así el análisis queda de la siguiente manera:

$$U_3 = 104074 \text{ kJ/Kg} + 556.211 \text{ KJ/Kg}$$

$$U_3 = 1596,96 \text{ KJ/Kg}$$

Partiendo del valor de la energía interna específica (u_3) del punto donde se determina la combustión y el pistón empieza a descender al PMI, se obtienen los siguientes valores para este proceso, utilizando la tabla A-17 de gas ideal del libro Cengel Yunus. Termodinámica 4ta edición. México 2002 aplicando el proceso de interpolación respectivo:

U	VR	T
1582,6	3,295	1900
1596,96	VR3	T3
1630,6	3,022	1950

$$Vr_3 = 3.21332 \text{ KJ/Kg}$$

$$T_3 = 1915.14 \text{ °K}$$

Formula 25 CENGEL Yunus. Termodinámica. 4ta Edición. México. 2002 p 447

Aplicando nuevamente la fórmula 21 podemos encontrar la presión en el punto 3 que permitirá posteriormente desarrollar el diagrama teórico de ciclo:

$$\frac{P_2 \cdot v_2}{T_2} = \frac{P_3 \cdot v_3}{T_3}$$

$$P_3 = \frac{P_2 \cdot T_3 \cdot v_2}{T_2 \cdot v_3}$$

Considerando que este proceso 2-3 (Explosión) se produce a volumen constante tenemos la siguiente relación:

$$\frac{v_2}{v_3} = 1$$

De esta manera se puede determinar el valor para la presión 3:

$$P_3 = \frac{P_2 \cdot T_3}{T_2} = 1$$

$$P_3 = \frac{1626,558 \text{ kpa} \times 1915,14^\circ \text{ k}}{755,263^\circ \text{ k}}$$

$$P_3 = 4124,5053 \text{ kpa}$$

9.6.6.5 Proceso 3-4 (Expansión Isotrópica De Un Gas Ideal).

Para este proceso partimos calculando el volumen específico relativo del punto 4 en base a la fórmula 20 de la siguiente manera:

$$\frac{v_{r4}}{v_{r3}} = \frac{v_4}{v_3} = R_c$$

$$v_{r4} = R_c \cdot v_{r3}$$

$$V_{r4} = 9.5 \cdot 3.21332$$

$$VR4 = 30,52654$$

En este proceso de expansión es posible calcular la temperatura y la energía interna específica por medio de la tabla A-17 del libro Cengel Yunus. Termodinámica 4ta edición. México 2002 en base al valor obtenido del volumen específico relativo del punto 4 y con el proceso de interpolación, se obtiene los siguientes valores:

U	VR	T
708,08	30,22	940
u4	30,53	T4
725,02	28,40	960

$$U4 = 705,194 \text{ KJ/Kg}$$

$$T4 = 936,539 \text{ °K}$$

Utilizando la ecuación 21 para las propiedades de un gas ideal en dos estados diferentes, se procede a calcular la presión en el punto 4, la relación para ese proceso queda entonces de la siguiente manera.

$$\frac{P_4 \cdot v_4}{T_4} = \frac{P_3 \cdot v_3}{T_3}$$

$$P_4 = \frac{P_3 \cdot v_3 \cdot T_4}{T_3 \cdot v_4}$$

Con la relación de los volúmenes específicos del punto 3 y el punto 4 de este proceso y con la relación de compresión del motor se obtiene:

$$\frac{v_4}{v_3} = R_c$$

$$\frac{v_3}{v_4} = \frac{1}{R_c}$$

Remplazando la última relación en la ecuación para gas ideal en dos estados, en donde se despejo P4 se obtiene el siguiente valor:

$$P_4 = \frac{4124,5033 \text{ kpa} \cdot 936,539 \text{ }^\circ\text{k}}{1915,14 \text{ }^\circ\text{k}} * \frac{1}{9,5} = 212,311 \text{ kpa}$$

9.6.6.6 Proceso 4-1 (Rechazo De Calor A Volumen Constante).

Durante este proceso se presenta la transferencia de calor desde el fluido de trabajo hacia el exterior, que se lo puede denominar también como calor de salida; es importante mencionar que durante el proceso nada de trabajo está implicado, de tal manera que la transferencia de calor de salida es posible determinar de la siguiente manera:

$$Q_{sal} = V_4 - V_1$$

$$Q_{sal} = 705,194 \text{ KJ /Kg} - 2206,992 \text{ KJ /Kg}$$

$$Q_{sal} = 478,202 \text{ KJ/kg}$$

Una vez determinado todos los parámetros o variables presentes en cada uno de los puntos de cada proceso del ciclo de funcionamiento del motor de combustión interna, es posible desarrollar el diagrama teórico para nuestro motor; a más de facilitar el entendimiento del funcionamiento del motor en forma gráfica, nos permitirá realizar posteriormente un análisis comparativo del motor en condiciones estándar y una vez que ha sido modificado con el sistema de sobrealimentación

9.6.7 CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA TEORICO PARA EL MOTOR

Una vez obtenidos todos los valores termodinámicos de todos los puntos de cada uno de los procesos del ciclo, es posible realizar la construcción del diagrama teórico para nuestro motor, tomando en cuenta todos los aspectos indicados anteriormente que deben ser considerados para realizar el diagrama de funcionamiento del ciclo, es posible realizar un diagrama.

Los valores para cada punto de cada proceso se indican en la siguiente tabla:

Tabla 9-2 Valores Reales De Los Puntos Del Ciclo Otto Del Motor

	Temperatura °K	Presión kPa	U Kj/kg	Vr
Punto 1	318	72.09	226.992	537.08
Punto 2	755.263	1626,558	556,211	56,53
Punto 3	1915,14	4124,5053	1596,96	3,21332
Punto 4	936,539	212,311	705,194	30,52654

Fuente: creación de los autores.

Fig. 9-15 Diagrama Teórico Del Motor Estándar.



Fuente: creacion autores con Termograf software.

En la siguiente tabla se dan a conocer los valores termodinámicos generales de un motor Otto de 4 cilindros, de condiciones similares a nuestro motor, de esta manera es posible realizar una comparación con los valores obtenidos de nuestro motor:

Tabla 9-3 Valores Generales De Los Puntos Del Diagrama Teórico Del Ciclo Otto.

	Temperatura °K	Presión kPa
Punto 1	343	70.58
Punto 2	697.76	1320.59
Punto 3	2608.44	4936.31
Punto 4	1565.70	322.06

Fuente: Análisis Termodinámico www.calculo-para-motores/trabajo65.shtm

Comparando los valores de temperatura y presión de la tabla 9-2 y 9-3, podemos ver que la presión 1 y la presión 2 de nuestro motor son mayor a los valores generales debido a que estas presiones están en función de la relación de compresión, siendo nuestra R_c mayor a la tomada como general para los valores de la tabla 9-3 de 9.4.

La presión del punto 3 que obtuvimos con los cálculos termodinámicos es menor al valor general, este valor es correcto ya que el tipo de combustible que existe en nuestro medio no posee un elevado porcentaje de octanaje, además, este valor garantiza que no se produce autoencendido.

La presión 4 se ve reducida también ya que está en función de la presión de compresión (Presión 3), por lo que nuestro valor respecto al valor general es correcto.

10. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, ANALISIS Y COMPROBACION DE RESULTADOS.

10.1 DETERMINACION DEL ESTADO ACTUAL DEL MOTOR CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACION.

Una vez realizadas todas las modificaciones e implementaciones en el motor del vehículo, es importante realizar ciertas pruebas de funcionamiento con el fin de determinar el estado actual del motor sobrealimentado; dentro de este análisis se realizaron cálculos con valores reales para establecer con precisión el porcentaje de aumento de potencia y de par motor logrados.

Fig. 10-1 Determinación Del Estado Actual Del Vehículo Con Sobrealimentación.



FUENTE: Autores

Las pruebas de funcionamiento son básicamente las realizadas anteriormente, todas están complementadas cálculos importantes que se encuentran a lo largo de esta tesis

10.1.1 Pruebas Prácticas De Funcionamiento Del Motor Sobrealimentado.

Por medio de las pruebas prácticas de funcionamiento del motor con el sistema sobrealimentación, podemos darnos cuenta exactamente de las condiciones en las que se encuentra el motor y los diferentes elementos y dispositivos implementados que fueron parte del sistema de sobrealimentación; además, es

posible verificar si el aumento de potencia y de par motor es del 50% o mayor a este.

Entre las pruebas que se realizaron se encuentran pruebas del motor y pruebas, para determinar la potencia y el torque que llega a las ruedas motrices del vehículo; las diferentes pruebas que se han realizado se indican a continuación.

10.1.1.1 Obtención De La Potencial Y Par Reales Del Motor.

Para la obtención de los valores de la potencia y del par motor reales del vehículo modificado, se llevó el vehículo nuevamente al banco dinamométrico de rodillos, consiguiendo durante las pruebas gráficas y las curvas de potencia y de par de acuerdo a las revoluciones del motor.

Fig. 10-2 Obtención De Potencia Y De Par Motor.



Fuente autores

10.1.1.1.2 Resultados Obtenidos.

El proceso de ejecución en el banco dinamométrico es el mismo proceso realizado para la obtención de la potencia y del par con el motor estándar, cabe mencionar que es importante homologar el banco con las revoluciones del motor a 2000 rpm para realizar correctamente la prueba.

Los valores obtenidos de potencia y de par motor del vehículo durante esta prueba permiten realizar los cálculos termodinámicos del motor sobrealimentado que se obtuvieron en esta prueba son los siguientes:

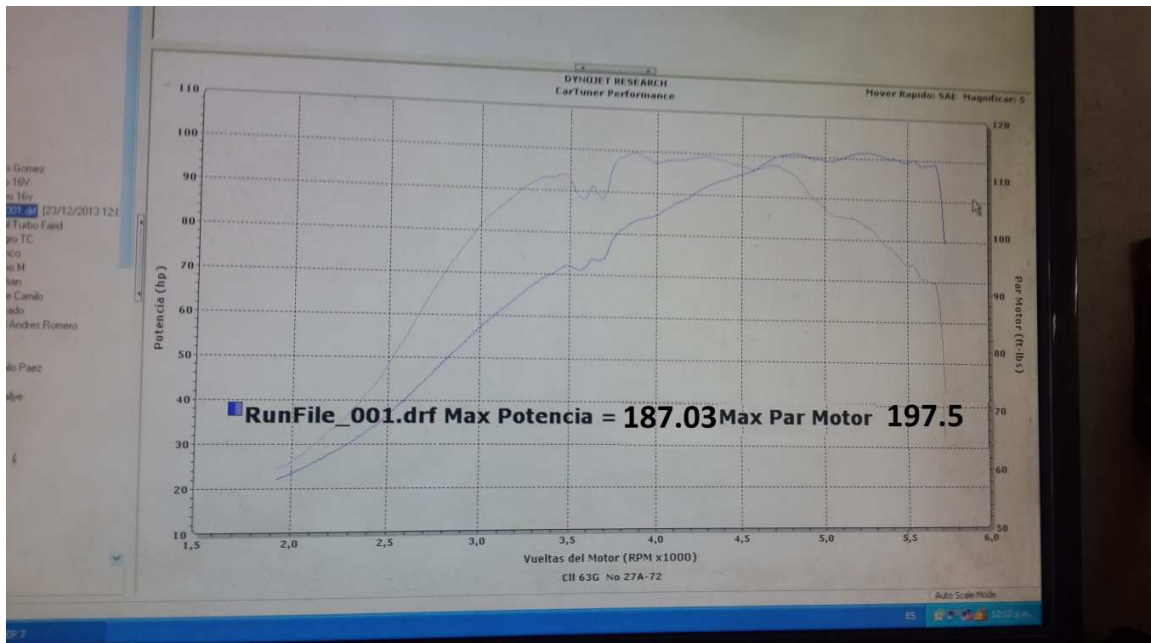
Tabla 10-1 Datos De Potencia Y Par Motor.

Parámetro	Unidades	Valor
Potencia Normal	Hp(kW)/rpm	187.0(87.2)/6500
Potencia Motor	Hp(kW)/rpm	100.3(59.9)/6500
Potencia Rueda	Hp(kW)/rpm	123.5(51.1)/6500
Potencia Arrastre	Hp(kW)/rpm	11.8(8.8)/6500
Par	lbf.ft (Nm) /rpm	197.5(226.5)/5800

Fuente: Creación De Los Autores.

Los siguientes gráficos nos muestran las curvas de potencia y de par motor obtenidas durante esta prueba:

Fig.10-3 Graficas De Potencia Y Par Del Motor Sobrealimentado.



Fuente: Banco Dinamométrico, CARTUNER PERFORMANCE, Bogotá.

Los valores obtenidos en la prueba serán comparados más adelante con los obtenidos al iniciar el desarrollo de esta tesis con el fin de verificar el aumento de potencia de par motor máximos.

Las curvas de potencia se forman desde el régimen de giro de ralentí hasta el máximo de rpm que da el vehículo necesarias por el software para realizar la prueba; como se puede ver el ascenso de las curvas es regular hasta llegar al punto máximo para luego dar el valor máximo de potencia o par motor. Cuando las curvas comienzan a descender existe la presencia de altibajos (picos), esto se presenta gracias a la presencia del sistema de inyección programable que comanda los inyectores, este software permite medir el porcentaje de apertura en función a la presión del aire en el múltiple de admisión y a las rpm del motor. es por esta razón que se producen los picos dependiendo del porcentaje de apertura de los inyectores.

10.1.1.2 Temperatura Del Aire En El Colector De Admisión.

Para determinar la temperatura y la presión del aire en el múltiple de admisión del motor sobrealimentado, no es posible tomar los valores que nos da el banco dinamométrico que como ya sabemos, el aire debe pasar por el filtro, el turbo compresor, el Intercooler y finalmente llega al colector de admisión variando de esta manera la temperatura. En cuanto a la presión del aire, este posee una presión mucho más elevada por la presencia del turbocompresor y su valor lo que podemos obtener con el manómetro de presión instalado.

La presión que se obtiene en el colector de admisión y que el turbo brinda a plena carga esta alrededor de 15 a 18 psi.

Fig. 10-4 Rango De Presión Del Aire De Admisión A Plena Carga.



FUENTE: Autores

Para medir la temperatura del aire que ingresa ya en el múltiple de admisión, se utiliza un el sensor de temperatura de aire, ubicado en la tubería del motor. El valor obtenido es de 25°C, es decir a la salida del intercambiador de calor

Fig. 10-5 Temperatura Del Aire En El Colector De Admisión.



FUENTE: Autores

10.1.1.3 Medición De Los Gases De Escape.

Para la medición de los gases de escape del vehículo se utilizó el equipo de opacidad perteneciente al centro de revisión técnica vehicular servicoches de la ciudad de Bogotá esta prueba tuvo dos objetivos, el primero comparar los valores obtenidos con los valores del motor estándar, y en segundo lugar verificar si una vez implementado el sistema de sobrealimentación, el vehículo aprueba y puede transitar sin infringir la ley.

Fig. 10-6 Medición De Gases De Escape.



Los valores obtenidos de los gases de escape fueron de dos etapas, el uno con el vehículo ralentí y el otro a las 2500 revoluciones, de esta manera se tienen los siguientes porcentajes

Fig. 10-7 Porcentaje De Gases De Escape Con El Sistema De Sobrealimentación.

Resultados emisión de gases				
	Ralenti		Ralenti elevado	
CO	0.51	% Vol.	0.58	% Vol.
CO ₂	13.72	% Vol.	13.97	% Vol.
CO _{correctado}	0.538	% Vol.	0.578	% Vol.
HC	143	ppm	101	ppm
O ₂	0.97	% Vol.	0.73	% Vol.
NO _x	—	ppm	—	ppm
Lambda	1.025		1.016	
Temperatura		°C		°C
Nº rpm	300	min ⁻¹	2450	min ⁻¹

Fuente: Centro De Revisión Técnica Vehicular, SERVICOCHEs, Bogotá

Los valores máximos de gases de escape que rigen en Bogotá permiten aprobar o reprobar la prueba de gases según el criterio de la siguiente tabla:

Tabla 10-2 Niveles Máximos De Gases De Escape.

Año del vehículo	≤2000	
Cilindrada	1200 – 2000 cc	
Régimen de giro	Ralentí	2500rpm
CO	1.5	1.3
HC	400	400

Fuente: Secretaria Distrital de ambiente, Bogotá

De acuerdo a los valores establecidos por la ley y los obtenidos al momento de realizar la prueba se observa que el vehículo con el sistema de sobrealimentación e inyección programable está dentro de los niveles establecidos, por lo que no tendrá ningún inconveniente para su circulación dentro de la ciudad.

10.1.1.4 Medición De Compresión.

El motor se modificó en las cámaras de combustión con la implementación de un empaque de mayor grosor al original en la culata, esto por consiguiente produce la reducción de la relación de compresión con los resultados ya conocidos.

Esta prueba es importante realizarla para verificar que todos los cilindros poseen la misma compresión, para esta prueba se utiliza un medidor de compresión que posee un manómetro psi.

Fig.10-8 Medición De Compresión En Cada Cilindro.



FUENTE: Autores

Los valores obtenidos en esta prueba fueron los siguientes:

Tabla 10-3 Medición De Compresión.

# Cilindro	Presión en lbs.
1	120
2	120
3	120
4	120

Fuente: Creación De Los Autores.

10.1.1.5 Determinación De Tiempos En Aceleración y cuarto de milla.

Como se ha observado, existe una mejora considerable en los valores del motor turboalimentado, otra de comprobarlo es por medio de las pruebas de aceleración en las que interviene el tiempo, las velocidades alcanzadas, las revoluciones y la distancia recorrida.

Fig.10-9 Lugar De Las Pruebas De Velocidad Con El Motor Modificado.



FUENTE: Autores

La primera prueba de velocidad realizada es la de 0 a 100Km/h con las mismas condiciones externas que se realizó la prueba con el vehículo en condiciones estándar; para esta prueba el cambio de marcha se lo realizó también a los 4500 r.p.m, de esta manera podemos hacer una comparación más precisa y correcta con los valores obtenidos anteriormente

La longitud recorrida se tomara desde el punto de partida hasta llegar a los 100 Km/h; a continuación se indica los resultados obtenidos conjuntamente con los valores obtenidos con el motor en condiciones originales:

Tabla 10-5 Tiempo Y Distancia Recorrida De 0 A 100Km/h

Altitud	m.s.n.m	2600	
Pendiente	"	0	
Cambio de marcha	Rpm	6500	
Marcha alcanzada		3ra	3ra ⁶²
Tiempo de la prueba	seg	9.1	18.02 ⁶³
Longitud recorrida	m	167.40	301.50 ⁶⁴

Fuente: Creación De Los Autores.

Como se observa, el tiempo en alcanzar los 100Km/h se redujo en aproximadamente 9 segundos, permitiendo al vehículo llegar a su tope de velocidad más rápido y mejorar su tiempo en el cuarto de milla esto es fundamental para las competencias en la cuales se participó.

La distancia recorrida es menor, mejorando la relación tiempo, velocidad y distancia recorrida.

10.1.1.7 Determinación De Tiempos Y Velocidad Máxima En Cada Marcha.

Con el sistema de sobrealimentación e inyección programable, es posible revolucionar el motor a más de las 4500 rpm, y llegar a las 6500 rpm esto contribuye al mejoramiento de potencia y torque.

A continuación se encuentra la tabla comparativa entre los valores del vehículo estándar y ahora con el sistema de inyección programable y turbo.

Tabla 10-6 Tiempos Y Velocidades En Cada Relación De Marcha Del Motor Sobrealimentado.

De 0 km/h hasta el cambio de la 1ra marcha	DESPUES	ANTES
Para cambio de marcha r.p.m	6500	4500
Tiempo seg	2.45	4.10 s
Recorrido m	27.06	20 MT
Marcha Km/h	45.0	40 Km/h

En 2da marcha hasta el cambio a 3ra marcha		
Para cambio de marcha r.p.m	6500	
Tiempo seg	4.9	9.10 s
Recorrido m	78.60	120 MT
Marcha Km/h	65.0	65 Km/h
En 3ra marcha hasta el cambio a 4ta marcha		
Para cambio de marcha r.p.m	6500	4500
Tiempo seg	11.3	18.3 s
Recorrido m	195.0	315 MT
Marcha Km/h	110.	100 Km/h
En 4ta marcha hasta el cambio a 5ta marcha		
Para cambio de marcha r.p.m	6500	4500
Tiempo seg	22.7	31.04 s
Recorrido m	492.7	720 MT
Marcha Km/h	135.0	125 Km/h
En 5ta marcha		
Para cambio de marcha r.p.m	6500	45000
Tiempo seg	45.03	61.2 s
Recorrido m	701.5	850 MT
Marcha Km/h	185.0	140 Km/h

Fuente: Creación De Los Autores.

La tabla anterior muestra las comparaciones en los valores del vehículo sin ningún tipo de modificación esto con el fin de realizar la comparación en los valores obtenidos luego de la implementación de nuestro sistema.

Como al llegar a las 6500 revoluciones se logra en un menor tiempo con el motor sobrealimentado, es correcto que las distancias recorridas sean menores debido a la mayor aceleración obtenida gracias al turbo y la inyección programable.

Cuadro comparativo de resultados

	VALORES DE FABRICA	TURBOALIMENTADO
POTENCIA.	75 HP	187.3 HP
TORQUE.	110.3 ft/lb	197.5 ft/lb
TIEMPO 1/4 MILLA	21.21 Seg	15.4 Seg
VELOCIDAD 1/4 MILLA	116 km/h	162 km/h
VELOCIDAD MAXIMA. (DINAMOMETRO)	145 km/h	185 km/h

10.2 ANALISIS Y CALCULOS DE POTENCIA Y PRESIONES DEL MOTOR CON SISTEMA DE SOBREALIMENTACION.

Para los siguientes cálculos se requieren de los valores de potencia y de par máximos obtenidos en el banco dinamométrico. Los cálculos que se indican a continuación son los ingenieriles y se sigue el mismo proceso realizado anteriormente reemplazando los valores correspondientes.

10.2.1 Potencia Indicada.

La potencia indicada con nuestro motor con el sistema de sobrealimentación fue obtenida en el banco dinamométrico, su valor es de $P_i = 139.44 \text{ kW}$, y a continuación se calcula la potencia media indicada con el siguiente proceso:

$$P_i = \frac{Pr \cdot Vu \cdot n}{120}$$

$$P_i = \frac{139 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^3} \times 120}{0,347143 \text{ m}^3 \cdot 6500 \text{ rpm}} = 7,39220 \text{ kg /ms}$$

El valor de la potencia media indicada es casi el doble que su valor con el motor en condiciones estándar; esto origina que la fuerza sobre la cabeza del pisto aumente también como se indica a continuación:

$$F = P_i \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$F = 7,39220 \text{ Kg/ms}^2 \frac{\pi \cdot (0,0734)^2}{4}$$

$$\mathbf{F=31,27920 \text{ N}}$$

Como era de esperarse, existe un gran aumento de la fuerza generada en la cabeza del pistón en el momento de la explosión, con este valor nuevamente comprobamos que el aumento de potencia del motor si ha sido logrado con la implementación del sistema de sobrealimentación.

5.2.2 Par Motor Y Potencia Efectiva

El par motor máximo obtenido es de 197.5 Nm a 3225, con este valor procedemos a calcular la potencia efectiva.

$$P_e = \frac{M_d \cdot n}{9550} = P_e = \frac{197,5 \text{ Nm} \times 5800 \text{ rpm}}{9550}$$

$$\mathbf{P_e= 119,9976 \text{ Kw}}$$

Como el llenado de los cilindros es mejor, y la calidad de la mezcla es casi la precisa en cada régimen de giro del motor, es correcto que se obtenga un valor de la precisión efectiva mayor al valor con el motor en condiciones estándar.

10.2.3 Presión Media Efectiva.

Por medio de la presión media efectiva podemos conocer el empuje de los gases durante las fases de combustión y expansión, al igual que las pérdidas por calor o fricción durante un ciclo operativo en un motor, como el motor ha sido modificado para aumentar la potencia, la presión media efectiva debe ser mayor que la calculada con el motor estándar lo que comprobaremos a continuación:

$$P_i = \frac{VT \cdot n \cdot PME}{1200}$$

$$PME = \frac{1200 \cdot p_i}{vt \cdot n} = \frac{1200 \cdot 139 \text{ kw}}{1388 \text{ dm}^3 \cdot 6500 \text{ rpm}}$$

$$PME = \frac{166800}{9022} = 18,4881 \text{ bar de sobrepresión}$$

La presión media efectiva del motor estándar fue de 9,18 bares de sobrepresión, siendo la actual prácticamente el doble por lo que podemos decir que las prestaciones del motor son muy superiores con el sistema de sobrealimentación.

10.2.4 Análisis De La Pérdida De Potencia

Aplicando la misma relación que el punto 9.4.7.4 Análisis de la pérdida de potencia, se puede calcular la pérdida de potencia indicada del motor entre el valor dado por el fabricante y el obtenido con el motor potenciado de la siguiente manera:

$$P_i = P_i \text{ fabricante} - P_i \text{ sobrealimentado}$$

$$P_i = 71,615 \text{ kw} - 139 \text{ kw}$$

$$P_i = - 67,385 \text{ kw}$$

Como podemos observar el valor de pérdida de potencia obtenido es negativo, esto se debe a que la potencia alcanzada en nuestro motor con el sistema de sobrealimentación es superior a la potencia dada por el fabricante; de esta manera se puede decir que existe un aumento del 98% (67,385 kW) en la potencia del motor referente a la potencia dada por el fabricante.

10.2.4.1 Potencia Absorbida.

La potencia absorbida se obtiene de la diferencia de la potencia inicial obtenida en el banco dinamométrico y la potencia efectiva calculada.

$$P_a = P_i - P_e$$

$$P_a = 139 \text{ kw} - 119,9476 \text{kw}$$

$$\mathbf{P_a = 19,0524 \text{ kw}}$$

Existe una disminución en el valor de la potencia absorbida referente a la calculada en el punto 9.4.7.4.1 potencia absorbida, del capítulo 2 pero la diferencia no es muy amplia, esto se debe a que la potencia a que como la indicada aumento también lo hizo la potencia efectiva.

10.2.4.2 Pérdida De Potencia Por Altura.

La pérdida de potencia por altura es un dato netamente teórico, para determinar una cantidad de potencia que se pierde por la influencia de la altitud y las condiciones ambientales a las que se encuentra trabajando el vehículo, es por esta razón que el valor correspondiente a la pérdida de potencia por altura es de :

$$P_p = 26.5 \text{ cv de pérdida de potencia a } 2600 \text{ msnm}$$

Es el mismo valor de pérdida de potencia por altura, pero gracias al turbo compresor este valor se puede ver reducido y para nuestro caso se ve anulado por la presión de aire que llega al múltiple de admisión por la acción del turbo. Esta pérdida de potencia por acción de la altura sobre el nivel del mar en la que el motor trabaja a todos los motores atmosféricos y en un menor porcentaje a los vehículos o motores sobrealimentados.

10.2.5 Porcentaje De Aumento De Potencia.

Analizando las curvas de potencia y par obtenidas en el banco de pruebas del motor estándar y del motor modificado, podemos fácilmente sacar ciertas conclusiones del aumento de la potencia y del aumento del par motor. Con este análisis se puede verificar finalmente si se ha cumplido con nuestro objetivo principal de aumentar en al menos un quince por ciento (15%) la potencia del motor pero medida en la ruedas motrices del vehículo.

Este análisis lo realizamos con los valores de la potencia indicada o potencia normal, de la siguiente manera:

Pi estándar = 55,9 kw

Pi sobrealimentado = 139 kw

Pi teórico = 71,615 kw

Aumento de Pi = Pi sobrealimentado – Pi estándar

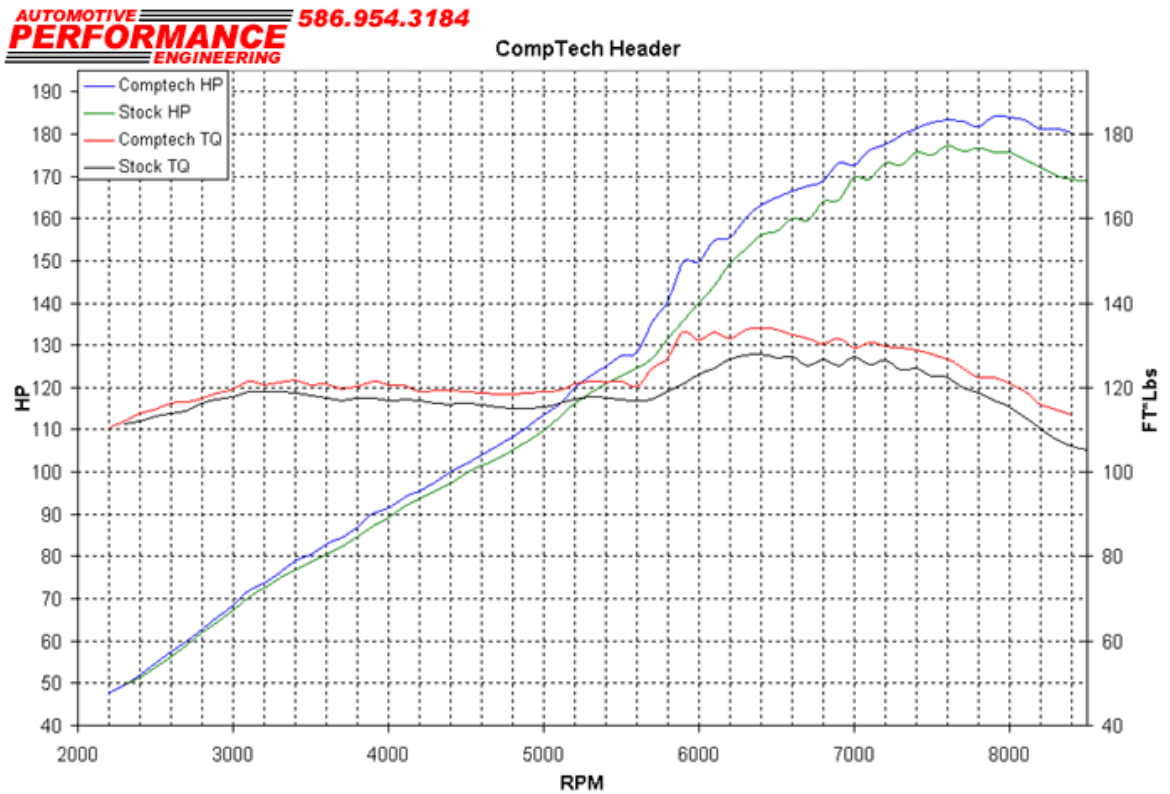
Aumento de Pi= 139 kw -55,9 kw

Aumento de Pi = 83,1 kw

La potencia que el motor brinda a las ruedas motrices ha recibido un aumento de 83.1 Kw, por lo tanto, el aumento de potencia lograda es del 81% más alto que el valor planteado para nuestro proyecto.

En cuanto a la potencia alcanzada con el turbo compresor respecto a la potencia teórica dada por el fabricante, tenemos un aumento de 67.395 Kw equivale al 98%.

Fig. 10-12 Aumento De Potencia Del Motor



Fuente: dinamómetro CARTUNER PERFORMANCE, Bogotá.

10.3 ANALISIS Y CALCULOS DE RENDIMIENTOS PARA EL MOTOR

El rendimiento del motor es importante determinarlo debido a que es la relación que existe entre la cantidad de energía recogida y suministrada, y debido a la presencia del turbocompresor es importante relacionar los valores obtenidos con los valores calculados con el motor estándar. Existen varios tipos de rendimientos, los mismos que se calculan a continuación, siguiendo el mismo proceso realizado con el motor estándar.

10.3.1 Rendimiento Termodinámico Del Ciclo Otto.

El rendimiento termodinámico está en función a la relación de compresión, por lo tanto para este caso el valor obtenido será inferior al rendimiento termodinámico calculado anteriormente. El valor de nuestro rendimiento se indica a continuación:

$$nt = 1 - \frac{1}{RC^{1,4-1}}$$

$$nt = 1 - \frac{1}{7,3^{1,4-1}}$$

$$nt = 0,548486$$

10.3.2 Rendimiento Mecánico.

$$nm = \frac{Pe}{Pi} = \frac{119,9476}{139 \text{ kw}} = 0,86293$$

Nuestro rendimiento mecánico del motor modificado es prácticamente el mismo que el calculado con el motor origina; esto se debe que a pesar de tener un 81% de aumento de potencia también ha aumentado la potencia efectiva en el caso de que no fuera así el porcentaje de rendimiento mecánico sería muy bajo.

10.3.3 Rendimiento Total.

$$\eta_t = \eta_t - \eta_m$$

$$\eta_t = 0,47328$$

El valor obtenido en el rendimiento total ha disminuido, y esto se debe a que el rendimiento termodinámico es inferior al valor original. Sin embargo esto no es ningún motivo de precaución si no que esto está en función únicamente de la relación de compresión y no se considera factores como el aumento de la presión del aire.

Es importante calcular este rendimiento total, y que de esta manera podemos darnos cuenta que un motor estándar una elevada relación de compresión nos garantiza un buen porcentaje de rendimiento del motor.

10.3.4 Rendimiento Volumétrico

Este rendimiento está en función de la potencia máxima del motor y a las revoluciones a las que este valor se genera. Además la cantidad y el peso de aire que ingresa a los cilindros influyen directamente en este rendimiento.

Aquí podemos darnos cuenta de la importancia de agrandar las cámaras de combustión de un motor sobrealimentado, por la mayor cantidad de aire a presión que ingresa a los cilindros y por las presiones mayores a la atmosfera.

$$Q_T = V_u * \frac{\text{aspiraciones}}{\text{min}} * N$$

$$Q_T = 347,193 \text{ cm}^3 * \frac{6500 \text{ rpm}}{2 \text{ min}} * 4$$

$$Q_T = 4,512859 \times 10^6 \text{ cm}^3 / \text{min}$$

$$Q_T = 75214,316 \text{ cm}^3 / \text{seg}$$

$$Q_T = 0,075214316 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$d_{2600} = \frac{\frac{m_{teorico}}{seg}}{QT} = 7,39220 \text{ kg/ms}$$

$$947 \text{ gr/m}^3 = \frac{m_{teorico}}{0,075214316 \text{ m}^3/seg}$$

$$m_{teórico} = 71,22795$$

$$m = \text{real } 68,94$$

$$nv = \frac{m_{real}}{m_{teorica}}$$

$$nv = \frac{68,94}{71,227295} = 0,9678 = 96,7\%$$

El rendimiento volumétrico de nuestro motor sobrealimentado es del 96% por lo que no se corre el riesgo de que se produzca fallos de funcionamiento o deterioros prematuros en los elementos del motor. Este valor se encuentra de los márgenes establecidos por los fabricantes para el rendimiento volumétrico de un motor.

10.3.5 Rendimiento Útil

Como nuestro motor ha sido potenciado y se ha ganado un porcentaje bastante considerable en la potencia del motor, el rendimiento útil debería tener un gran aumento teóricamente, pero en realidad esto no se produce debido a que está en función del rendimiento termodinámico y del mecánico y como se ha visto estos valores prácticamente se han mantenido.

El valor que se puede considera más elevado por las condiciones actuales del motor, es el rendimiento del diagrama, considerándolo en un 85% de esta manera el rendimiento útil tiene el siguiente valor:

$$\eta_u = \eta_t \cdot \eta_d \cdot \eta_m$$

$$\eta_u = 0.54873355472 \times 0.85 \times 0.86293$$

$$\eta_u = 0.402309$$

10.4 ANALISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Existen varias inquietudes sobre el consumo de combustible de un vehículo en el que se han implementado un sistema de sobrealimentación, sobre el tipo de combustible que debe ser utilizado y el efecto que tiene los inyectores adicionales dentro del consumo.

Es por esta razón que hemos creído conveniente determinar el consumo de combustible de nuestro vehículo sobrealimentado, para posteriormente comparar los valores obtenidos con el consumo del vehículo en condiciones estándar.

10.4.1 Consumo Específico De Combustible (Gpe2)

El cálculo de este consumo se realiza en forma teórica, con los valores del combustible empleado y en ciertas condiciones que dependen de la altitud a la que se requiere calcular, dentro de este cálculo interviene más el rendimiento Útil del motor obtenido en el punto 9.3.5. El tipo de combustible empleado para las diferentes pruebas y para obtener el consumo fue “extra”.

$$G_{pe2} = \frac{632300 \text{ cal}}{Q_e \times \eta_u} \text{ [gr. / Cv - h]}$$

En donde

- El poder calorífico de la gasolina es de 10550 cal/kg⁶⁵, y
- El rendimiento Útil del motor es de 0.32, se obtiene:

⁶⁵ <http://www.km77.com/tecnica/alternativas/alcohol/texto.asp> Acceso: 16 De Diciembre De 2008.

$$G_{pe2} = \frac{632300 \text{ cal}}{10550 \frac{\text{cal}}{\text{kg}} \cdot 0,402309} = 148,9741 \text{ gr / cv - h}$$

El consumo específico con el motor estándar fue de 215.52 gr . /cv – h, por lo que existe una disminución del consumo de combustible por la presencia del sistema de sobrealimentación; esto se debe a que la calidad de la mezcla se ha visto mejorada en cada régimen del motor, y además, porque existe presión el momento de la admisión y no depresión como ocurre en los vehículos convencionales que carecen del sistema de sobrealimentación.

5.4.2 Niveles Reales De Consumo De Combustible.

Para las pruebas de consumo se ha utilizado el mismo tipo de combustible que se utilizó para las pruebas de consumo realizadas en el capítulo 2. Con esta prueba podemos obtener los valores reales de consumo de combustible del motor con turbocompresor, la práctica se realizó con el vehículo conducido en ruta para hacer que los valores sean totalmente reales.

11.4 Galones	436km
1 Galon	X

$$X = \frac{(1 \text{ Galon} \times 436 \text{ km})}{11.4 \text{ Galones}}$$

X = 38.24 KM de recorrido por 1 Galon de combustible.

El consumo de combustible ha aumentado referente al consumo del vehículo en condiciones estándar, debido a que con el sistema de sobrealimentación se alcanzan rápidamente altas revoluciones y se revoluciona mucho más el motor y existe una mayor presión y cantidad de aire de admisión; esto hace que los sensores como el Map (medidor de flujo de aire de admisión), la sonda lambda (sensor de la oxígeno), el CKP (sensor de posición del cigüeñal), el TSP (sensor de la mariposa), entre los más importantes, envíen mayor cantidad de combustible para conseguir una buena combustión o una buena relación estequiométrica.

10.5 ANÁLISIS Y ESTUDIO TERMODINAMICO DEL MOTOR CON TURBOCOMPRESOR.

Por medio de los cálculos termodinámicos podemos establecer las diferentes presiones y volúmenes en cada proceso del ciclo; esto nos permitirá conocer el valor de la presión 3; que es la presión final de la combustión.

10.5.1 Análisis Y Construcción Del Diagrama Teórico P-v.

Para la construcción del diagrama T-v del motor sobrealimentado, se realiza el mismo proceso y los mismos cálculos realizados anteriormente, desde el punto 8.6 análisis y estudio termodinámico del motor estándar.

10.5.2 Determinación De La Temperatura Del Aire De Admisión.

Para realizar los cálculos termodinámicos se requiere el valor de la temperatura de admisión del aire, que fue medida durante las pruebas prácticas de funcionamiento del motor con el sistema de sobrealimentación, cuyos valores es de 25°C .

Es importante también dar a conocer ciertos valores de presión y temperatura del aire, para conocer las condiciones en las que fueron obtenidos los valores reales del motor sobrealimentado

Fig. 10-10 Condiciones Ambientales Del Aire.

T _{ambiente}	24,2	°C
T _{Aire aspirado}	14,3	°C
H _{Aire}	30,2	%
P _{Aire}	719,4	hPa
P _{vapor}	9,1	hPa

Fuente: Banco Dinamométrico, CARTUNER PERFORMANCE, Bogotá

10.5.2.1 Proceso 0-1 Admisión.

$T_{\text{ambiente}} = 24.2^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{aire aspirado}} = 25^{\circ}\text{C}$

$P_{\text{atmosferica nivel del mar}} = 101.325 \text{ KPa}$

$P_{\text{aire aspirado}} = 126.65625 \text{ KPa} = 18.3 \cdot \text{psi}$

Se obtiene los valores de la tabla A-17 del libro cengel Yunus. Termodinámica 4ta edición México 2002 con T1:

$T_1 = 25^{\circ}\text{C}$

$T_1 = 25 + 273 = 298^{\circ}\text{K}$

$u_1 = 212.638 \text{ KJ/Kg}$

$v_{r1} = 631.88$

U	T	V
210,49	295	647,9
V1	298	VR1
219,07	300	621,2

U1= 215,596 VR1= 631,88

10.5.2.2. Proceso 1-2 Compresión.

$$\frac{Vr2}{Vr1} = \frac{V2}{V1} = \frac{1}{RC}$$

$$Vr2 = \frac{Vr1}{RC} = Vr2 = \frac{631,88}{7,3}$$

Vr2 = 86,558

Con el valor Vr2 encontramos los datos de u2 y T2 en la tabla A-17 del libro cengel Yunus. Termodinámica 4ta edición México 2002.

U	T	V
465,50	640	88,99
U2	T2	86,558
473,25	650	85,34

U2= 470,663 T2= 646,663

Con estos valores se procede a calcular el valor para la presión 2:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{RC}$$

$$RC = \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Por lo tanto

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot P_2}{T_1} \times RC$$

$$P_2 = \frac{126,65625 \text{ kpa} \times 696,633 \text{ }^\circ\text{k}}{298 \text{ }^\circ\text{k}}$$

$$P_2 = 2006,2778 \text{ kpa}$$

10.5.2.3 Proceso 2-3 Admisión De Calor A Volumen Constante.

Para esta parte utilizamos la ecuación del gas ideal.

$$P = R \cdot \frac{T}{v}$$

P = presión absoluta

T = Temperatura absoluta

v = volumen específico

$$R = \text{cte de proporcionalidad} = 0,287 \cdot \frac{\text{KPa} \cdot \text{m}^3}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$P_1 = R \cdot \frac{T_1}{v_1}$$

$$v_1 = \frac{R \cdot T_1}{P_1}$$

$$V1 = \frac{0,287 \cdot \frac{\text{kpa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{k}} \cdot 298^\circ\text{k}}{65625 \text{ kpa}}$$

$$V1 = 0,6752607945 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

El volumen de la mezcla al final de la compresión es:

$$RC = \frac{V1}{V2}$$

$$V2 = \frac{V1}{RC} \quad V2 = \frac{0,675207945}{7,3} \quad V2 = 0,0925014 \frac{m^3}{kg}$$

$$PME = \frac{W_{neto}}{V_{max} - V_{min}}$$

$$V_{max} = V1 \quad V_{min} = V2$$

$$W_{neto} = PME (V1 - V2)$$

$$W_{neto} = 18,4881 \text{ bar de presión} \frac{1 \text{ kpa}}{0,01 \text{ bar de presión}} \cdot$$

$$\left(\frac{0,6752607945 \text{ m}^3}{kg} \right) - \left(\frac{0,0925014}{kg} \right)$$

$$W_{neto} = 1077,411396 \text{ KJ / Kg}$$

$$Q_{en} = \frac{W_{neto}}{nt}$$

$$Q_{en} = \frac{1077,411396 \frac{KJ}{kg}}{0,548486}$$

$$Q_{en} = 1964,337095 \text{ KJ / kg}$$

$$Q_{en} = U_3 - U_2$$

$$U_3 = q_{en} - U_2$$

$$U_3 = 1964,337095 \text{ KJ / kg} - 470,633 \text{ kJ/KG}$$

$$U_3 = 1493,704095 \text{ KJ/Kg}$$

Con la tabla A-17 de gas ideal del libro cengel Yunus. Termodinámica 4ta edición. México. 2002.

Se obtiene:

U	T	V
1487,2	1800	3944
1493,704	T3	Vr3
1534,9	1850	3,601

$$T_3 = 1806.817 \text{ °K} \quad V_{R3} = 3,897235$$

Ahora para presión 3

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$P_3 = \frac{P_2 T_3 V_2}{T_2 V_3}$$

Considerando el proceso a volumen constante:

$$\frac{V_2}{V_3} = 1$$

$$P_3 = \frac{2006,2778 \text{ KPA} \times 1806,817 \text{ }^\circ\text{k}}{646,663 \text{ }^\circ\text{k}}$$

$$P_3 = 5605,666067 \text{ kpa}$$

10.5.2.4 Proceso 3-4 Expansión Isotérmica De Un Gas Ideal.

$$\frac{V_{r4}}{V_{r3}} = \frac{V_4}{V_3} = R_c$$

$$V_{r4} = R_c \cdot V_{r3}$$

$$V_{r4} = 7,3 \cdot 3,897235$$

$$V_{r4} = 28,44981$$

Con la tabla A-17 de gas ideal del libro cengel Yunus. Termodinámica 4ta edición. México. 2002.
Se obtiene:

U	T	V
708,08	940	30,22
U4	T4	28,44981
752,02	960	28,40

T4= 959,4526°K U4=739,8323 KJ/Kg

Ahora para calcular la presión 4:

$$\frac{P_4 V_4}{T_4} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$P_4 = \frac{P_3 V_3 T_4}{T_3 \cdot V_3}$$

$$\frac{P_4}{V_3} = RC = \frac{V_4}{V_3} = \frac{1}{RC}$$

$$P_4 = \frac{5605,666067 \cdot 959,4526 \text{ } ^\circ K}{1806,817} \times \frac{1}{7,3}$$

P4 = 407,7685425 kpa

10.5.2.5 Proceso 4-1 Recazo De Calor A Volumen Constante.

$$Q_{sal} = V_4 - V_1$$

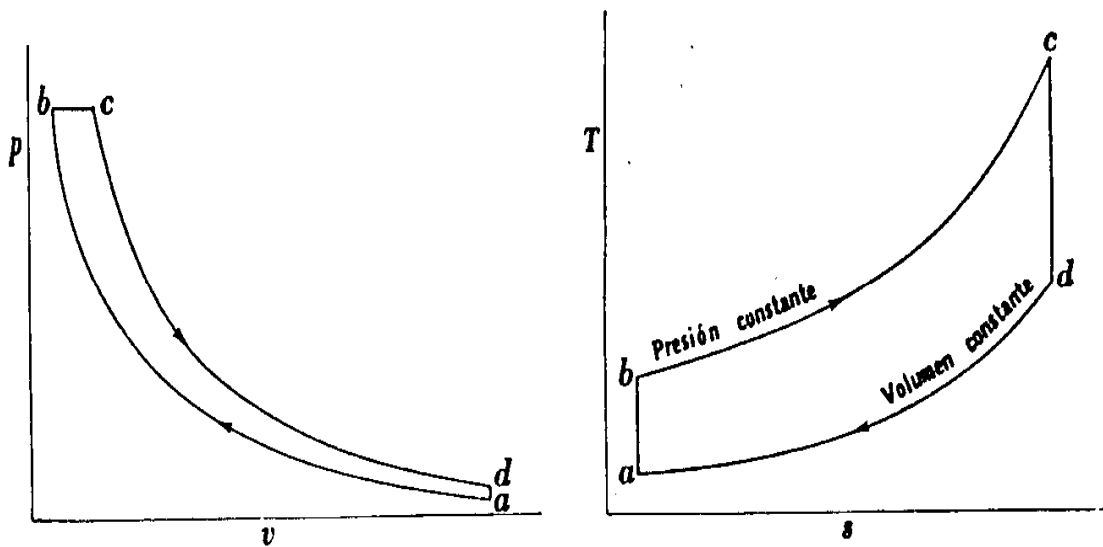
$$Q_{sal} = 739,8332 \text{ KJ/Kg} - 212,596 \text{ KJ/Kg}$$

$$Q_{sal} = 527,2372 \text{ KJ/Kg}$$

10.5.3 Construcción Del Diagrama Teórico Para El Motor

Una vez obtenidos todos los valores de las presiones y de los volúmenes de cada proceso del ciclo, es posible construir el diagrama P-v, para realizar una mejor comparación con lo obtenido con el motor en condiciones estándar.

Fig. 10-11 Diagrama Teórico Del Motor Sobrealimentado.



Fuente: creación Autores.

En el diagrama se puede observar los valores de las presiones y de los volúmenes en cada punto del ciclo, valores mucho más altos comparados con los obtenidos con el vehículo estándar. Más adelante se realizara un análisis comparativo de los resultados obtenidos en el proceso termodinámico con el motor sobrealimentado.

10.6 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Una vez realizados todos los cálculos tecnológicos y termodinámicos con los valores reales del motor con sistema de sobrealimentación, es posible realizar un análisis de los resultados obtenidos:

Analizando los valores obtenidos en los cálculos termodinámicos del motor estándar y con el sistema de sobrealimentación, se puede observar fácilmente que existe un gran aumento de las presiones en cada punto de los procesos del ciclo del funcionamiento del motor.

Tabla 10-7 Cuadro Comparativo De Los Valores Termodinámicos Del Motor

Punto	Motor Estándar				Motor Sobrealimentado.			
	Temp °K	Presión kPa	U kJ/kg	Vr	Temp °K	Presión kPa	U kJ/kg	Vr
1	318.00	72.090	226.992	537.08	298.00	126.66	212.596	631.88
2	755,263	1628,558	556,211	56,53	646,663	2006,27	470,663	86,558
3	1915,14	4124,50	1596,96	3,2133	1806,817	5605,66	1493,704	3,897
4	936,539	212,311	705,194	30,53	959,453	407,768	739,832	28,449

Fuente Creación De Los Autores.

Si se realiza un análisis de las presiones que se obtuvieron en los cálculos termodinámicos con el motor sobrealimentado, se observa que la presión de admisión (Presión 1) tiene un valor mayor a la presión atmosférica y mayor a la presión obtenida con el motor, estándar esto se debe a la presión que es generada por el turbo alimentador, lo que se logra con esto, es fundamentalmente una eficiencia volumétrica muy alta, lo que se verifica con el resultado obtenido en el cálculo del rendimiento volumétrico.

La temperatura de admisión (temperatura 1) es menor con el motor con el sistema de sobrealimentación debido a la presencia del Intercooler, lo que garantiza que no exista autoencendido por altas presiones y altas temperaturas, si es que las hubiera.

Al ser mayor la presión 2 o presión final de la compresión nos permite obtener una mayor cantidad de calor que entra y su vez nos permite generar una presión

Elevada al final de la combustión. Mientras mayor sea la presión de combustión o presión 3 del diagrama P-v podemos obtener un aumento considerable de la potencia, que se verá reflejada directamente en la fuerza que se ejerce sobre la cabeza del pistón. Los valores de presión obtenidos con el sistema de sobrealimentación, son definitivamente mayores a los valores del motor estándar, y a su vez, son mayores a los valores generales de la tabla 2-3; ya que estos valores corresponden a un motor estándar atmosférico.

En cuanto a la presión 4 o presión final de expansión se puede decir que el aumento que se consigue es muy importante, ya que el sistema de sobrealimentación funciona directamente con la presión de los gases de escape ejercen sobre la turbina del turbo alimentador, por lo que una mayor presión salida de los gases de escape permite un mayor giro del eje central del turbo compresor. Es importante mencionar que el calor que sale (q sale), beneficia también en este proceso del sistema de sobrealimentación, ya que los gases de escape poseen mayor temperatura teniendo por lo tanto mayor energía que es transmitida al compresor.

En cuanto al análisis de la medición de compresión, se puede observar que la compresión obtenida con el motor sobrealimentado (120 lbs) es menor referente al valor del vehículo estándar (150 lbs), esto se debe al aumento de volumen de la cámara de combustión, por la implementación de los empaques por las razones ya antes mencionadas.

En lo que a las pruebas de velocidad concierne, se obtuvieron tiempos considerablemente inferiores en cada prueba realizada con el sistema de sobrealimentación respecto a los valores del motor estándar; esto nuevamente ratifica el aumento de potencia y de par motor logrado con nuestro sistema de sobrealimentación.

10.7 COMPARACION DE LOS VALORES DE POTENCIA OBTENIDOS DEL MOTOR ESTANDAR Y SOBREALIMENTADO.

Como ya se ha indicado la potencia de nuestro motor con el sistema de sobrealimentación tubo un aumento del 98%, siendo este un porcentaje muy importante para lograr tan alto desempeño del vehículo, que se verifico en las diferentes pruebas prácticas realizadas y en los cálculos tanto tecnológicos como termodinámicos.

Ya se ha realizado la diferencia que existe entre la potencia teórica del motor (dada por el fabricante), la obtenida con el motor estándar y con el sistema de sobrealimentación, sin embargo, se indica un esquema grafico de las curvas de potencia y de par de nuestro motor, para una mejor compresión.

11. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

- A.** El proceso de desarrollo del proyecto empezó con la Investigación de los antecedentes y marco referencial donde se pudiera evidenciar casos donde se ha construido este tipo de proyecto y recopilar teorías acerca de la mejor manera de desarrollarlo.
- B.** Previsión de cálculos a aplicar en el proyecto. Planteamiento del método propio de construcción y ejecución del modelo
- C.** Revisión del estado general del vehículo, determinar el estado del motor y determinar si soporta la modificación en el estado en el que ese encuentre esta revisión se llevó a cabo en las instalaciones de la universidad, se realizan pruebas de diagnóstico en emisiones y compresión.

12. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

De acuerdo a los antecedentes encontrados en las consultas e investigaciones hechas teniendo en cuenta la problemática que presenta el vehículo se puede determinar que siempre la industria automotriz ha buscado la mejora en todos los componentes del automóvil, desde la fabricación de los primeros automóviles los usuarios exigen a los fabricantes un producto de más calidad, seguridad, estética, confortabilidad, rendimiento y tecnología sin embargo y a pesar de los grandes avances tecnológicos no toda la población puede obtener un vehículo en cual llene sus expectativas a un bajo costo por tal motivo se han diseñado y comercializado vehículos de baja gama tratando de aplicar a los mismos la mejor calidad y desempeño posible, sin embargo no es suficiente en nuestro caso nos vamos a centrar los vehículos y su pérdida de potencia por efectos de la presión atmosférica (metros sobre el nivel del mar).

Dentro de las referencias obtenidas se encuentran el desarrollo tecnológico del turboalimentado y el avance tecnológico del mismo, se ha encontrado investigaciones recientes que aseveran que el uso de estos dispositivos debería ser obligatorio en los vehículos gracias a su baja en la emisión de gases contaminantes al medio ambiente.

En la universidad no se han realizado proyectos que implementen un sistema de turbo alimentación e inyección programable al mismo tiempo, estos prototipos han implementado solo el turbo alimentador para mejorar el rendimiento en vehículos admisión mecánica y no electrónica como es el caso puntual de este proyecto. Haciendo de mayor interés y desarrollo el aporte de este proyecto a los antecedentes presentes en la comunidad estudiantil y a nivel nacional e internacional.

13. ELABORACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Si se entiende que los motores de 4 tiempos, pierden potencia, al estar a mayor altura sobre el nivel del mar, y con el fin de mejorar el rendimiento para poder competir a 2600 metros de altura se realiza el análisis y surge la siguiente pregunta ¿El sistema de turbo alimentación, podrá recuperar y/o superar su nivel original de potencia? , se Debe tener en cuenta que para esta pérdida de potencia existen algunas variables físicas como la altura sobre el nivel del mar, la relación de compresión, el sistema de inyección, la capacidad del motor entre otras. Como propuesta inicial se debe descubrir el valor estado inicial en el que se encuentre el vehículo, luego de la determinación se debe analizar científica, y físicamente la solución a presentar, basados en los principios termodinámicos y de rendimiento de los motores de ciclo Otto, por lo tanto se procede bajo los cálculos a realizar la modificación y el posterior análisis para establecer los resultados y realizar la interpretación de los mismos.

14. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Solicitud de proyecto de grado radicada en la coordinación de la carrera de acuerdo al resultado se procede a realizar el siguiente cronograma.	X	X														
Investigar antecedentes de casos donde se ha construido este tipo de proyecto y recopilar teorías acerca de la mejor manera de desarrollarlo.	X	X														
Previsión de cálculos a aplicar en el proyecto. Planteamiento del método propio de construcción y ejecución del modelo.			X	X												
Presentación del formato de anteproyecto completamente diligenciado en la coordinación de la carrera,			X	X												
revisión del estado general del vehículo, determinar el estado del motor y determinar si soporta la modificación en el estado en el que ese encuentre					X	X										
Realizar el desmontaje del motor							X									
Primer adelanto de tesis para entregar a tutor.							X	X								
Alistamiento general del bloque del motor y conjunto móvil									X	X						
Ensamble del bloque en el vehículo.										X	X					

15. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.

Recurso	Ítem	Costo
Humano	José Leonardo Gómez S. (Estudio, análisis ingenieril, selección de prototipo, diseño detallado del sistema pruebas pertinentes y ensamble del sistema)	\$1.400.000
	Henry Leguizamó Ramírez. (Estudio, análisis ingenieril, selección de prototipo, diseño detallado del sistema, pruebas pertinentes y ensamble del sistema)	\$1.400.000
	Asesor asignado por la universidad	\$440.000
	TOTAL	3.240.000
Técnico	Turbo	\$650.000
	Repuestos reparación de motor	1.000.000
	Inyección electrónica programable	\$2.300.000
	Válvula de alivio	\$250.000
Intercooler	\$250.000	
Sistema de escape	\$400.000	
Regulador de combustible	\$250.000	
Bomba de combustible	\$150.000	
Filtro de alto flujo	\$60.000	
Relojería (presión, boost, mezcla)	\$350.000	
Flanche para válvula de alivio	\$70.000	
	Mano de obra	\$500.000
	Manufacturas (múltiple y tubería)	\$450.000
	Reserva gastos otros	\$400.000
	TOTAL	\$7.080.000
Documental	Consultas Internet, Biblioteca, Asesores (Talleres)	\$40.000
	Impresión de trabajos, guías, manuales de usuario.	\$80.000
	Total	\$120.000
TOTAL		\$ 10.440.000

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANÁLISIS DE BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- [1] R. Norton, Diseño de máquinas, MEXICO D.F.: Prentice Hall, 1999.
- [2] Luis and Ruigi, Preparación de motores de competición, México, 1998.
- [3] . H. Kindre , cálculos técnicos para el automóvil., Reverte 8a edición.
- [4] M. de castro, Inyección electrónica para sistemas multipunto., edición CEAC, 2001.
- [5] A. SANZ, Tecnología de la automoción., Madrid España: editorial bruño, 1991.
- [6] "www.aficionadosalamecanica.net," 19 06 2013. [Online]. Available: www.aficionadosalamecanica.net. [Accessed 19 06 2013].
- [7] "www.mecanicavirtual.org," 19 06 2013. [Online]. Available: www.mecanicavirtual.org. [Accessed 19 06 2013].

Nombre del libro o revista / Autor(es)	Análisis general de su importancia o de lo que se puede usar del libro
Sistemas auxiliares del motor Autor: José Pardiñas Alvite	De gran importancia en el proceso de investigación ya que da una definición muy clara del sistema de turbo alimentación y permite el entendimiento del funcionamiento del sistema aplicado a un motor a gasolina con sistema de inyección de combustible por medio de un computador.
Total Automotive Technology Escrito por Anthony E. Schwaller	Describe de manera objetiva la diferencia de los sistemas de turbo instalados en vehículos de gasolina y diésel y da ventajas y desventajas de la instalación de este sistema
Tecnología del coche moderno Escrito por Jeff Daniels	Muestra avances tecnológicos en la implementación del sistema de turbo en los vehículos actuales los cuales no solo involucran componentes mecánicos si no que ahora los componentes electrónicos son parte esencial de estas instalaciones.
Técnicas de sobrealimentación Escrito por Hermógenes Gil	Manual de sobrealimentación de vehículos y motores de combustión interna dirigido a satisfacer las necesidades del usuario relacionado directamente con la mejora de rendimiento del motor.
Preparación de motores de serie para competición Escrito por Stefano Gillieri	Muestra de manera gráfica y teórica las modificaciones necesarias para convertir un motor de serie en un motor de competición donde se ven involucradas modificaciones reemplazo de piezas y nuevas tecnologías
Preparación de motores de competición Autor Luis Ruigi	Aporta en las consideraciones que se han de tener para la sincronización del vehículo luego de modificar el motor en sus componentes mecánicos buscando la mejor funcionabilidad y durabilidad del motor.

17. RESULTADOS

<u>CUADRO COMPARATIVO</u>			
	VALORES DE FABRICA	TURBOALIMENTADO	VARIACION
POTENCIA.	75 HP	187 HP	249,30%
TORQUE.	110,3 FT/LB	197 ft/lb	178,60%
TIEMPO 1/4 MILLA	21.21 Seg	15.4 Seg	137,70%
VELOCIDAD 1/4 MILLA	116 km/h	162 km/h	139,60%
VELOCIDAD MAXIMA. (DINAMOMETRO)	145 km/h	185 km/h	12756,00%

18. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las cuales se llegaron con la elaboración de este proyecto serán expuestas a continuación donde se reflejara de una manera más explícita y clara los resultados obtenidos.

Como podemos observar en la tabla anterior los valores de potencia, torque, tiempo y velocidad aumentaron notablemente a raíz de la instalación del sistema de turbo alimentación e inyección programable y con una mejora notable en el tiempo de cuarto de milla estando preparados para competir a nivel nacional, con lo cual se cumple con el objetivo general de este proyecto, esto evidenciado mediante las imágenes, videos y tablas recolectadas en las pruebas realizadas al vehículo.

También se comprobó que la turbo alimentación es un método el cual permite multiplicar la potencia entregada por un motor, para llegar a este resultado es necesario basarnos en la teoría investigación.

Luego de realizar la instalación del sistema de turbo los resultados fueron los siguientes:

Los sistemas sobrealimentados permiten recuperar la potencia perdida por los motores atmosféricos, al compensar la disminución de presión que existe en el aire cuando los motores funcionan a niveles superiores a los niveles del mar, como el caso de nuestra ciudad que se encuentra 2600 msnm.

Como se ha podido observar, el incremento de potencia en el motor fue del 98% lo que se ha comparado por medio de las diferentes pruebas prácticas para establecer el estado del motor tanto en condiciones estándar, como cuando ya se había implementado el sistema de sobrealimentación.

Un aspecto favorable, que permitió obtener una potencia y un par motor elevados durante las pruebas en el banco dinamométrico, fue que el vehículo no estaba sometido a ningún tipo de resistencias externas, como el flujo del viento, peso de pasajeros, resistencia de rodadura y condiciones de la superficie, perdidas por cambios de marcha. La inyección programable es otro elemento de gran importancia para lograr obtener los valores de potencia y par motor elevados, ya que como se ha mencionado anteriormente, un sistema de sobrealimentación no daría total resultado si no se mejora el sistema de control de inyección ya sea por medio de reprogramación de la computadora original, o en nuestro casos con el empleo de una computadora programable.

Todas estas pruebas al ser llevadas de la mano de los diferentes cálculos ingenieriles como termodinámicos, nos permiten seleccionar correctamente el turbocompresor y los diferentes dispositivos y elementos necesarios para lograr cumplir con el principal objetivo de aumentar la potencia del vehículo; sin afectar las condiciones físicas de funcionamiento y estructurales del motor negativamente. Las presiones obtenidas durante el análisis termodinámico permitieron verificar las condiciones en las que el vehículo se encontraba tanto con el sistema de sobrealimentación como sin él, dando las garantías necesarias para realizar las diferentes pruebas con total certeza y confianza.

De los cálculos termodinámicos de nuestro motor, la Presión 2 es la más importante, ya que de su valor depende que exista o no la auto detonación, sin que se haya presentado este factor negativo en nuestro motor por las correctas dimensiones del turbo compresor seleccionado.

Gracias a una correcta interpretación de los resultados obtenidos tanto practica como teóricamente lo largo del desarrollo del proyecto, se realizó un adecuado y eficaz diseño para la selección del turbocompresor y gracias a una dedicación constante durante el proceso de instalación del sistema, se logró mejorar notablemente el desempeño del vehículo.

Otro aspecto importante que se deba señalar, son las pruebas de velocidad, que fueron muy importantes durante la comparación y comprobación positiva de resultados; los tiempos de aceleración fueron reducidos notablemente, lo que permite ratificar el aumento notable de potencia y toque del vehículo Opel corsa estando listo para competir a nivel nacional y representar la universidad.

Los cálculos realizados para el aumento de la cámara de combustión por medio de la cubicación y el cambio de la culata fueron totalmente correctos, debido a que a pesar de haber reducido la relación de compresión en un 23%, el vehículo no presento ningún tipo de falla en su funcionamiento tanto en condiciones a ralentí o en altas revoluciones.

19. WEBGRAFIA

Dirección electrónica	Análisis general de su importancia o de lo que se puede usar de esta consulta
www.mecanicavirtual.com	Aporto en la obtención de información y será de gran ayuda en el proceso de armado y ensamble del turbo.
www.todomecanica.com	Sirvió para conocer en su totalidad las piezas que componen el sistema que se va a instalar será de gran utilidad en la ubicación y reconocimiento de piezas.
www.aviacionulm.com	Dedición básica de relación de compresión y potencia en motores a gasolina.
www.automotriz.net.com	Conceptos especializados de inyección electrónica con programación algorítmica.