



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLES GNC
(GAS NATURAL COMPRIMIDO) EN EL VEHÍCULO
CHEVROLET CORSA 1.6 MPFI A GASOLINA DE PROPIEDAD
DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**TRABAJO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

JULIO IVÁN CASTILLO PACHECO

DIRECTOR: ING. CARLOS ROSALES

Quito, abril 2015

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2015

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **JULIO IVÁN CASTILLO PACHECO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Julio Iván Castillo Pacheco

C.I 1717917973

CERTIFICACIÓN DE TUTORÍA

Por medio de la presente certifico, que el Señor. Julio Iván Castillo Pacheco. Ha realizado bajo mi tutoría la Tesis “Implementación del sistema de combustible de Gas Natural Comprimido (GNC) al vehículo Chevrolet Corsa 1.6 MPFI, cuyo motor trabaja a gasolina, para el estudio del control de emisiones y potencia en Quito 2014”

Cumpliendo los objetivos y lineamientos planteados para la ejecución de la misma, en base a los requisitos que expide la Universidad Tecnológica Equinoccial, para la obtención del título de Ingeniero Automotriz.

Atentamente:

Ing. Carlos Rosales

1801969229

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de Tesis a Dios, a mis padres, a mi esposa, a mi adorada hija, a mis hermanos, familiares y amigos.

A Dios porque me ha dado salud, vida, sabiduría y fortaleza a lo largo de mi vida tanto personal como universitaria y siempre me ha colmado de sus bendiciones cuidándome de todo acontecimiento malo.

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento, formándome como un hombre de bien en un hogar sólido, lleno de valores, respeto y mucha confianza.

A mi esposa y adorada hija, ya que ellas son el motor que me impulsan a ser cada día mejor, para superarme el día a día, y ser un ejemplo de esposo, padre y amigo.

A mis hermanos, familiares y amigos, ya que ellos son parte esencial en mi vida, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Es por todos ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con toda mi vida

Julio Iván

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Tecnológica Equinoccial y a mis queridos profesores que me abrieron las puertas, y confiaron en mí, compartiendo sus abundantes conocimientos para salir adelante en mi vida personal, académica y profesional; y con ello permitirme lograr y alcanzar mis objetivos.

Un agradecimiento muy especial al Ingeniero Carlos Rosales, quien aparte de brindarme de su amistad y conocimientos fue guía y parte fundamental en la realización de la presente tesis, ya que me brindó su apoyo incondicional y comprensión constante.

Agradezco a la Secretaría de Ambiente, por facilitarme la utilización de los equipos de pruebas que se me fueron prestados para el análisis de resultados, al Ing. Jorge Kaslin, y al Ing. Oliver Caisaluiza, por ayudarme en la elaboración de este proyecto de investigación, ya que me brindaron parte de su conocimiento y experiencia.

No puedo olvidar a mis amigos y compañeros, aquellos con los que viví experiencias inolvidables en mi vida y supieron brindarme una amistad sincera e incondicional

Julio Iván

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	5
2.2. ORÍGENES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	6
2.2.1. GASES PRODUCIDOS EN LOS MOTORES	8
2.2.2. GASES INOFENSIVOS	8
2.2.3. GASES CONTAMINANTES.....	9
2.2.4. FORMACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES	10
2.3. EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	11
2.3.1. DEFINICIÓN DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	12
2.3.2. FUNCIONAMIENTO MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA.....	12
2.3.2.1. Términos Utilizados	13
2.3.3. MOTOR A GASOLINA CUATRO TIEMPOS	15
2.3.4. POTENCIA DEL MOTOR	17
2.3.5. CALOR RECHAZADO O PÉRDIDAS	18
2.3.6. OCTANAJE.....	18
2.3.7. CURVAS CARACTERÍSTICAS.....	20
2.3.8. SISTEMAS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	21
2.4. GAS NATURAL COMPRIMIDO.....	41
2.5. ORIGEN Y EXISTENCIA DEL GNC	42

2.6. USOS DEL GNC	43
2.6.1. USO INDUSTRIAL.....	43
2.6.2. FUENTE DE ENERGÍA.....	44
2.6.3. COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA AUTOMOTORES	44
2.6.4. USO DOMÉSTICO	45
2.7. GAS NATURAL EN EL ECUADOR	45
2.8. GAS NATURAL COMPRIMIDO EN EL AUTOMÓVIL.....	46
3. METODOLOGÍA.....	49
3.1. ADAPTACIÓN SISTEMA DE GAS NATURAL COMPRIMIDO	50
3.2. EQUIPO PARA MOTORES A INYECCIÓN ELECTRÓNICA.....	50
3.2.1. TANQUE ESTACIONARIO	52
3.2.2. MULTIVÁLVULA DE CARGA	52
3.2.3. TUBERÍA DE ALTA PRESIÓN.....	53
3.2.4. UNIDAD EMULADORA	53
3.2.5. LLAVE CONMUTADORA	54
3.2.6. ELECTROVÁLVULA PARA G.N.C.	54
3.2.7. EVAPORADOR O REGULADOR DE PRESIÓN.....	54
3.2.8. MEZCLADOR AIRE – G.N.C.	55
3.2.9. TUBERÍAS FLEXIBLES Y ACCESORIOS DE MONTAJE	55
3.3. PARÁMETROS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO GNC.....	56
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE GNC	58
4.1.1. TANQUE ESTACIONARIO	58
4.1.2. CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN.....	61
4.1.3. CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN.....	63
4.1.4. CIRCUITO DE CALEFACCIÓN	64
4.1.5. LLAVE CONMUTADORA	65
4.1.6. EMULADOR DE INYECTORES.....	66

4.1.7. ELECTOVÁLVULA DE GN.N.C	67
4.2. FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA GNC.....	68
4.3. INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE CONVERSIÓN DE GNC	73
4.3.1. INSTALACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	76
4.3.2. INSTALACIÓN DE ORIFICIO DE CARGA DE GNC	76
4.3.3. INSTALACIÓN DEL EVAPORADOR	77
4.3.4. INSTALACIÓN CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN	78
4.3.5. INSTALACIÓN CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN	79
4.3.6. INSTALACIÓN DEL MEZCLADOR	80
4.3.7. INSTALACIÓN DEL CIRCUITO DE CALEFACCIÓN	80
4.3.8. INSTALACIÓN DE LA LLAVE CONMUTADORA.....	81
4.3.9. INSTALACIÓN DEL EMULADOR DE INYECTORES	82
4.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	84
4.5. ESTABLECIMIENTO Y UBICACIÓN.....	84
4.6. EQUIPOS UTILIZADOS	85
4.7.DESCRIPCIÓN Y PREPARACIÓN PRUEBA DINAMÓMETRO	85
4.7.1. PRUEBA EN EL DINAMÓMETRO LPS3000	88
4.8. DESCRIPCIÓN Y PREPARACIÓN PRUEBA ANALIZADOR GASES	90
4.8.1. PRUEBA EN EL ANALIZADOR DE GASES MGT5	90
4.9. DATOS OBTENIDOS DINAMÓMETRO LPS3000.....	92
4.9.1. PRIMERA PRUEBA: GASOLINA.....	92
4.9.2. SEGUNDA PRUEBA: GASOLINA	96
4.9.3. TERCERA PRUEBA: GASOLINA	100
4.9.4. PRIMERA PRUEBA: G.N.C.	104
4.9.5. SEGUNDA PRUEBA: G.N.C.....	108
4.9.6. TERCERA PRUEBA: G.N.C.	112
4.10. DATOS OBTENIDOS ANALIZADOR DE GASES MGT5.....	116
4.10.1. PRIMERA PRUEBA: GASOLINA.....	116

4.10.2. SEGUNDA PRUEBA: GASOLINA	117
4.10.3. TERCERA PRUEBA: GASOLINA	118
4.10.4. PRIMERA PRUEBA: G.N.C.	118
4.10.5. SEGUNDA PRUEBA: G.N.C.....	119
4.10.6. TERCERA PRUEBA: G.N.C.	120
4.11. PARÁMETROS DE VALORES PERMICIBLES CORPAIRE.....	120
4.12. RESULTADOS OBTENIDOS ANALIZADOR DE GASES.....	121
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
5.1 CONCLUSIONES.....	125
5.2 RECOMENDACIONES	127
GLOSARIO.....	128
BIBLIOGRAFÍA.....	129
ANEXOS	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes Naturales del Aire	7
Tabla 2. Contaminantes Antropogénicos.....	7
Tabla 3. Resultados Primera Prueba Gasolina	92
Tabla 4. Valores Primera Prueba Gasolina Dinamómetro LPS300	93
Tabla 5. Resultados Segunda Prueba Gasolina.....	96
Tabla 6. Valores Segunda Prueba Gasolina Dinamómetro LPS300	97
Tabla 7. Resultados Tercera Prueba Gasolina.....	100
Tabla 8. Valores Tercera Prueba Gasolina Dinamómetro LPS300	101
Tabla 9. Resultados Primera Prueba G.N.C.....	104
Tabla 10. Valores Primera Prueba G.N.C. Dinamómetro LPS300	105
Tabla 11. Resultados Segunda Prueba G.N.C.....	108
Tabla 12. Valores Segunda Prueba G.N.C. Dinamómetro LPS300.....	109
Tabla 13. Resultados Tercera Prueba G.N.C.	112
Tabla 14. Valores Tercera Prueba G.N.C. Dinamómetro LPS300.....	113
Tabla 15. Promedio Torque / Potencia	115
Tabla 16. Primera Prueba Gasolina	117
Tabla 17. Segunda Prueba Gasolina.....	117
Tabla 18. Tercera Prueba Gasolina.....	118
Tabla 19. Primera Prueba G.N.C.....	119
Tabla 20. Segunda Prueba G.N.C.....	119
Tabla 21. Tercera Prueba G.N.C.....	120
Tabla 22. Niveles Permitidos según año del vehículo	120
Tabla 23. Tabla comparativa de resultados obtenidos	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gases tóxicos y no tóxicos en la combustión.....	11
Figura 2. Esquema de un motor básico de combustión interna	13
Figura 3. Términos utilizados en el estudio de un motor.....	14
Figura 4. Relación de Compresión.....	15
Figura 5. Ciclo de Cuatro Tiempos	17
Figura 6. Elementos de un motor básico de ciclo Otto	22
Figura 7. Sistema de Distribución	24
Figura 8. Sistema de alimentación de Combustible	25
Figura 9. Sistema de refrigeración del motor	26
Figura 10. Sistema de lubricación del motor	26
Figura 11. Sistema eléctrico del motor	27
Figura 12. Elementos básicos que componen el sistema de encendido	28
Figura 13. Sección de una bobina de encendido	29
Figura 14. Sistema de encendido electrónico para inyección a gasolina	30
Figura 15. Sistema de encendido estático DIS.....	30
Figura 16. Partes de motor de arranque	31
Figura 17. Sistema de Escape.....	32
Figura 18. El Carburador	33
Figura 19. Esquema funcionamiento del carburador	34
Figura 20. Partes de un sistema básico de inyección de combustible.....	35
Figura 21. Partes de un sistema de inyección K Jetrónico	37
Figura 22. Sistema de inyección directa GDI diseñado por la Mitsubishi.....	37
Figura 23. Sistema de inyección Monopunto y Multipunto.....	38
Figura 24. Sensor Lambda.....	39
Figura 25. Funcionamiento Sensor Lambda	40
Figura 26. Partes de un Inyector	40
Figura 27. Partes de un Catalizador	41
Figura 28. Componentes porcentuales G.N.C.	42
Figura 30. Kit de conversión de G.N.C.....	51
Figura 31. Tanque estacionario colocado en el baúl	60

Figura 32. Tanque estacionario con sujeción.....	60
Figura 33. Multi-válvula y Medidor de GNC.....	61
Figura 34. Evaporador / cañería cobre con recubrimiento plástico	63
Figura 35 Circuito de baja presión	64
Figura 36. Mangueras de calefacción	65
Figura 37. Llave conmutadora	66
Figura 38. Emulador de Inyectores	67
Figura 39. Válvula de carga	68
Figura 40. Tanque estacionario GNV / Tubería de cobre	69
Figura 41. Evaporador / Regulador con electroválvula.....	69
Figura 42. Mangueras Sistema de Refrigeración	70
Figura 43. Dosificador o Mezclador de G.N.C.	71
Figura 44. Conducto Dosificador – Múltiple de Admisión.....	71
Figura 45. Llave Conmutadora Gasolina (Rojo)	72
Figura 46. Llave Conmutadora G.N.C. (Verde).....	72
Figura 47. Medición de Compresión Motor.....	73
Figura 48. Calibración de Válvulas	74
Figura 49. Limpieza del Tanque de Combustible	74
Figura 50. Sustitución de Filtros y Bomba de Combustible	74
Figura 51. Medición de la Presión de Bomba de Combustible.....	75
Figura 52. Reemplazo de Bujías	75
Figura 53. Revisión Sistema Eléctrico.....	75
Figura 54. Revisión Niveles (agua, aceite, frenos, hidráulico)	76
Figura 55. Adaptación y sujeción del Tanque de G.N.C.	76
Figura 56. Orificio para carga de G.N.C.....	77
Figura 57. Retirar filtro de agua	77
Figura 58. Colocación Evaporador.....	78
Figura 59. Colocación cañería de cobre	78
Figura 60. Cañería con recubrimiento plástico	79
Figura 61. Circuito baja presión.....	79
Figura 62. Mezclador.....	80
Figura 63. Mangueras Calefacción	81

Figura 64. Llave conmutadora	81
Figura 65. Conexión Conmutador	82
Figura 66. Conexión Emulador de Inyectores	84
Figura 67. Ingreso Dinamómetro.....	86
Figura 68. Sujeción.....	86
Figura 69. Monitor de Visión Técnico	87
Figura 70. Ventilador	87
Figura 71. Caja Negra.....	88
Figura 72 Captura Pantalla Prueba Dinamómetro	89
Figura 73. Prueba Dinamómetro 60000RPM - 162km/h	90
Figura 74. Emisión de Gases.....	91
Figura 75. Primera Prueba Gasolina	94
Figura 76. Segunda Prueba Gasolina	98
Figura 77. Tercera Prueba Gasolina.....	102
Figura 78. Primera Prueba G.N.C.....	106
Figura 79. Segunda Prueba G.N.C.....	110
Figura 80. Tercera Prueba G.N.C.	114

RESUMEN

El presente trabajo está orientado a la investigación, instalación y pruebas de los sistemas de GNC (Gas Natural Comprimido), que hace posible el funcionamiento de los motores a gasolina con este aditivo. Para conseguir este objetivo se requiere de un análisis del comportamiento del GNC y de las propiedades y características de los motores a gasolina.

A través del análisis teórico del motor a gasolina se obtienen los criterios necesarios para la instalación e implementación del sistema de GNC como combustible alternativo a la gasolina, y todos los parámetros que se abarcan en este trabajo. Se analiza la problemática de la contaminación producida por los diversos agentes contaminantes y la razón por la cual el uso de combustibles más limpios es una de las mejores alternativas para mejorar la vida en nuestro país y a su vez en el planeta; sin que existan variaciones en el trabajo que realiza un motor a gasolina.

Se realiza un proceso de instalación de acuerdo a las normas que rigen estos sistemas para conseguir un correcto ensamblaje de las partes del sistema y de su debida calibración, estableciendo procedimiento y ajustes para poner a punto en el motor a gasolina que se va a instalar estos equipos.

Se propone un método de suministro de Gas Natural Comprimido en el motor de gasolina del vehículo Chevrolet Corsa 1.6 Multipunto a inyección, para efectuar la comparación de potencia, torque y de la toxicidad realizando pruebas de emisiones de gases en diferentes regímenes de trabajo del motor.

Las pruebas se realizaran en el Centro de Revisión Vehicular "Guamani" ubicado en el sur de Quito, las cuales van a permitir determinar que las nuevas características de las emisiones del motor con el sistema de suministro de GNC propuesto es una buena alternativa.

ABSTRACT

The present work is based on investigation, installation and test of Compressed Natural Gas (CNG) systems, which make possible a correct performance in fuel engines. In order to reach this objective an analysis of performance and properties of CNG and fuel engines is required.

Through a theoretical analysis of fuel engines we have the necessary criteria and parameters for the GNC system employment and installation. We have to analyze the pollution problem due to contaminant agents and the main reason of why the use of clean fuels is the best way to improve life quality in our country and in the whole planet, without affecting the performance of a conventional fuel engine.

The installation is made with a validation of the rules that specify a correct assembly and calibration of the system, establishing a protocol and adjustments to tune up the fuel engine in which we will adapt the system.

A Compressed Natural Gas supply method is proposed for a 1.6 Chevrolet Corsa multipoint injection engine, in order to make a comparison of potency, torque and toxicity. These parameters will be measured with gas emissions in different conditions of the engine.

The tests will be made in the “Guamani” Vehicles Revision Center, located in the south zone of Quito, which will allow us to determine that emission parameters of the engine with CNG system proposed in this work is a good alternative.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años han aparecido problemas respecto al abastecimiento de petróleo, el mismo que, posee una característica de ser un recurso no renovable que la naturaleza ha tardado años en formar. Esto tiene su repercusión en una desigual distribución de sus derivados y en una continua elevación de los precios especialmente en nuestro país que está en vías de desarrollo. Debido a ello es cada vez más necesario el reemplazo total o parcial por combustibles alternativos como pueden ser (Gas Licuado de Petróleo GLP, Gas Natural Comprimido GNC, Biogás, Alcohol, Biodiesel, etc.) en ese sentido es de mucha actualidad la explotación de reservas de gas que posee el país.

El costo de los combustibles y la conservación del medio ambiente, ha sido la mayor preocupación en la actualidad y en este nuevo milenio ha traído como consecuencia la búsqueda de nuevas fuentes alternativas de energía para la generación de electricidad y del transporte vehicular, que a su vez sean más eficientes, económicas y menos contaminantes.

Por otro lado la escasez de alimentos y el incremento de la contaminación, constituyen problemas importantes en el país afectando directamente a la salud humana a tal punto de elevar el índice de mortalidad en nuestro país.

La tecnología empleada para la utilización del GNC, en motores de combustión interna, esta aplicada a las necesidades de medio, siendo está compatible con la situación económica, social y política del país.

Las nuevas y severas regulaciones ambientales han forzado a los fabricantes de vehículos, cuyos motores que trabajan a gasolina a rediseñar y adoptar modificaciones cada vez más sofisticadas, como la utilización de combustibles alternativos, vehículo híbrido y vehículo eléctrico.

Por ello, el objetivo principal del presente trabajo de investigación es la Implementación del sistema de alimentación de combustible de Gas Natural Comprimido (GNC) al vehículo Chevrolet Corsa 1.6 MPFI, propiedad de la Universidad Tecnológica Equinoccial cuyo motor opera a gasolina, para

realizar el estudio del comportamiento del motor en lo que refiere al torque, potencia y de emisiones contaminantes.

Una vez planteado el objetivo general se debe considerar algunos objetivos específicos como los que se detalla a continuación:

- Efectuar el diagnóstico de emisiones contaminantes en el vehículo, con el motor funcionando con gasolina.
- Efectuar el diagnóstico de emisiones contaminantes en el vehículo, con el motor funcionando con Gas Natural Comprimido GNC.
- Analizar si el vehículo, con el combustible alternativo GNC, disminuye o aumenta su potencia.
- Analizar las ventajas que se obtiene al utilizar un combustible alternativo a la gasolina.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El deterioro del medio ambiente debido a la actitud adoptada por los seres humanos hacia la naturaleza durante el último siglo, en el sentido de que se tenía licencia para explotar los recursos naturales, ha dado lugar a uno de los problemas capitales y el más grave que la humanidad tiene planteados en la actualidad, la Contaminación.

La explotación intensiva de los recursos naturales y el desarrollo de grandes concentraciones industriales y urbanas en determinadas zonas son fenómenos que han dado lugar a la saturación de la capacidad asimiladora y regeneradora de la naturaleza y pueden llevar a perturbaciones irreversibles del equilibrio ecológico, cuyas consecuencias a largo plazo, no son fácilmente previsibles.

Se considera al aire como un bien común limitado, indispensable para la vida por lo que su utilización debe estar sujeta a normas que eviten el deterioro por el uso o abuso indebido del mismo, de tal modo, que se preserve su pureza como garantía del normal desarrollo de los seres vivos sobre la Tierra, por lo que debe ser un compromiso social trabajar juntos para lograr un mundo limpio y habitable, sustento de mejores condiciones de vida para las generaciones futuras. (Simioni,D, 2013)

El hombre en su incesante avance científico, teórico y experimental debe tomar las medidas adecuadas para que su propio desarrollo no haga a la atmosfera víctima de la contaminación, con una política planificada y consecuente es posible reducir tan terrible mal y evitar a las futuras generaciones las peligrosas consecuencias que éste puede implicar.

La contaminación del aire afecta factores del ambiente:

- Las plantas pueden ser dañadas por los agentes contaminantes en especial el dióxido de azufre (SO₂) el cual afecta las cosechas.

- Existen evidencias de que la contaminación del aire está asociada con enfermedades de tipo respiratorio incluyendo bronquitis crónica, asma bronquial, entre otras.
- El aire contaminado corroe los metales, las telas se debilitan, se destiñen y pierden su textura, el cuero se hace más débil y las pinturas se decoloran.

2.2. ORÍGENES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación atmosférica es la presencia de sustancias y formas de energías que presenta el aire y alteran su calidad, de modo que causan riesgos, daños o molestias graves a las personas y bienes de cualquier naturaleza.

Los contaminantes presentes en la atmósfera por lo general proceden de dos tipos de fuentes emisoras, las fuentes emisoras Naturales que se deben a causas naturales y las fuentes emisoras Antropogénicos que se deben a las actividades humanas.

Con frecuencia los contaminantes naturales ocurren en cantidades mayores y significativas que los contaminantes Antropogénicos, pero cabe recalcar que los contaminantes Antropogénicos presenta una amenaza más significativa a largo plazo para la atmosfera. (Simioni,D, 2013)

Los contaminantes naturales como su nombre lo indica proviene por causas naturales, fundamentalmente de volcanes, incendios forestales y la descomposición de la materia orgánica en el suelo y océanos.

Tabla 1. Contaminantes Naturales del Aire

Fuente	Contaminantes
Volcanes	Óxidos de azufre, partículas
Incendios Forestales	Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno, partículas
Suelo	Virus, Polvo
Mar	Partículas de Sal
Plantas en descomposición	Metano, Sulfuro de Hidrogeno
Plantas (vivas)	Hidrocarburos, Polen
Vendavales	Polvo

(Aravena, 2008)

Los contaminantes Antropogénicos se deben al avance científico, teórico y experimental del hombre que realiza al diario vivir, es decir a todas las actividades humanas que desarrollamos para satisfacción de nuestras necesidades.

Tabla 2. Contaminantes Antropogénicos

Causas Fijas	Industriales (Procesos Industriales, Instalaciones fijas de combustión) y Domésticos (Instalaciones de calefacción)
Causas Móviles	Vehículos, Aeronaves, Buques
Causas Compuestas	Aglomeraciones Industriales, Áreas Urbanas

(Aravena, 2008)

2.2.1. GASES PRODUCIDOS EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ENCENDIDO POR CHISPA

Los gases emitidos por un motor de combustión interna a gasolina principalmente son de dos tipos: Gases Inofensivos y Gases Contaminantes.

Los Gases inofensivos están formados fundamentalmente por Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de Carbono, Vapor de Agua e Hidrógeno.

Los Gases Contaminantes están formados principalmente por el Monóxido de Carbono, Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno y Plomo.

2.2.2. GASES INOFENSIVOS PRODUCIDOS EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ENCENDIDO POR CHISPA

Nitrógeno: Es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que se respira en una concentración del 79%.

Debido a las altas temperaturas a la que trabajan los motores de combustión interna, cuyo encendido es por chispa, el Nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de Óxidos de Nitrógeno. (Gálvez,E, 2012)

Oxígeno: Es uno de los elementos indispensables para la combustión en los motores. El oxígeno se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si la mezcla en la combustión es demasiado rica o demasiado pobre, el Oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de los Hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases del escape. (Gálvez,E, 2012)

Dióxido de Carbono: El Dióxido de Carbono producido por la combustión completa del carbono no resulta nocivo ni perjudicial para los seres vivos; y a su vez constituye una fuente de alimentación para las plantas verdes gracias al proceso de la fotosíntesis. El Dióxido de Carbono se produce como consecuencia de la combustión; es decir cuanto mayor sea su concentración, mejor es su combustión. (Gálvez,E, 2012)

Vapor de Agua: El vapor de agua se produce como resultado de la combustión, mediante la oxidación del Hidrogeno y se libera junto a los gases del escape. (Gálvez,E, 2012)

2.2.3. GASES CONTAMINANTES PRODUCIDOS EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ENCENDIDO POR CHISPA

Monóxido de Carbono: El Monóxido de Carbono en concentraciones altas y tiempos largos de exposición en los humanos, provoca en la sangre la transformación irreversible de la hemoglobina, cuya función es transportar oxígeno desde los pulmones a las células del organismo. Una persona que ha estado en exposición al Monóxido de Carbono por un buen tiempo puede padecer de una enfermedad llamada Carboxihemoglobina o a su vez, se ha respirado 0.3% de CO, puede conllevar a la muerte del individuo. (Abarca,K, 2013)

Hidrocarburos: Los hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno es de por sí un gas venenoso. La exposición de este gas en los humanos provoca diferentes síntomas como son las irritaciones a la piel, ojos y conductos de las vías respiratorias; pero si el nivel de Benceno es muy alto provoca dolores de cabeza, depresiones, dolores, náuseas y hasta cáncer. (Abarca,K, 2013)

Óxidos de Nitrógeno: Los óxidos de nitrógeno son nocivos y perjudiciales para la salud, ya que a más de irritar la mucosa, en combinación con los hidrocarburos contenidos en el smog y la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas. (Abarca,K, 2013)

Plomo: El plomo es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. Si el humano inhala puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre. (Abarca,K, 2013).

2.2.4. FORMACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES EN LOS MOTORES CONVENCIONALES DE ENCENDIDO POR CHISPA

Monóxido de Carbono: El monóxido de carbono en los motores de combustión interna con encendido por chispa es del resultado de la falta de oxígeno en la combustión, haciendo que la combustión sea incompleta y de lugar a la aparición del Monóxido de Carbono en lugar de Dióxido de Carbono. Un ambiente sin oxígeno suficiente para la combustión se produce como consecuencia de una mezcla aire / combustible rica en la que la mezcla estequiometría (14,7 a 1) no se cumple.

Hidrocarburos: Los hidrocarburos se deben a los restos del combustible crudo, es decir combustible no quemado. La causa más común de exceso de emisiones de hidrocarburos son las fallas de encendido que se producen debido a problemas de ignición, suministro de combustible o de aire. Los hidrocarburos en exceso también se pueden deber a la temperatura de la mezcla aire/ combustible que entra en la cámara de combustión. Si la temperatura del aire que entra a la cámara es demasiado baja puede causar una mala mezcla de aire combustible, dando lugar a un fallo de encendido parcial.

Óxido de Nitrógeno: En términos generales, la mayor cantidad de Óxido de Nitrógeno se produce durante condiciones de carga alta cuando la presión de combustión y las temperaturas son mayores. Las causas más comunes del exceso de Óxido de Nitrógeno incluyen un funcionamiento defectuoso del sistema EGR (Recirculación de Gases de Escape), mezcla pobre de aire/combustible, alta temperatura del aire de entrada, motor sobrecalentado y excesivo avance del encendido, entre otras. (Mendiburu,H, 2013)

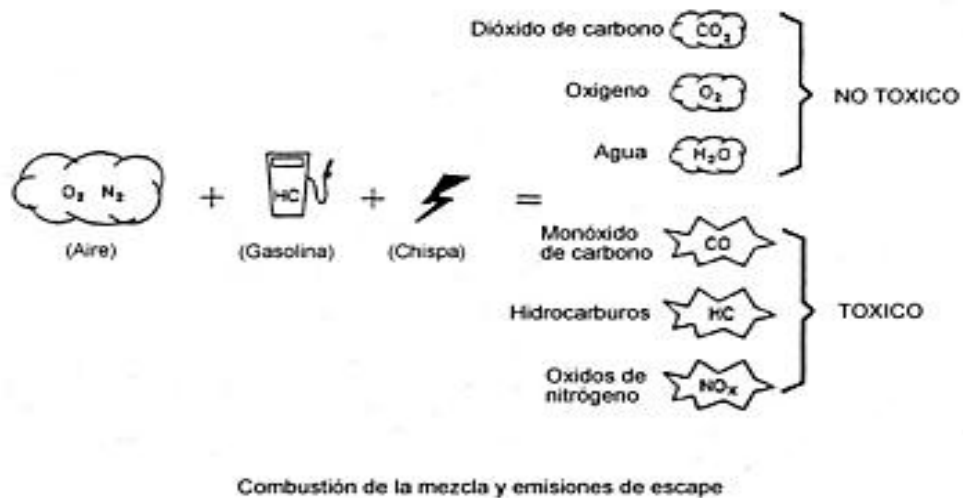


Figura 1. Gases tóxicos y no tóxicos en la combustión (Aficionados a la mecánica, 2013)

2.3. EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

La energía mecánica para poner en funcionamiento diferentes maquinas se puede a través de energía térmica, hidráulica, eólica, solar.

La más utilizada y que ha tenido mejores resultados es la energía térmica obtenida de combustibles de naturaleza orgánica. Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna y gracias a ellos se debe más de 70% de la totalidad de la energía producida.

Para convertir la energía térmica en energía mecánica se requiere del uso de dispositivos especiales llamados maquinas térmicas. Estas son diferentes unas que las otras pero tienen una similitud, ya que reciben calor de una fuente a alta temperatura (hornos de petróleo, reactores nucleares, energía solar, etc.) convirtiendo parte de este calor en trabajo (normalmente en la forma de un eje de rotación), liberan el calor de desecho en un sumidero de baja temperatura (medio ambiente, ríos, etc.) y termina en un ciclo. (Mendiburu,H, 2013)

“Las Máquinas Térmicas tienen un fluido de trabajo al y desde que el calor se transfiere, mientras se somete a un ciclo. Máquinas que involucran combustión interna y que producen trabajo, entran en esa categoría, estos dispositivos operan en un ciclo mecánico pero no en un termodinámico, ya que el fluido de trabajo (gases de combustión) no se someten a un ciclo completo. En lugar de que se enfríen hasta la temperatura inicial, los gases de escape se evacúan y sustituyen por una mezcla de aire y combustible al final del ciclo.”

2.3.1. DEFINICIÓN DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

El motor de combustión interna es el símbolo de la revolución industrial en el siglo XX. Tiene como misión transformar la energía química contenida en el combustible en energía mecánica de movimiento. La energía suministrada proviene de combustibles tales como: gasolina, diésel, gas licuado de petróleo, gas natural comprimido, etc.; y el trabajo mecánico que proporciona el motor suele ser en movimiento rotatorio de un eje.

2.3.2. FUNCIONAMIENTO MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

El motor de combustión interna consta de un mecanismo cilindro –pistón. El pistón se ajusta a las paredes del cilindro mediante unos anillos (rines) que impiden que los gases se introduzcan en su parte inferior, el pistón está unido a una biela, la misma que transmite la fuerza de explosión al codo de un cigüeñal que al girar describe una trayectoria circular. El pistón realiza una trayectoria rectilínea ascendente o descendente, que se convierte en movimiento de rotación mediante el eje de cigüeñal. (Mendiburu,H, 2013)

En la parte superior el cilindro se cierra mediante una culata, dentro de la cual existen unas válvulas, las mismas que son accionadas mediante un árbol de levas y permiten la entrada o la salida de los gases.

El árbol de levas gira con la mitad del número de revoluciones, el movimiento es otorgado por parte del cigüeñal mediante cadenas o correas.

Enroscada a la culata se encuentra la bujía, cuyo funcionamiento es de proveer la chispa que provoca la combustión de los gases comprimidos en el interior del cilindro cuando el pistón llega a su posición más alta.

El bloque es un cuerpo robusto donde se aloja el mecanismo cilindro – pistón y en su parte inferior se tapa mediante el cárter, donde se aloja el aceite para su respectiva lubricación.

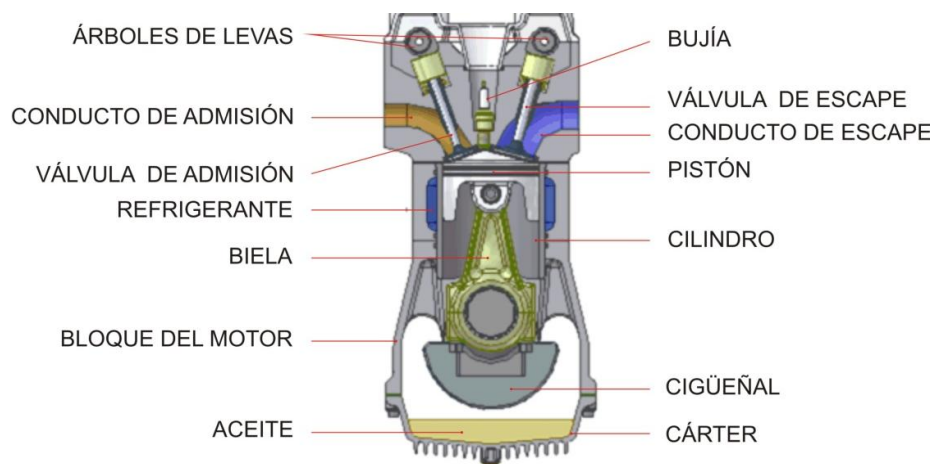


Figura 2. Esquema de un motor básico de combustión interna (Gerschler, 1999)

2.3.2.1. Términos Utilizados

Punto muerto superior (PMS): Se denomina cuando el pistón en su movimiento alcanza el punto máximo de altura antes de empezar a bajar. (Gerschler, 1999)

Punto muerto inferior (PMI): Se denomina cuando el pistón en su movimiento alcanza el punto máximo inferior antes de empezar a subir. (Gerschler, 1999)

Diámetro o Calibre (D): Diámetro interior del cilindro (se expresa en mm). (Gerschler, 1999)

Carrera (C): Distancia entre PMS y PMI (se expresa en mm). (Gerschler, 1999)

Cilindrada unitaria o Volumen de barrido (V): Es el volumen que se desplaza el pistón del PMI al PMS. (Gerschler, 1999)

Volumen de la cámara de combustión (v): Es el volumen comprendido entre la cabeza del pistón en PMS y la culata. (Gerschler, 1999)

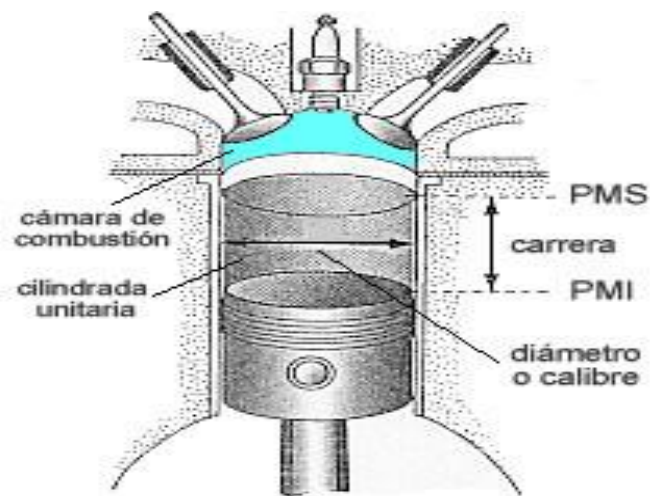


Figura 3. Términos utilizados en el estudio de un motor de combustión interna (Gerschler, 1999)

Relación de compresión (Rc): Es la relación entre la suma de volúmenes ($V+v$) y el volumen de la cámara de combustión.

La Relación de compresión para motores a gasolina suele ser del orden 10/1. Con motores turboalimentados este valor desciende y para motores diésel viene a ser de orden 20/1. (Gerschler, 1999)

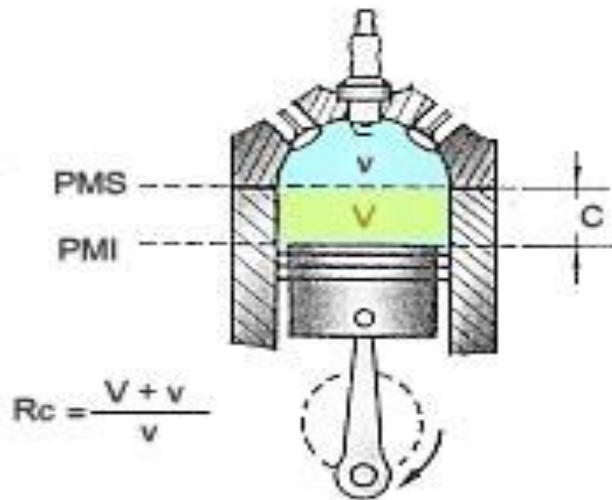


Figura 4. Relación de Compresión
(Gerschler, 1999)

2.3.3. MOTOR A GASOLINA CUATRO TIEMPOS

El motor a gasolina de cuatro tiempos se emplea tanto en automoción como en aeronáutica, este realiza cuatro carreras del pistón es decir dos vueltas completas del cigüeñal para completar su combustión. Los tiempos de trabajo del motor de combustión interna a gasolina son los siguientes:

2.3.3.1. Primer tiempo o admisión

Inicialmente el pistón se encuentra en el PMS (Punto muerto superior), en ese momento la válvula de admisión se abre y permanece cerrada la de escape, el cigüeñal va ocupando distintos puntos en su recorrido giratorio y por mediación de la biela provoca la bajada del pistón arrastrando la mezcla aire combustible en el interior del cilindro.

El pistón en su carrera hacia abajo va cerrando un vacío dentro de la cámara de combustión a medida que alcanza el PMI (punto muerto inferior), en este punto se cierra la válvula de admisión, quedando la mezcla atomizada encerrada en el cilindro. (El cigüeñal ha girado media vuelta 180°)

2.3.3.2. Segundo tiempo o compresión

El movimiento del pistón es ascendente. Al llegar al final de la carrera inferior la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón.

El cigüeñal gira 360°, el árbol de levas gira 180° y tanto la válvula de admisión como de escape se encuentran cerradas.

2.3.3.3. Tercer tiempo o explosión

Cuando la mezcla aire/combustible ha alcanzado el máximo de compresión, salta una chispa eléctrica en el electrodo de la bujía, lo cual inflama la mezcla y hace que explote. La expansión de los gases genera una fuerza expansiva, que obliga al pistón a bajar bruscamente desde el PMS al PMI. En este momento se abre la válvula de escape y permanece cerrada la válvula de admisión

Ese movimiento rectilíneo se transmite por medio de la biela al cigüeñal que gira otra media vuelta, donde se convierte en trabajo útil. Es la única etapa donde se convierte la energía química en energía motriz.

2.3.3.4. Cuarto tiempo o escape

El pistón empuja cuidadosamente en su movimiento ascendente los gases de la combustión generada, estos salen a través de la válvula de escape que

permanece abierta. Al llegar al final de la carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión. El cigüeñal gira 720° y el árbol de levas gira 360° . Una vez concluido este tiempo, el motor está listo para comenzar el ciclo de cuatro tiempos nuevamente.

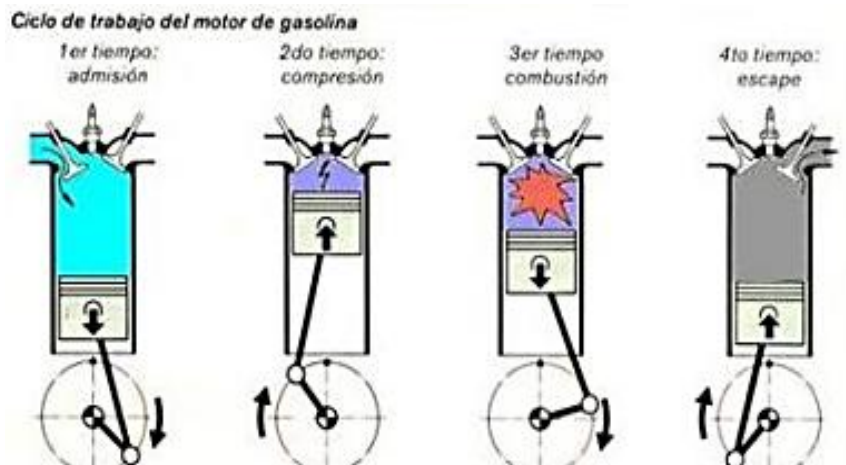


Figura 5. Ciclo de Cuatro Tiempos
(Fernández, 2009)

2.3.4. POTENCIA DEL MOTOR

La potencia del motor es la fuerza que recibe el pistón cuando ocurre la combustión en el interior del cilindro multiplicado por la distancia recorrida por el pistón en un determinado periodo. Esta no se aplica totalmente sobre el cigüeñal, esto se debe a que existen pérdidas de calor, rozamiento, entre otros que restan valor a la misma:

Se pueden distinguir tres clases de potencia:

- **Potencia Indicada:** Es la que recibe el pistón durante el ciclo y se calcula con la ayuda del diagrama indicado.
- **Potencia Efectiva / Par Motor:** Es la que se calcula con la ayuda de un freno, mediando un banco de pruebas.

La fuerza que empuja al pistón, mueve la biela haciendo girar al codo del cigüeñal mediante un esfuerzo de torsión que se conoce como Par Motor (τ), que multiplicado por la velocidad de rotación del motor (ω) da como resultado la potencia efectiva (P_{ϵ}), conocida también como potencia al freno, debido al mecanismo que se utiliza para su medición. $P_{\epsilon} = (\tau) * (\omega)$

- **Potencia Absorbida:** Es la diferencia entre la potencia indicada y la potencia al freno. Utilizada para vencer el rozamiento entre las superficies como por ejemplo (cojinetes, pistones, etc.) y dar movimiento a otros elementos que el motor necesita como el alternador, la bomba de agua, aire acondicionado, etc.

2.3.5. CALOR RECHAZADO O PÉRDIDAS

Existen dos tipos de pérdidas que sufre el motor y se debe a las siguientes causas

- **Pérdidas Térmicas:** Se debe a componentes asociados con la refrigeración, lubricación y gases de escape.
- **Pérdidas Mecánicas:** se debe a la fricción, ruido, etc. Y son contabilizadas en la potencia absorbida.

2.3.6. OCTANAJE

El octanaje o índice de octano es una escala que mide la resistencia que presenta un combustible como la gasolina para detonar prematuramente, cuando se ha comprimido dentro del cilindro del motor. Indica la presión y temperatura a la que puede ser sometido un combustible mezclado con aire; antes de auto-detonarse al alcanzar su temperatura de auto-ignición

Si el combustible no tiene el índice de octano suficiente en motores con elevadas relaciones de compresión (8,5 – 10,5) dará lugar a que se

produzca el auto-encendido de la mezcla, es decir, la combustión es demasiado rápida y se producirá a una explosión prematura en la fase de compresión, lo cual provoca que el pistón sufra un golpe brusco y se reduzca drásticamente el rendimiento del motor, llegando incluso a provocar daños severos. (Mendiburu,H, 2013)

El índice de octano se obtiene por comparación del poder detonante de la gasolina con el de una mezcla de heptano e isoctano, asignándole a cada elemento de esta última un poder antidetonante de 0 y 100 respectivamente; de esta manera, una gasolina de 95 octanos correspondería en su capacidad antidetonante a una mezcla con el 95% de isoctano y el 5% de heptano.

2.3.6.1. Tipos de octanajes

Existen tres tipos de octanajes:

- **Research Octane Number (RON):** Es el Octanaje medido en el laboratorio.

El valor RON se determina comparando el golpeteo que produce la gasolina con respecto al golpeteo que produce una sustancia patrón. Como patrón se utiliza una mezcla de isoctano y heptano, de esta manera se determina el número de octanos del combustible con respecto al porcentaje de isoctano en la mezcla estándar; así, una gasolina que produce el mismo ruido que la mezcla de 87 (87%isoctano y 13% heptano), se dice que tiene un octanaje de 87 octanos.

- **Motor Octane Number (MON):** Es el Octanaje probado en un motor estático.

El valor MON indica de manera más exacta cómo se comporta el combustible cuando se carga. Esta definición también se basa en la mezcla de isoctano y heptano. La diferencia con el RON es que se sobrecarga más el motor en el ensayo; se utiliza una mezcla

precalentada, el motor más revolucionado y tiempos de ignición variable, dependiendo de la composición del combustible. (Mendiburu,H, 2013).

- **Road ON:** Es el octanaje probado en la carretera.

Algunos combustibles como el GLP, GNC, etanol y metanol, dan un índice de octano mayor de 100. Si la gasolina no tiene suficiente octanaje se le añade algún aditivo como el etanol, el benceno o tetra etilo de plomo, los cuales ya no se utilizan en nuestro país.

2.3.7. CURVAS CARACTERÍSTICAS

Se utilizan para conocer las variaciones de potencia, par motor y consumo de combustible en cada régimen de funcionamiento del motor. Permiten comparar un motor frente a beneficios y consumos, lo cual ayuda a saber cuál es más rentable según las necesidades que se tenga. Estas curvas se refieren a las prestaciones que los motores suministran en un banco de pruebas (torque, potencia al freno, consumo específico de combustible, entre otros.)

Los resultados obtenidos en el banco de pruebas sirven como un elemento comparativo válido, ya que se los realiza en condiciones muy cercanas al funcionamiento real del comportamiento del motor.

Las curvas características han ido variando gracias a los progresos e innovaciones técnicas aplicadas a los motores actuales, pero sobre todo debido al control electrónico y al sistema de inyección electrónica que permite suministrar la cantidad de combustible requerida en el momento preciso, obteniéndose una mejor combustión con mejores prestaciones de potencia, par motor y menor consumo de combustible.

Existen dos tipos de curvas características:

- **CURVAS DE VELOCIDAD**

Las revoluciones del motor y de la carga varían, mientras el acelerador se mantiene en una misma posición; están dadas en función de las revoluciones y pueden ser:

Torque (T) vs. RPM

Potencia al freno (Pf) vs. RPM

Eficiencia (n) vs. RPM

Consumo específico de combustible (c.e.c.) vs. RPM

- **CURVAS DE CARGA**

La velocidad de rotación permanece constante mientras la carga y el acelerador varían.; están en función de la potencia al freno y pueden ser:

Consumo específico de combustible (c.e.c.) vs. Potencia al freno (Pf)

Consumo de combustible (c.c) vs. Potencia al freno (Pf)

Eficiencia (n) vs. Potencia al freno (Pf)

2.3.8. SISTEMAS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

En el desarrollo del presente proyecto es de suma importancia describir los elementos y sistemas principales del motor de ciclo Otto, ya que el proceso de adaptación del sistemas de GNC (Gas Natural Comprimido) se deben realizar algunas modificaciones, como se muestra en la (figura 6), donde se pueden observar de manera general los principales elementos que componen un motor y se va a detallar cada uno de ellos:

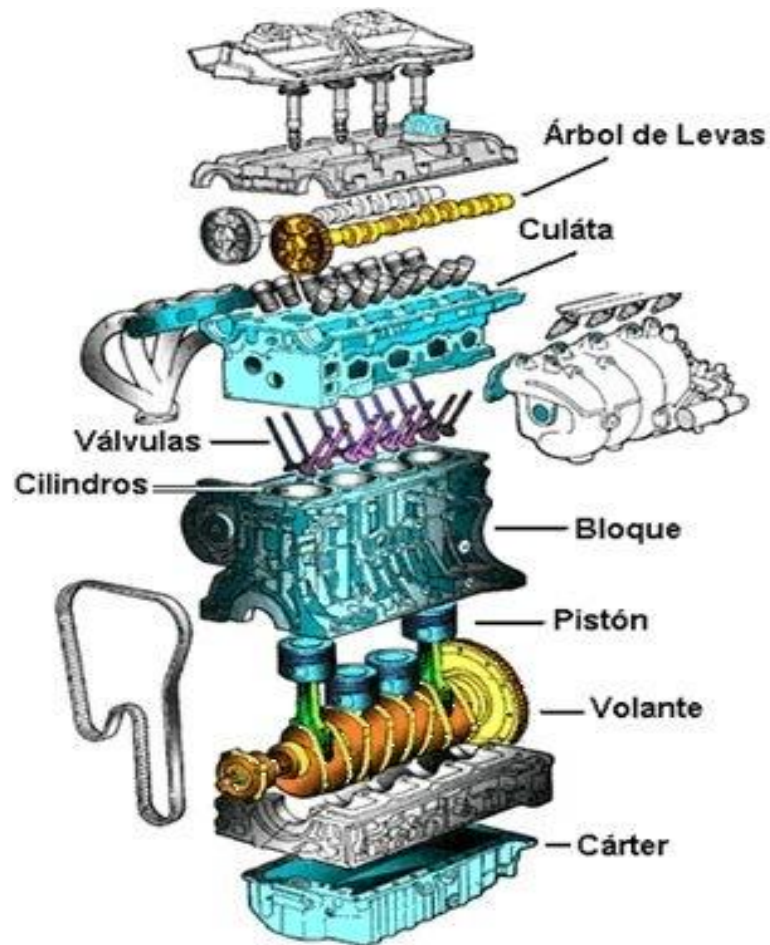


Figura 6. Elementos de un motor básico de ciclo Otto (Rojas, 2007)

El block: Es la estructura principal donde están los cilindros, se ubica bancada y se asienta el cigüeñal.

Los Pistones: Son los mecanismos que se deslizan por los cilindros con movimiento rectilíneo.

Los rines: Se encargan de conseguir un cierre hermético de la cámara de combustión

Las bielas: Transmiten el movimiento de los pistones mediante el cigüeñal.

El cigüeñal: Recibe la fuerza de los pistones por medio de la biela y la transforma en movimiento giratorio.

Cojinetes de Bancada: sobre los gira el cigüeñal dentro del bloque de cilindros

El volante de Inercia: Esta unido al cigüeñal y proporciona la inercia para que el pistón vuelva a subir después del tiempo de explosión.

El cárter: Es el recipiente donde se aloja el aceite

La culata: Está situada en la parte superior del motor donde se alojan las válvulas y los conductos que canalizan la admisión y escape.

Las válvulas: al abrir y cerrar se encargan de dar paso a la entrada de los gases (admisión) y dar salida a los gases quemados de la combustión (escape).

Árbol de levas: Es el encargado de abrir y cerrar las válvulas; se encuentra situada en la culata.

Colectores de Admisión: Son los que canalizan los gases de entrada a los cilindros.

Colectores de Escape: Son los que conducen los gases quemados de la combustión desde la culata hasta el exterior.

Distribución: Constituida por bandas o correas de distribución, es la encargada de unir en giro sincronizado el movimiento del cigüeñal y el árbol de levas.

2.3.8.1. Sistema de distribución

Tiene como función permitir la apertura y cierre de las válvulas en forma sincronizada con los desplazamientos del pistón (Figura 7).

Permite el llenado de los cilindros con la mezcla aire-combustible, su encendido y vaciado a fin de aprovechar al máximo la energía química del combustible; por lo general la coordinación de la distribución permite coordinar también la señal de encendido.

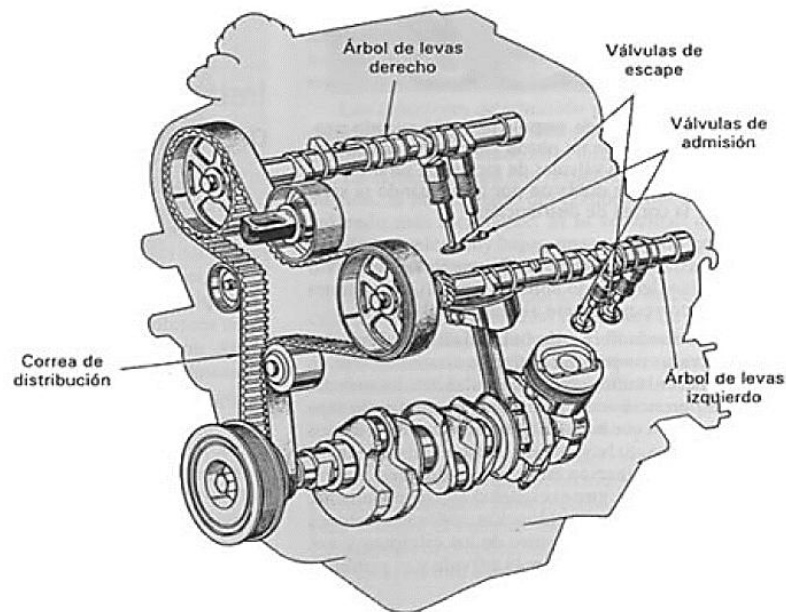


Figura 7. Sistema de Distribución
(Rojas, 2007)

2.3.8.2. Sistema de combustible

Es el encargado de suministrar al motor el combustible necesario para su funcionamiento, está compuesto de un depósito, una bomba, cañerías rígidas de acero, cañerías flexibles de goma y un dispositivo que vaporiza o atomiza el combustible líquido; en los motores de varios cilindros éste se conduce a los cilindros a través de un tubo ramificado llamado colector o múltiple de admisión.

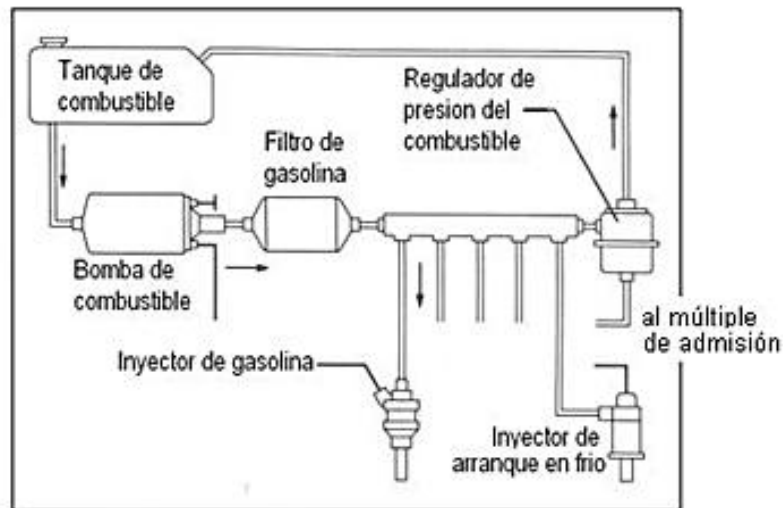


Figura 8. Sistema de alimentación de Combustible (Rojas, 2007)

2.3.8.3. Sistema de refrigeración

Tiene como función enfriar el motor, debido a que la combustión produce calor y trabaja a altas temperaturas. Los sistemas más utilizados son de aire y agua (Figura 9). Los motores que se refrigeran por aire tienen en el exterior un conjunto de láminas de metal que disipan el calor producido dentro del cilindro.

Otros motores utilizan agua, estos motores se refrigeran al pasar por las láminas de un radiador, es de suma importancia utilizar anticongelantes que hierve a más temperatura que el agua para evitar altas presiones y que no se congele a temperaturas bajas; además éste no produce óxidos, sarro ni sedimentos que se adhieren en las paredes del motor y el radiador.

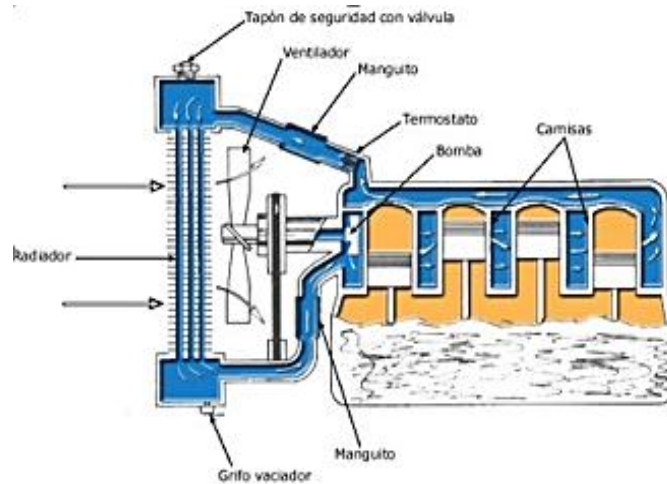


Figura 9. Sistema de refrigeración del motor
(Rojas, 2007)

2.3.8.4. Sistema de lubricación

La función de éste sistema es de proporcionar al motor el lubricante necesario a las presiones y flujos requeridos; también cumple con la función de interponer una capa de lubricante entre las piezas móviles con el fin de disminuir roce, desgaste, fricción y mantener una movilidad adecuada de las mismas.

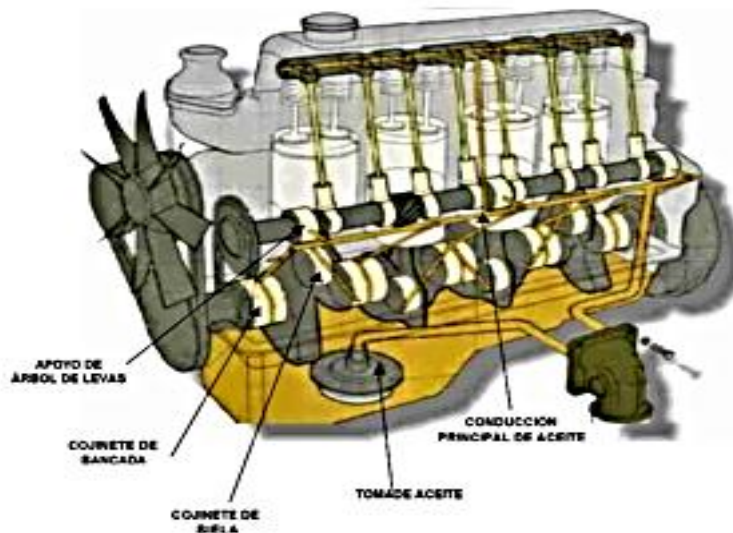


Figura 10. Sistema de lubricación del motor
(Rojas, 2007)

2.3.8.5. Sistema eléctrico

La función de este sistema es de proporcionar corriente continuamente al vehículo; está conformado por la batería, alternador, el motor de arranque, fusibles, relés, etc. La batería almacena la energía para alimentar los diferentes sistemas eléctricos. Cuando el motor está en marcha, el alternador es movido por el cigüeñal y mantiene el nivel de carga de la batería.

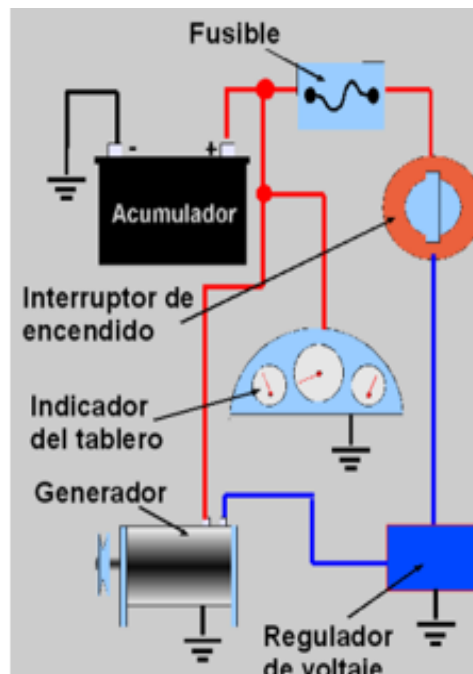


Figura 11. Sistema eléctrico del motor
(Rojas, 2007)

2.3.8.6. Sistema de encendido

Tiene la función de iniciar la ignición o inflamación de la mezcla aire-combustible comprimido en el interior del cilindro (Figura 12). La batería o fuente de poder proporciona la energía eléctrica necesaria para producir el

arco eléctrico requerido, la electricidad producida por ésta es de tipo corriente continua (C.C) con voltaje de 12V.

En los motores de ciclo Otto, el elemento encargado de provocar la explosión en cada cilindro es la bujía que contiene en uno de sus extremos dos electrodos separados, entre los que la corriente de alto voltaje produce un arco eléctrico que enciende el combustible dentro del cilindro y se encuentra fijada a la pared superior de cada cilindro. La corriente que llega a las bujías debe ser de alta tensión, por lo menos de 14000V, pero teniendo en cuenta posibles pérdidas del sistema deben generarse hasta 30000V.

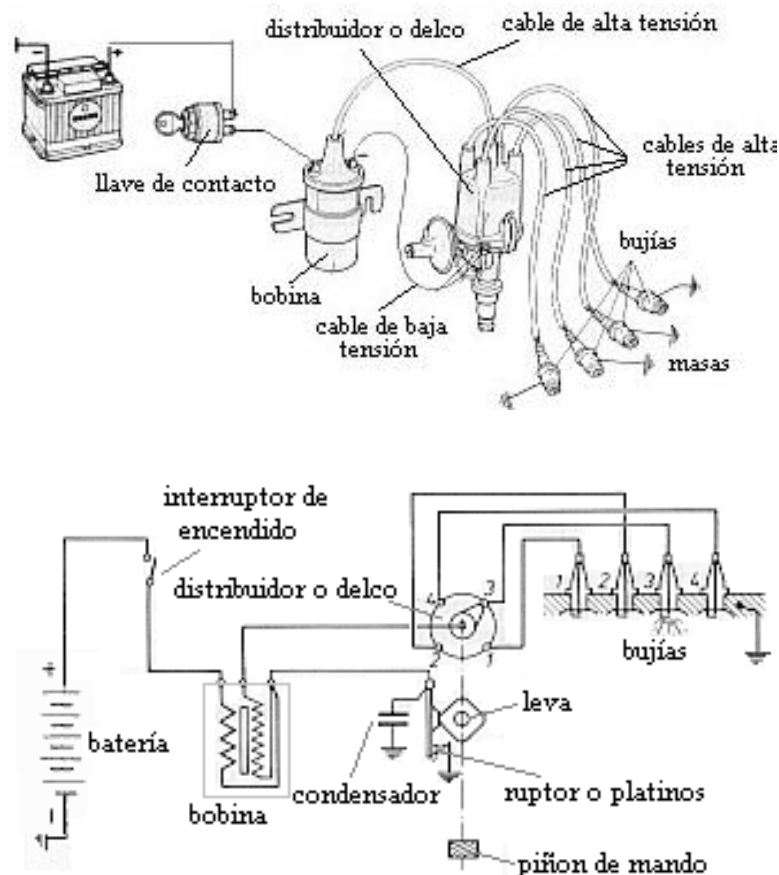


Figura 12. Elementos básicos que componen el sistema de encendido (Aficionados a la mecánica, 2012)

El elemento encargado de elevar la tensión que se obtiene de la batería hasta los 30000V necesarios es la bobina (Figura 13), que es un auto-transformador de alto voltaje conectado a un conmutador que interrumpe la

corriente del primario para producir la chispa de alto voltaje en el secundario. El distribuidor es el elemento encargado de transmitir la corriente a cada bujía en el momento adecuado según el orden de encendido, que están sincronizadas con la etapa de compresión de cada uno de los cilindros.

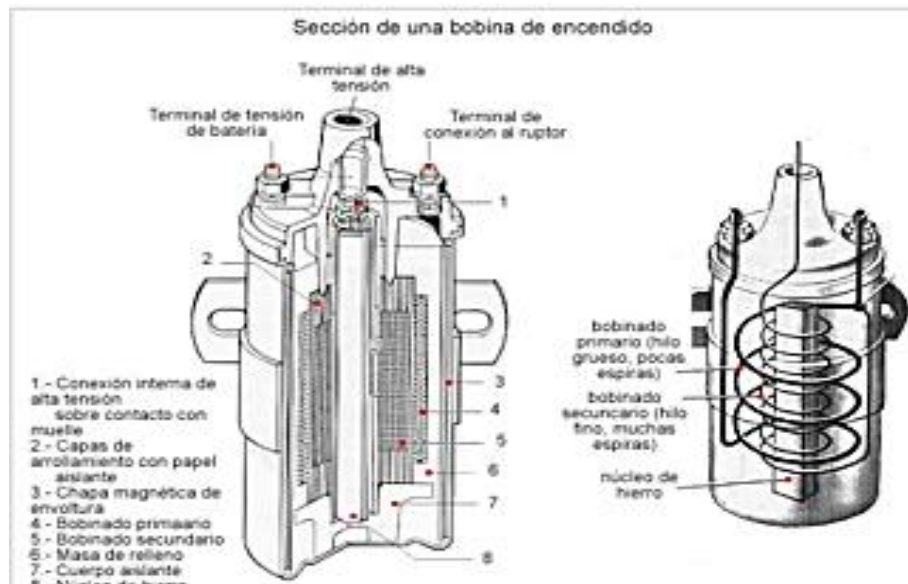


Figura 13. Sección de una bobina de encendido (Aficionados a la mecánica, 2012)

2.3.8.6.1. Encendido electrónico para inyección a gasolina

En la actualidad los sistemas de inyección electrónica de gasolina se combinan con un encendido electrónico integral, aprovechando muchos de los sensores que les son comunes y la propia unidad de control (ECU).

Dentro de estos sistemas de encendido se pueden encontrar los que siguen usando el distribuidor y los que suprimen por completo (encendido electrónico estático DIS)

Hay dos tipos de encendido electrónico: el convencional (Figura 14), con distribuidor, en el que la ECU determina el instante de salto de la chispa en cada cilindro, repartiendo el distribuidor la chispa a cada bujía en el orden de encendido adecuado, y el encendido electrónico estático (DIS) que suprime al distribuidor.

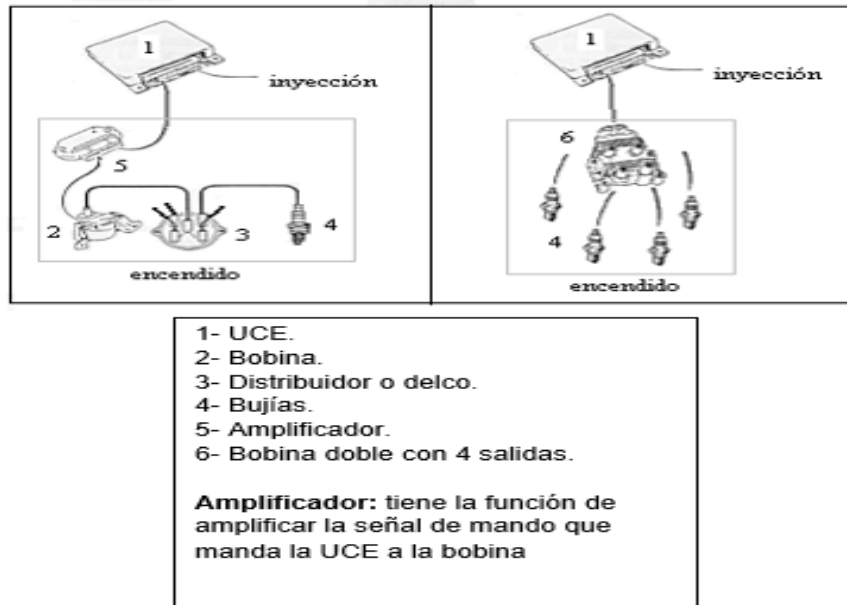


Figura 14. Sistema de encendido electrónico para inyección a gasolina (Aficionados a la mecánica, 2012)

El sistema de encendido DIS (Figura 15), para un motor de cuatro cilindros usa una bobina doble con cuatro salidas de alta tensión.

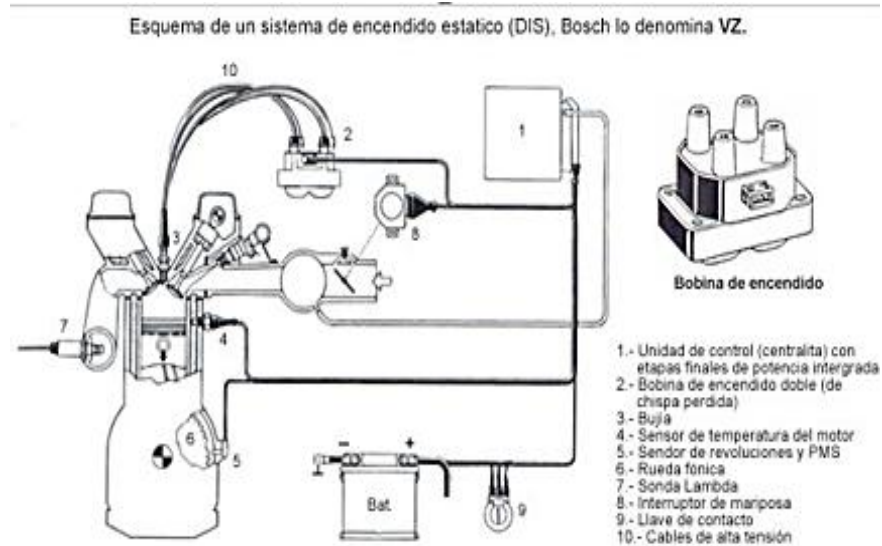


Figura 15. Sistema de encendido estático DIS (Aficionados a la mecánica, 2012)

2.3.8.7. Sistema de arranque

Los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan, por lo que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo utilizando un motor eléctrico (motor de arranque), conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuando arranca el motor.

Otros sistemas de encendido de motores con los iniciadores de inercia que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal. Existen otros sistemas de arranque como los explosivos sobre todo para arrancar motores de aviones.

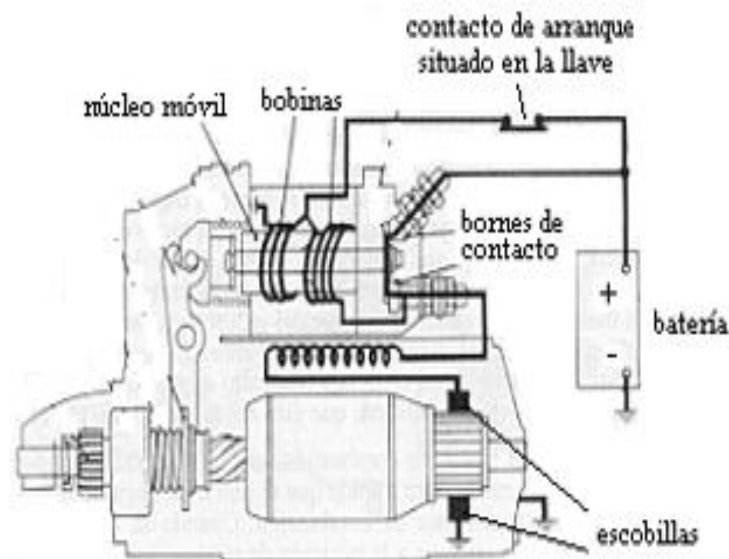


Figura 16. Partes de motor de arranque (Rojas, 2007)

2.3.8.8. Sistema de escape

Tiene por función permitir la adecuada salida de los gases producidos por la combustión del motor desde el interior de los cilindros, crear un diferencial de presiones entre la admisión y el escape del cilindro haciendo posible admitir mezcla aire / combustible nueva en el interior de este, y de esta

forma también atenuar el ruido producido por las explosiones de encendido de la mezcla aire / combustible por medio de un silenciador; y en la actualidad los vehículos con inyección electrónica cuentan con un elemento catalizador.

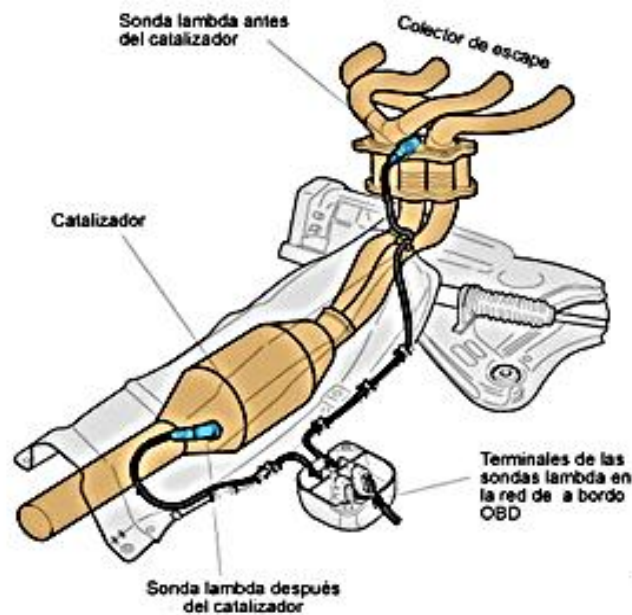


Figura 17. Sistema de Escape
(Rojas, 2007)

2.3.8.9. Sistemas de alimentación de combustible motor a gasolina

Existen dos tipos de alimentación más comunes de los motores a gasolina y son los siguientes:

Sistema de carburación

La carburación consiste en mezclar una determinada cantidad de combustible con otra de aire, y suministrar una adecuada cantidad de esta mezcla pulverizada a cada cilindro del motor para su explosión y combustión, generando una fuerza necesaria para mover un árbol o eje que originará el movimiento de un automotor.

En la carburación intervienen los carburadores, el colector de admisión, las válvulas de admisión, e incluso las cámaras de combustión y los pistones.

El carburador es un mecanismo dosificador de combustible capaz de mantener y entregar la cantidad adecuada de combustible para los distintos regímenes de funcionamiento del motor. Está formado por un depósito carburante, una bomba que impulsa la gasolina hasta la cuba del carburador, varios filtros y dispositivos que impiden la entrada de impurezas.

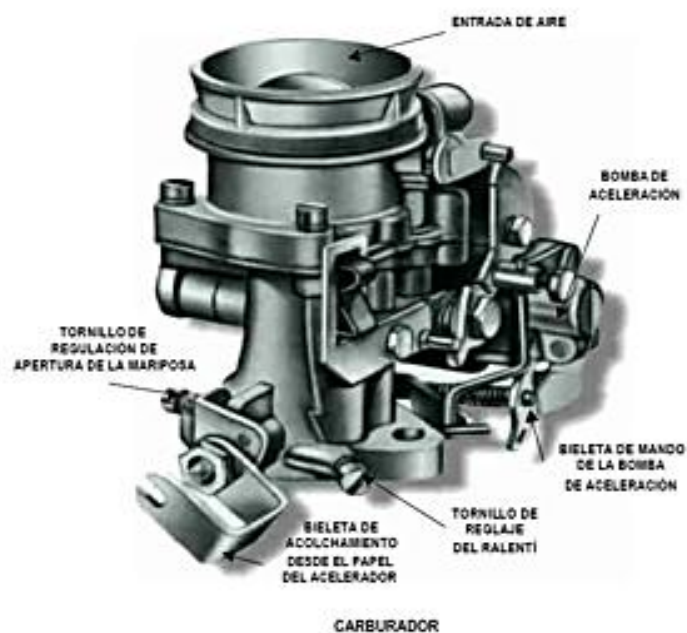


Figura 18. El Carburador
(Mecánica virtual, 2010)

El funcionamiento del carburador se base en el efecto venturi que provoca que toda corriente de aire que pasa por una canalización, genere una depresión (succión) que se aprovecha para arrastrar el combustible.

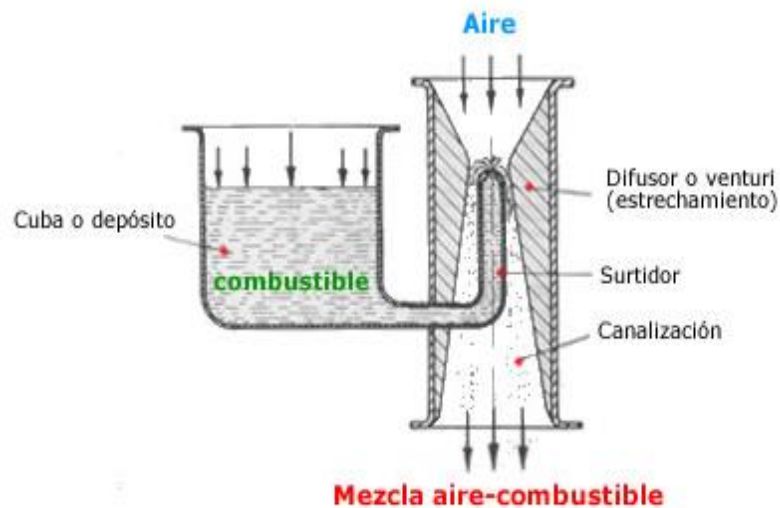


Figura 19. Esquema funcionamiento del carburador (Mecánica virtual, 2010)

El carburador tiene la misión de aportar a la corriente de aire con una determinada cantidad de gasolina, para que después llegue a las cámaras de combustión una mezcla de riqueza adecuada; al ser éste un elemento mecánico todo su funcionamiento se basa en la depresión que crean los pistones del motor en su carrera de bajada hacia el PMI. El vacío parcial que se crea en el cilindro cuando los pistones descienden en el tiempo de admisión absorbe aire a la cámara de combustión, atravesando el carburador; la cantidad que pasa depende de las revoluciones del motor y está limitada por una aleta basculante llamada regulador de mariposa, cuya apertura y cierre se controla desde el pedal del acelerador.

Sistema de inyección electrónica de gasolina

La inyección de combustible es un sistema de alimentación de motores de ciclo Otto que se utiliza reemplazando el carburador. En la actualidad es más utilizado, ya que permite una mejor dosificación del combustible, permitiendo manejar de mejor manera las distintas fases de funcionamiento del motor sean estas: ralentí, carga parcial, plena carga, aceleración y desaceleración

obteniendo como resultado ventajas en relación con la exigencias de potencia, consumo de combustible, comportamiento en marcha; así como también la disminución de elementos contaminantes en los gases de escape.

En el sistema a inyección, la mezcla aire/combustible es suministrada al motor a presión por medio de unas boquillas inyectoras. Los elementos básicos que lo comprenden se detallan a continuación en la siguiente (Figura 20)

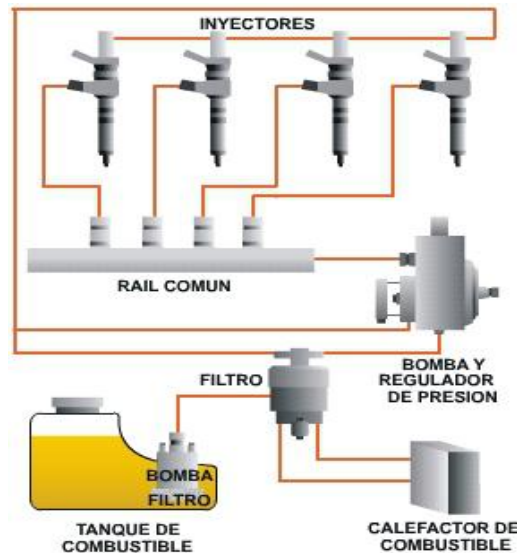


Figura 20. Partes de un sistema básico de inyección de combustible (Mecánica virtual, 2010)

Existen tres sistemas de inyección más importantes y comunes que son:

- Sistema de inyección mecánico, electrónico y mixto.
- Sistema de inyección directa e indirecta.
- Sistema de inyección mono punto y multipunto

A inicios de la inyección se utilizaban los sistemas de inyección mecánica, pero en la actualidad se utilizan sistemas de inyección electrónica, debido a que se dispones de innumerables dispositivos de alta sensibilidad para

suministrar a los cilindros la cantidad de combustible adecuada y no se requiere de un distribuidor mecánico de alta presión.

Un sistema de inyección electrónica básico está formado por cuatro partes principales:

- **Circuito de Gasolina:** Es el encargado de proveer de combustible y llevarlo hasta las válvulas de admisión, generando la presión necesaria y manteniéndola constante para la inyección. Este sistema está compuesto por el depósito de combustible, bomba de combustible, filtro de combustible, tubo o rampa de distribución, regulador de presión e inyectores.
- **Sistema de Aspiración:** Hace llegar al motor el caudal de aire necesario. Este sistema está compuesto por filtro de aire, colector de admisión, mariposa de aceleración y los tubos de admisión.
- **Sistema de Control:** Es también llamada Unidad de Control Electrónica (ECU), la función es de analizar las señales suministradas por los sensores y a partir de ellas genera los impulsos de mando correspondientes para los inyectores.
- **Sensores:** Son los encargados de registrar las magnitudes características del motor para cada estado de servicio. Las más importantes son: el caudal de aire aspirado, que es registrado por el caudalímetro o sonda volumétrica y el régimen de revoluciones del motor. Otros sensores registran la posición de la mariposa y las temperaturas del aire aspirado.

Un sistema de inyección electrónica K-jetrónica, con los elementos básicos se pueden observar en la (Figura 21)

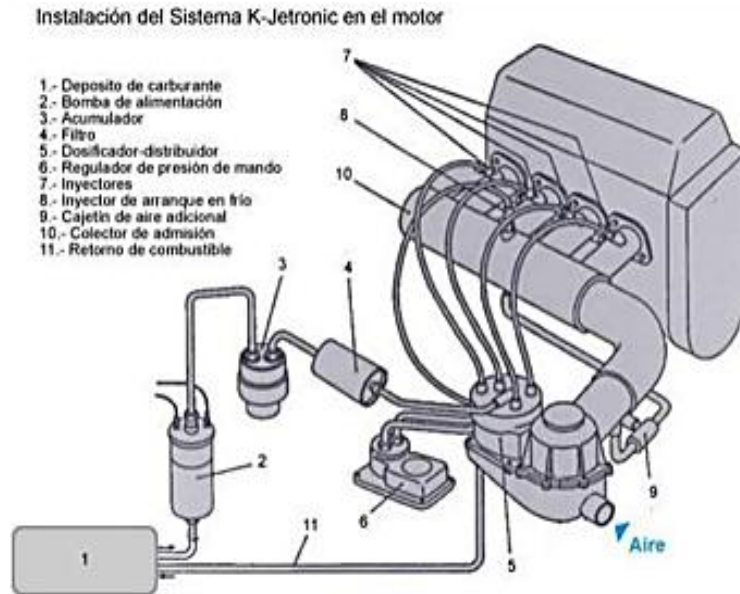


Figura 21. Partes de un sistema de inyección K Jetrónico (Mecánica virtual, 2010)

En el sistema de inyección directa (Figura 22) el combustible se pulveriza dentro de la cámara de combustión o cilindro.

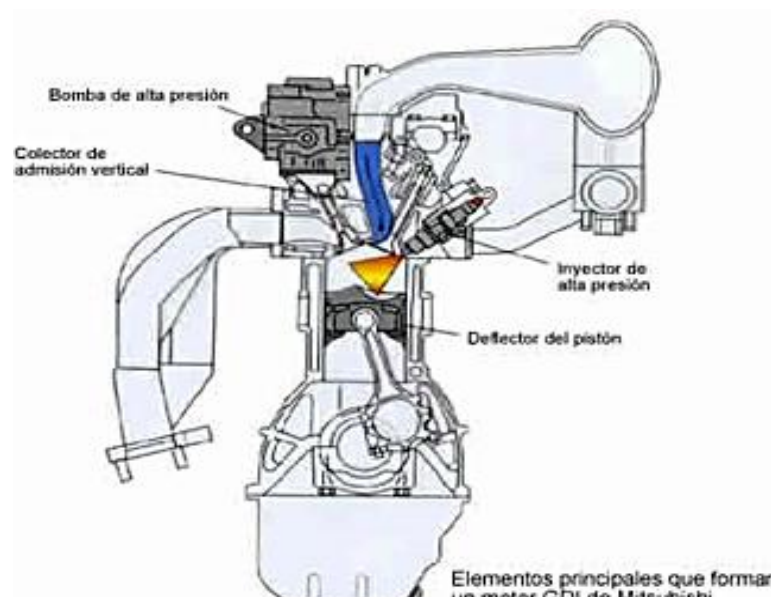


Figura 22. Sistema de inyección directa GDI desarrollado por la Mitsubishi (Mecánica virtual, 2010)

El sistema de inyección indirecta pulveriza el combustible en el colector de admisión, éste es el más empleado en la actualidad, dándose:

- Menor consumo: ya que se crean turbulencias de aire favorables para el llenado del cilindro, mejor comportamiento en marcha.
- Mayor potencia: debido al adecuado llenado de los cilindros.
- Mejor comportamiento en marcha: por la inyección exacta de cantidad de gasolina en el momento preciso.
- Baja emisión de elementos contaminantes: por una buena combustión mejorada debido a la precisión en la proporción de la mezcla.

El sistema de inyección indirecta puede realizarse principalmente de dos modos: inyectando el combustible en los colectores de admisión delante de las válvulas de admisión para lo cual se necesita un inyector por cilindro (sistema multipunto), o bien en el colector central a través de un único inyector (sistema monopunto).

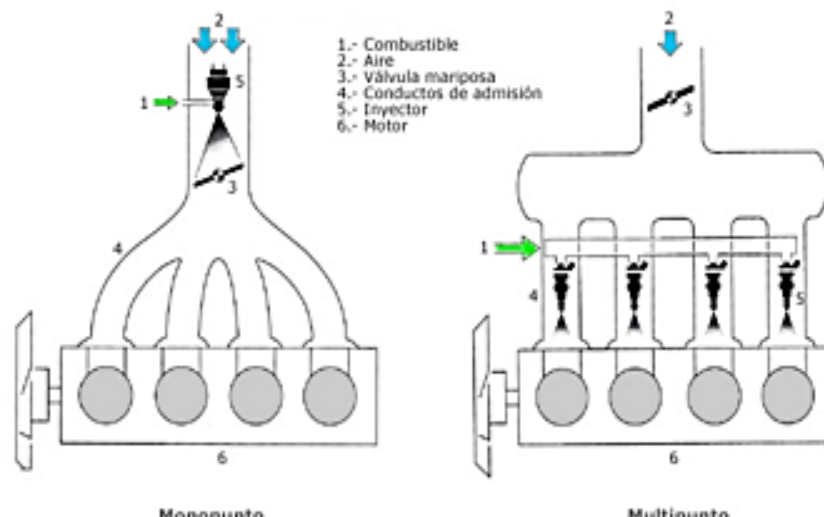


Figura 23. Sistema de inyección Monopunto y Multipunto (Mecánica virtual, 2010)

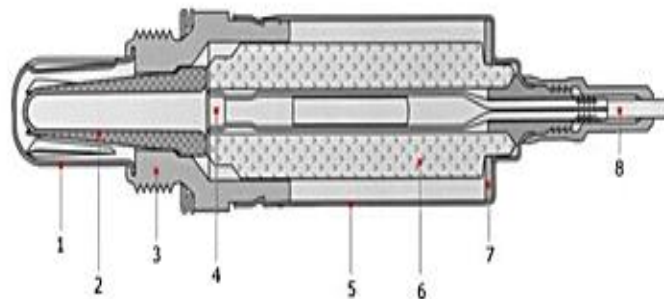
Entre los sistemas de inyección multipunto se puede hacer una clasificación atendiendo a la secuencia de inyección:

- Continúa, que inyecta gasolina constantemente, la cual entra a la cámara de combustión cuando se abre la válvula de admisión.

- Discontinua o Intermitente, que tiene dos modalidades de forma simultánea en la que todos los inyectores se abren a la vez, y una vez por cada tiempo del motor.
- Secuencial, en el que cada inyector deja abierto el paso de gasolina sólo en el preciso momento en que la válvula de admisión está abierta, de forma que la gasolina entra directamente a la cámara de combustión.

Sensor Lambda: Su construcción es la siguiente (Figura 24), una parte del cuerpo de cerámica se encuentra sumergida en el flujo de los gases de escape, la otra parte está en contacto con el aire exterior. La superficie del cuerpo de cerámica (dióxido de circonio) está provista de electrodos de una fina capa de platino permeable a los gases; adicionalmente, la parte que se encuentra expuesta a los gases de escape lleva una capa porosa de cerámica como protección contra residuos de la combustión.

Estructura de una sonda lambda no calefaccionada LS21



- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1.- Tubo de protección | 5.- Casquillo de protección |
| 2.- Cerámica activa de la sonda | 6.- Tubo cerámico de apoyo |
| 3.- Caja de la sonda | 7.- Resorte de disco |
| 4.- Talón de contacto | 8.- Cable de conexión |

Figura 24. Sensor Lambda
(Aficionados a la mecánica, 2011)

El funcionamiento (Figura 25), se basa en la conductividad que adquiere el material cerámico, a partir de una temperatura de trabajo aproximadamente de 300°C, para los iones de oxígeno. Si se da una diferencia de contenido de oxígeno en ambos lados del sensor, se produce una tensión eléctrica entre ambas superficies debido a las propiedades especiales del material utilizado.

Sensor Lambda (λ)

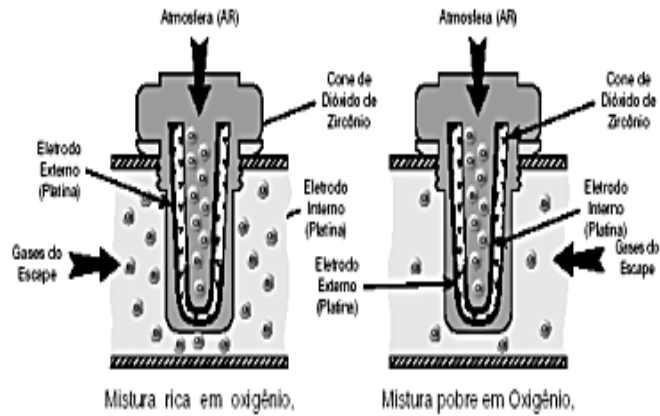


Figura 25. Funcionamiento Sensor Lambda (Aficionados a la mecánica, 2011)

Inyector: Se lo puede definir como una válvula a la cual se le hace llegar gasolina a presión por sus conductos y está comandada por una unidad de control la cual abre el inyector un tiempo determinado en función de varios parámetros, como son: el valor de la sonda lambda, temperatura del motor (agua y aceite), revoluciones del motor, temperatura del aire de admisión, posición del pedal del acelerador, etc.

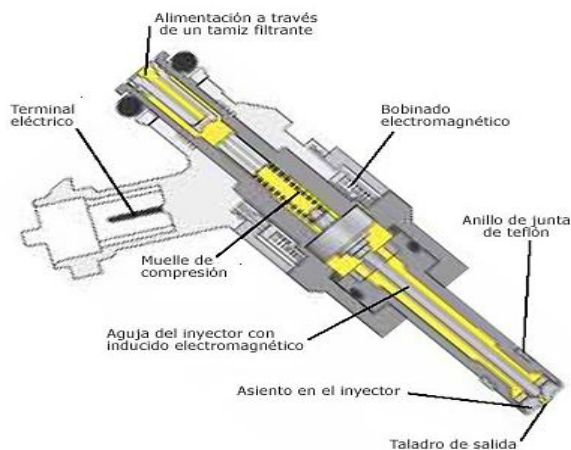


Figura 26. Partes de un Inyector (Aficionados a la mecánica, 2012)

Catalizador: Consta de una carcasa de chapa rellena de material granulado o un cuerpo alveolar. La superficie de éste material o cuerpo se encuentra cubierta con masa catalítica (metales nobles u óxido de metal). No se altera

con la re-combustión, sino que favorece su presencia. La utilización de los catalizadores para la re-combustión está condicionada a la utilización de combustible libre de plomo.

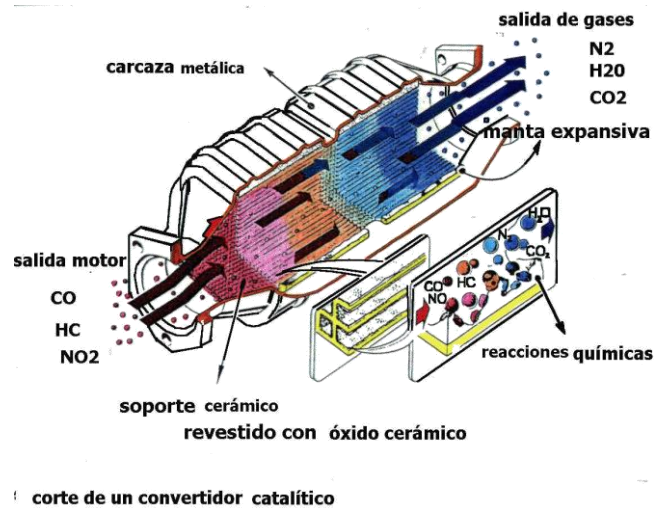


Figura 27. Partes de un Catalizador (Ghors, 2013)

2.4. GAS NATURAL COMPRIMIDO

El gas natural es una mezcla combustible rica en gases de gran poder calorífico, formado en las entrañas de la tierra en el curso de un proceso evolutivo de centenares de miles de años. El principal componente de la mezcla que conforma el gas natural es un hidrocarburo llamado metano. Los demás componentes, en pequeñas cantidades, son otros gases como el etanol, dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua principalmente.

En la (Figura 28), se encuentran los componentes con valores porcentuales del G.N.C.

Elementos	Composición 1	Composición 2
Metano (CH ₄)	95%	86%
Etano (C ₂ H ₆)	0,05%	5,2%
Propano, butano y superiores	0,50%	7,4%
N ₂	2,7%	0,7%
CO ₂	1,8%	0,5%
P.c.s.	8.950 Kcal/m ³	9.750 Kcal/m ³
P. específico (aire = 1)	0,572	0,650
Índice Wobbe (sin corregir)	11900	12110
Contenido máximo de agua =	113 mg/ m ³	
Contenido máximo de azufre libre =	50 mg/ m ³	
Contenido máximo de inertes =	(CO ₂ + N ₂) ≤ 4,5%	

Figura 28. Componentes porcentuales G.N.C.
(Departamento de Energía de E.U.A.)

El Gas Natural es un hidrocarburo de origen fósil, incoloro e inodoro; además es un combustible sustituto de la gasolina en motores de combustión interna de encendido por chispa y en forma parcial del diesel en aquellos motores de encendido por compresión. Además se lo puede utilizar directamente sin modificaciones químicas.

Los vehículos con carburador o inyección electrónica sean estos monopunto o multipunto, que utilicen gasolina como combustible, puede utilizar gas natural comprimido. Adicionalmente el vehículo queda habilitado para utilizar gas y/o gasolina sin ningún inconveniente.

Por motivos de seguridad se procede a mezclar el gas natural inodoro con un aditivo para que se pueda oler en caso de fuga.

2.5. ORIGEN Y EXISTENCIA DEL GNC

El gas natural se encuentra en varias regiones por todo el mundo, ya sea en los depósitos situados en las profundidades del océano como en el interior de la superficie terrestre. Las napas de gas pueden formarse encima de los depósitos de petróleo bruto, o estar atrapadas en el seno de las rocas

porosas. El gas es llamado "asociado" es cuando se encuentra en presencia de petróleo bruto y; "no asociado" cuando se encuentra solo

El gas natural como el petróleo se encuentra en el subsuelo, en estructuras geológicas y espacios rocosos denominadas trampas o bien conocidos como yacimientos.

Las trampas pueden ser de origen estructural (pliegues y fallas), estratigráfico (lentes, acuñamiento de rocas porosas contra rocas no porosas denominadas rocas sellos) y mixto (una combinación de pliegues y/o fallas con cambios de porosidad de las rocas). (Hirschfeldt, 2009)

Por la información recopilada sobre el origen del gas como del petróleo se ha determinado que estos se han formado por variaciones que la materia orgánica ha sufrido durante millones de años atrás. Ésta materia proviene de animales, vegetales y descomposición bacteriológica que han pasado por un proceso donde se involucran varios actores como la presión, temperaturas extremas y el encierro entre las capas tectónicas que han convertido a esta masa orgánica en los hidrocarburos que en la actualidad conocemos.

2.6. USOS DEL GNC

Los principales usos del GNC son:

2.6.1. USO INDUSTRIAL

Utilizado como combustible, el gas natural proporciona una combustión limpia, libre de agentes contaminantes, ideal para procesos que exigen la quema en contacto directo con el producto final, como por ejemplo, en la industria de cerámicas y en la fabricación de vidrio y cemento. El gas natural también puede ser utilizado como reductor siderúrgico en la fabricación de aceros y en sus formas más variadas, como materia prima en la industria

petroquímica, principalmente para la producción de metanol y en la industria de fertilizantes, para la producción amoniaco y urea.

2.6.2. FUENTE DE ENERGÍA O GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

Las compañías de electricidad y los proveedores independientes de energía emplean cada vez más el gas natural para alimentar sus centrales eléctricas. Generalmente las centrales que funcionan con gas natural tienen menores costos de capital, se construyen más rápidamente, funcionan con mayor eficiencia y emiten menos polución que las centrales que utilizan otros combustibles fósiles.

2.6.3. COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA AUTOMOTORES

El gas natural surge como alternativa para combustible automotor por su bajo costo y el considerable rendimiento de este combustible, en especial en lo que se refiere al transporte público. Esto sin contar con los ahorros colaterales desprendidos del incremento de vida útil de elementos como bujías, sistemas de escape, carburador, inyección y aceites lubricantes que la utilización del GNV (Gas Natural Vehicular) proporciona.

El bajo costo del gas natural hace la gran diferencia, es un combustible muy seguro debido a que es más liviano que el aire y se disipa rápidamente eliminando la posibilidad de acumulaciones o formación de mezclas explosivas.

Es un hidrocarburo cuya composición predominante es gas metano, y cualquier fuga es fácilmente detectable por estar olorizado con mercaptanos. Es por ello que la seguridad del GNV como combustible automotor ha sido comprobada. Durante la combustión de hidrocarburos líquidos, se emana ciertos residuos sólidos y gases tóxicos, como el hollín, CO, SOx Y NOx. El sector transporte es la principal fuente de estos gases y presentan un incremento continuo de contaminación atmosférica.

La sustitución de la gasolina y otros combustibles líquidos para automóviles por el gas natural como carburante, disminuye en gran magnitud la emisión de estos gases tóxicos y la generación de partículas sólidas. El automotor que emplea GNV, no contamina el aire, es un sistema económico y ecológico. (AGIRA, 2012)

2.6.4. USO DOMÉSTICO

El gas natural utilizado en las residencias recibe el nombre de gas residencial o doméstico, comúnmente es aplicado para cocinar, lavar, secar o calentar el agua. Además, los electrodomésticos se mejoran cada día con el fin de emplear el gas natural de forma más económica y segura. Los costos de mantenimiento de los materiales que funcionan con gas son generalmente más bajos que los de otras fuentes de energía.

2.7. GAS NATURAL EN EL ECUADOR

El Ecuador tiene reservas y una capacidad productiva de gas natural de dimensiones muy considerables, y que en la actualidad no son explotadas adecuadamente. Se ha descubierto que en el Golfo de Guayaquil, específicamente en la Península de Santa Elena existe un potencial gasífero para el desarrollo interno del mercado; según un estudio realizado por la empresa ECOPETROL, existen reservas probadas de 5.3 trillones de pies cúbicos (148.000 millones de metros³).

Se estima que estas reservas podrían incrementarse, ya que los bloques 4, 5 y 40 existe un gran potencial que no ha sido considerado y que actualmente se encuentran en exploración; nuevos estudios están siendo desarrollados desde una plataforma off shore.

No se puede descartar la posibilidad de encontrar mayores yacimientos en la zona si se realizan actividades de exploración y explotación.

A relación con otros países en la región, se pensaba que el Ecuador contaba con reservas gasíferas insignificantes, pero según nuevas investigaciones y exploraciones se han encontrado nuevos yacimientos que podrían incrementar sustancialmente el potencial gasífero del país.

Pero la falta de desarrollo y políticas hidrocarburíferas deficientes por parte de los gobiernos de turno, han provocado que este sector retrase sus expectativas productivas basadas en el gas natural.

Para la explotación y producción del gas natural se necesitan varias etapas similares a las del petróleo, es decir: tratamiento, transporte y almacenamiento. (Comunidad Andina, 2006)

2.8. GAS NATURAL COMPRIMIDO EN EL AUTOMÓVIL

La tecnología necesaria para poder utilizar GNC como carburante está en constante evolución, éste es un combustible que está reemplazando a otros tradicionales.

Entre todos los combustibles tecnológicamente disponibles para vehículos (Diésel, Gas Licuado de Petróleo, Biodiesel, y gasolina), el GNC o GNV ofrece los siguientes aspectos destacables:

- Calidad controlada del combustible. Mezcla homogénea, controlada y bien distribuida con el aire comburente en los cilindros facilitando una combustión más completa.
- Extraordinarias ventajas medioambientales por menor emisión de contaminantes con respecto a otros combustibles: CO, NOx, SO2, HC y partículas contaminantes.
- Los aceites lubricantes del motor se mantienen más limpios debido a la ausencia de depósitos de carbón, lo que alarga la vida útil del motor.

- Igual o mayor potencia y mayor par motor a carga parcial (arranques, paradas, aceleraciones y desaceleraciones), que suele ser el régimen de funcionamiento usual de un bus, taxis y demás servicios públicos.
- Posibilidad de uso como vehículo híbrido, es decir, aunque se utilice GNC para beneficiarse de las ventajas que éste ofrece, también puede funcionar a gasolina.

Como desventajas podemos anotar las siguientes:

- Espacio que ocupan las botellas o depósitos.
- El suministro es muy parcial

Se conoce que la utilización del GNC en el sector automotriz incluye preferentemente a taxis, buses urbanos, camiones de basura, montacargas, carretillas y flotas de empresas privadas, aunque en otros países su uso en vehículos particulares está muy extendido.

En el Ecuador el proyecto referente a su uso, se inició legalmente con la emisión del Decreto Ejecutivo suscrito por el Presidente de la Republica en el año 2008, éste se lo aplico primeramente a la ciudad de Guayaquil y sus beneficiarios fueron los taxis, para años a futuro se lo piensa extender a todo el servicio público.

Un vehículo puede funcionar con un sistema dual de GNC/ gasolina. Para esto es necesario adaptar un equipo adicional que tiene elementos principales comunes para motores a carburación e inyección electrónica, variando para estos algunos elementos. Además, para el suministro de GNC a los vehículos se necesita de estaciones de servicio como se puede observar en la (Figura 29). (AUVASA, 2009)



Figura 29. Estación de Suministro de G.N.C. Perú
(G.N.C. Energía Perú, 2013)

3. METODOLOGÍA

3.1. ADAPTACIÓN SISTEMA DE GAS NATURAL COMPRIMIDO

El presente trabajo se desarrolló basándose en el MÉTODO EXPERIMENTAL, este método consiste en experimentar mediante la adaptación y colocación de un nuevo equipo de alimentación de combustible en el vehículo facilitado por la Universidad Tecnológica Equinoccial, para después realizar pruebas con datos reales a la que será expuesto el motor.

Técnicas de Investigación:

- Manuales
- Libros
- Información de Internet
- Revisión de literatura especificada
- Visitas técnicas
- Obtención de datos
- Pruebas realizadas en Centro de Revisión Vehicular Guamaní

3.2. COMPONENTES DEL EQUIPO PARA MOTORES A INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Este proyecto se encuentra enfocado a todos los componentes de inyección de electrónica, puesto que el vehículo que se va a adaptar el sistema de alimentación de combustible de GNC, posee sistema de inyección electrónica multipunto.

El equipo básico necesario, la ubicación y el esquema de los elementos en un vehículo con motor a inyección electrónica (Figura 30)

- Tanque Estacionario
- Multiválvula de carga

- Tubería de alta presión
- Unidad Emuladora
- Llave Conmutadora
- Electroválvula
- Evaporador o regulador de presión
- Mezclador
- Tuberías flexibles y accesorios de montaje

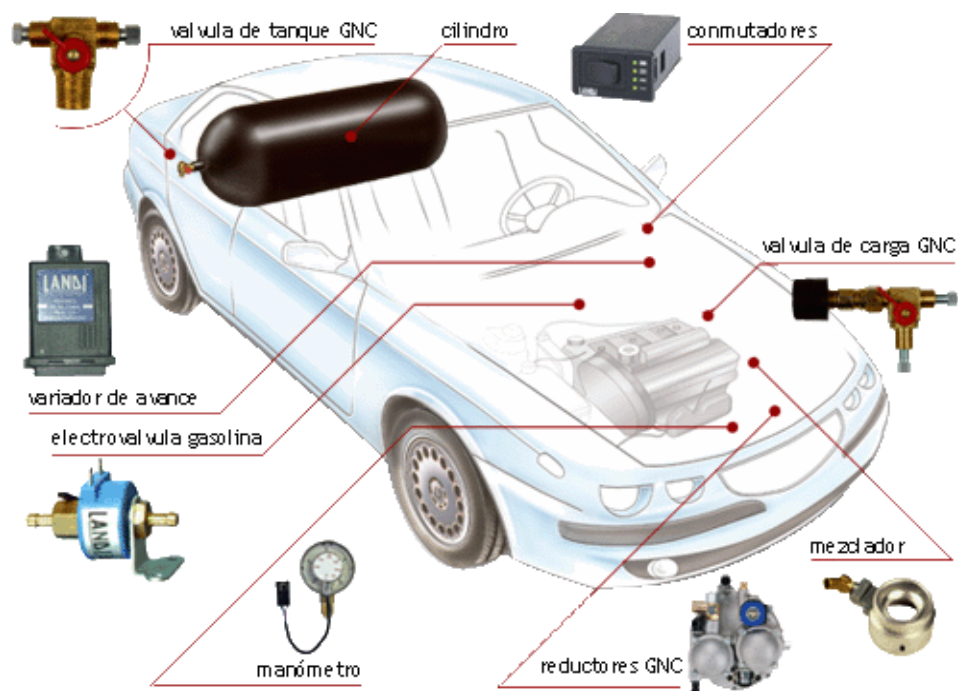


Figura 29. Kit de conversión de G.N.C.
(Tecnologías Automotrices Especializadas, 2014)

La posición de cada elemento mostrada en la (Figura 30), es de referencia y se debe adecuar a cada vehículo. En cuanto a los talleres de Transformación de Vehículos sean estos GLP o GNC, se exigen unos estándares de Calidad y Seguridad según normas que rigen a cada país.

3.2.1. TANQUE ESTACIONARIO

Para éste trabajo de investigación, se requiere un tanque estacionario de igual o superior capacidad del tanque de combustible del vehículo, debe ser de tipo cilíndrico por la facilidad de adquisición en el mercado, con una longitud mínima de 400 mm, un diámetro mínimo 300 mm, ya que se debe considerar el espacio físico del habitáculo posterior del vehículo en donde se va a colocar el tanque estacionario.

El tanque estacionario debe poseer una capacidad mínima de 25lt de almacenamiento de gas, ya que se debe tomar en cuenta que es un motor pequeño de 4 cilindros, que el vehículo es de estudio, no es sometido a periodos largos de funcionamiento y no recorre distancias largas; además deberá soportar una presión de 200 bares.

.

3.2.2. MULTIVÁLVULA DE CARGA

La multiválvula que se requiere para este proyecto debe ser de acero inoxidable, soldada herméticamente al tanque de almacenamiento de G.N.C, debe poseer llaves de paso, que permita el flujo y cierre del gas cuando uno lo requiera, y así cumplir con todos los parámetros de seguridad en caso de posibles fugas.

La multiválvula debe ser accesible al operario del G.N.C.

La multiválvula para todo tipo de tanque estacionario requiere tener las siguientes válvulas:

- Válvula de llenado del Tanque Estacionario
- Válvula de salida del Tanque Estacionario
- Válvula compacta con dispositivo de máximo de llenado.

3.2.3. TUBERÍA DE ALTA PRESIÓN

La tubería que se requiere para transportar el gas desde el tanque de almacenamiento hasta el evaporador o regulador de presión, debe ser de alta presión, ya que es una elección profesional para la distribución de los sistemas de gas tanto doméstica, industrial y vehicular, debe tener algunas ventajas como son:

La flexibilidad en los espacios reducidos por donde se instalará la cañería, por debajo del habitáculo del vehículo.

La resistencia que tiene a la corrosión.

Facilidad de sus uniones.

Buena hermeticidad en las uniones.

Soportar altas presiones.

La tubería de alta presión idónea para este proyecto debe ser de medida 1/4", debido a que las válvulas de entrada y de salida del gas, que se encuentran en la multiválvula, poseen orificios de acople de diámetro de esa medida.

3.2.4. UNIDAD EMULADORA

La Unidad Emuladora que se requiere para este proyecto puede ser de cualquier marca, pero sí, debe ser un modelo ideal para operar con sistemas a inyección electrónica multipunto, para un motor de 4 cilindros; y de preferencia que tenga todo su cableado universal, lo cual permitirá una instalación rápida, sin cortar el cableado original de los inyectores.

3.2.5. LLAVE CONMUTADORA

La llave conmutadora que se requiere para este proyecto puede ser de cualquier marca, pero debe cumplir la función de permitir el cambio de combustible, cuando el operario así lo requiera.

Del mismo modo tiene que ser una llave conmutadora que sea ideal para trabajar con motores a inyección electrónica multipunto y de preferencia que tenga su cableado universal, lo cual permitirá una instalación rápida sin cortar mayor cantidad de cableado original del vehículo.

Las llaves conmutadoras en su mayoría son universales, lo cual permitirá que sea utilizada para sistemas de combustible con G.N.C. y G.L.P

3.2.6. ELECTROVÁLVULA PARA G.N.C.

La electroválvula que se requiere para este proyecto, puede variar en su marca, pero debe cumplir a cabalidad la función de realizar el corte de combustible de gasolina para permitir el cambio a gas y viceversa.

La electroválvula tiene que estar diseñada para operar en vehículos con sistema de inyección electrónica multipunto y tener su cableado universal, ya que esto permitirá tener una buena comunicación entre la Unidad Emuladora de Inyectores, La Llave Conmutadora y la Electroválvula de gas.

3.2.7. EVAPORADOR O REGULADOR DE PRESIÓN

El evaporador o regulador de presión que se requiere para este proyecto tiene que ser específicamente para trabajar con Gas Natural Comprimido y con sistemas secuencial de inyección electrónica.

Debe soportar una presión de trabajo de 200 bares a una temperatura uniforme de 90° C.

Debe ser ideal para que cumpla su trabajo en motores de hasta cuatro cilindros y poseer al menos las siguientes características para que su instalación sea lo menos conflictiva al momento de unir con los acoples del circuito de calefacción y circuito de alta presión:

Conexión de entrada de gas	1/4"
Conexión de entrada calefacción	1/2"
Conexión de salida calefacción	1/2"
Conexión de salida de gas	1/2"
Presión de trabajo	200 bares

3.2.8. MEZCLADOR AIRE – G.N.C.

El mezclador que se requiere para este proyecto, puede variar en su marca y modelo, pero si hay un mezclador muy recomendado para vehículos que operan con G.N.C. que es de marca DAPCO, ya que posee dos tornillos, los cuales brindan una buena calibración en caso de fallas a altas revoluciones y a bajas revoluciones.

La facilidad de estos tornillos a más de su calibración es que se encuentran con facilidad y es de fácil manipulación para el usuario.

El mezclador debe tener una toma de 600mm de diámetro para un correcto y hermético acoplamiento con el múltiple de admisión y un acople de 1/2" para la colocación de manguera de caucho que conducirá el gas desde el evaporador hasta el mezclador.

3.2.9. TUBERÍAS FLEXIBLES Y ACCESORIOS DE MONTAJE

Las tuberías flexibles o también llamada manguera de caucho que se requiere, deberá ser de uso industrial, lo que va a permitir una adecuada resistencia a altas temperaturas y presiones del gas, para que no exista ruptura, dobleces y provoquen fuga de gas y agua.

La manguera que se deberá utilizar es de medida 1/2", ya que las conexiones del evaporador – reductor, mezclador y del circuito de calefacción poseen esas medidas para su correcto acoplamiento y hermeticidad.

3.3. PARÁMETROS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO GNC

Vacio generado por el motor en buenas condiciones

1.17 a 1.51 bares

Presión de gas según condiciones ambientales

13.79 a 27.58 bares

Presión bomba combustible

2,5 a 3,5 bares

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE GNC

La siguiente descripción, se la realizará de forma general, ya que los requisitos técnicos en el Ecuador para la utilización de G.N.C. en automotores no se encuentran establecidos, por la falta de explotación y permiso de uso de este combustible en la actualidad.

Los componentes principales de un sistema de GNC para inyección electrónica son:

4.1.1. TANQUE ESTACIONARIO

El tanque de almacenamiento de GNC tiene como función el almacenamiento del gas para su posterior uso como se muestra en la (Figura 31).

Las características del tanque estacionario que se utilizó para este proyecto son:

Capacidad Bruta (lt)	33.12
Capacidad Neta (lt)	26.50
Diámetro (mm)	244
Longitud (mm)	500
Peso (Kg)	15.50

La capacidad del tanque de combustible a gasolina que posee el vehículo es de capacidad para 10 galones; o transformándole en litros es de capacidad de 37.8 litros.

La multiválvula que de fabricación es soldada herméticamente al tanque estacionario posee las siguientes características:

Válvula de llenado del Tanque Estacionario

Modelo:	TE-2
Conexión de entrada al cilindro	1/4"
Conexión de Acoplamiento	3/4"
Medida hexágono para apriete	7/8"

Válvula de salida del Tanque Estacionario

Modelo:	TE-2
Conexión de salida al cilindro	1/4"
Conexión de Acoplamiento	3/4"
Medida hexágono para apriete	7/8"

Válvula compacta con dispositivo de máximo de llenado

Modelo:	IV-B-S
Conexión de Acoplamiento	3/4"
Conexión de salida para servicio	0.885"



Figura 30. Tanque estacionario colocado en el baúl

Hay que tener muy cuenta la sujeción del tanque estacionario, para evitar que por el movimiento del vehículo, los elementos adaptados a éste se rompan o se aflojen.

La sujeción del tanque se lo realiza con correas, ancladas a la carrocería del vehículo y con pernos moscos para una correcta sujeción. (Figura 32)



Figura 31. Tanque estacionario con sujeción

El tanque es su exterior está compuesto por una multi - válvula (Figura 33), la cual va a permitir por la parte inferior el paso de gas hacia el tanque estacionario para su almacenamiento. Y en la parte superior el paso de gas mediante una tubería de cobre hacia el Evaporador / Regulador.

También posee un medidor de combustible para saber la cantidad de Gas que se encuentra almacenado. (Figura 33)



Figura 32. Multi-válvula y Medidor de GNC

4.1.2. CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN

Los elementos que componen el circuito de alta presión:

- Tubería de alta presión que se utilizó es de cobre, debido a las ventajas con la que cuenta esta tubería y es por donde pasará en GNC.
La tubería tendrá una utilización normal de presión 150 a 350 bares y una presión de explosión de 1000 a 1500 bares
- Recubrimiento de plástico, es para proteger la tubería de alta presión del medio ambiente y de posibles golpes producidos por el movimiento del vehículo.

- Dispositivos de ajuste colocados en las conexiones, cuya función es lograr un correcto cierre para que no exista fugas de gas.
- Evaporador.

El circuito de alta presión va desde la multi-válvula ubicada en el tanque de almacenamiento, hasta el evaporador regulador de presión (Figura 34). La tubería de alta presión se fija a la salida del GNC en la multi- válvula para luego seguir hasta el evaporador o regulador de presión.

El Evaporador o regulador de presión que se utilizó es de marca LOVATTO, de procedencia Italiana, Modelo AT-09

Es un evaporador ideal para trabajar con sistemas secuencial de inyección electrónica.

Se puede instalar en vehículos cuyo motor sea de 4 hasta 6 cilindros.

Tiene las siguientes especificaciones:

Conexión de entrada de gas	1/4"
Conexión de entrada calefacción	1/2"
Conexión de salida calefacción	1/2"
Conexión de salida de gas	1/2"
Presión de trabajo	200 bares

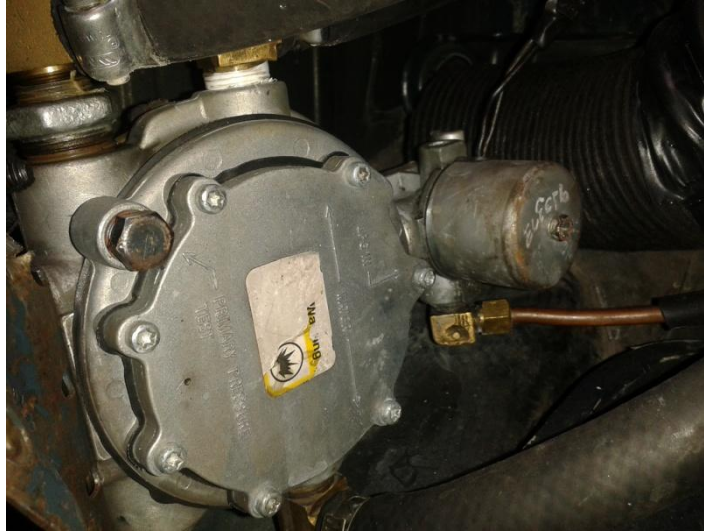


Figura 33. Evaporador / cañería cobre con recubrimiento plástico

4.1.3. CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN

Los elementos que componen este circuito son:

- Manguera de caucho, que es por donde pasa el GNC gaseoso.
- Regulador de caudal o válvula de máxima, que tiene como función limitar o regular el caudal de GNC hasta lograr una adecuada mezcla aire / GNC.
- Abrazaderas o elementos de ajuste, cuya función es lograr un correcto ajuste para que no exista escape de gas.

El circuito va desde el evaporador, pasando por el mezclador hasta el múltiple de admisión (Figura 35). La manguera se fija a la salida del regulador de presión para luego seguir hasta el regulador de caudal o de máxima en el mezclador y terminar en el múltiple de admisión en donde es succionado gas por medio del vacío que genera el motor para realizar su combustión.

El mezclador de aire – gas es de marca DAPCO, de procedencia China, modelo FG17/21.

Este modelo de mezclador es muy utilizado por vehículos que poseen el sistema G.N.C. a inyección electrónica, ya que brinda una mezcla aire – gas ideal para que el vehículo no presente fallas en altas y bajas rpm.

Tiene la ventaja de poseer dos tornillos reguladores, con la facilidad de manipulación del usuario.

Posee una conexión de entrada de gas de 1/2”

Es un mezclador universal, por lo que permitirá el acople hacia el múltiple de admisión sin mayor dificultad.

La adaptación de este circuito debe hacerse de tal forma que no existan roces con otros elementos del vehículo.



Figura 34 Circuito de baja presión

4.1.4. CIRCUITO DE CALEFACCIÓN

Los elementos que componen este circuito son:

- Mangueras de caucho, utilizada para la circulación del agua caliente proveniente del sistema de refrigeración del motor.

- “T” de material sintético, para adaptar el circuito calefactor de GNC con el sistema de refrigeración del motor.
- Abrazaderas o elementos de ajuste, cuya función es lograr un correcto ajuste de mangueras para de esta manera evitar posibles fugas de agua.

El circuito va desde el evaporador, hasta el sistema de refrigeración del motor (Figura 36). En el evaporador existen dos entradas específicas para éste circuito, donde, se conectan las mangueras, que luego se adaptan al sistema de refrigeración del motor utilizando unas “T” de material sintético.



Figura 35. Mangueras de calefacción

4.1.5. LLAVE CONMUTADORA

La llave conmutadora que se utilizó es de marca LAE K203 INYECTADA, es de procedencia americana. Esta llave conmutadora permitirá el cambio de combustible según las necesidades del usuario.

Se escogió esta llave conmutadora, ya que es la ideal para trabajar con motores a inyección electrónica y su cableado es universal lo cual va a permitir una rápida instalación sin cortar mayor cantidad de cableado original.

Cabe recalcar que este tipo de conmutador puede ser utilizado tanto para G.N.C. como para G.L.P.

También es conocida como llave de conmutación, se instala en la cabina del vehículo, en la zona del panel de instrumentos. (Figura 37). Tiene como función pasar del sistema de gasolina al de GNC y viceversa.



Figura 36. Llave conmutadora

4.1.6. EMULADOR DE INYECTORES

La unidad emuladora de inyectores utilizada es de marca ULYSES AX-4C, se eligió este tipo de emulador, ya que es un emulador para inyección multipunto de 4 cilindros, universal lo cual va a permitir una rápida instalación sin cortar cableados original de los inyectores.

El emulador de inyectores es utilizado para cortar la señal de activación de los inyectores (Figura 38). Esto se produce cuando se cambia de combustible de gasolina a GNC.



Figura 37. Emulador de Inyectores

En algunos casos también se puede colocar un relé para anular la corriente a la bomba de combustible que se encuentra dentro del tanque; de esta forma se evita el funcionamiento de la bomba re-circulando o trabajando permanentemente.

Para una correcta instalación se deben seguir los siguientes pasos:

- Fijar el emulador en posición vertical, lejos de posibles filtraciones de agua o fuentes de calor excesivos, con el fin de daños.
- Realizar de la mejor forma las conexiones eléctricas, evitando el uso de conexiones precarias.
- Recordar además de eso, que en caso de avería del sistema eléctrico de GNC, el emulador restablece automáticamente la conexión original de los inyectores.

4.1.7. ELECTOVÁLVULA DE GN.N.C

La electroválvula para G.N.C. que se utilizó es de marca ROYALGAS, de procedencia americana, Modelo EN-01.

Para la implementación del G.N.C. se eligió esta electroválvula de gas, ya que cumple con la función del corte de combustible de gasolina a G.N.C. y viceversa.

Es una electroválvula diseñada para vehículos con sistema de inyección electrónica multipunto con las siguientes características:

Modelo	EN-01
Alimentación	12 voltios
Intensidad de Corriente	0.7 Amp
Potencia	8 watts

4.2. FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA GNC

Se describe el funcionamiento siguiendo el recorrido del GNC desde su carga hasta la combustión del motor.

- El GNC es introducido pasando por la válvula de carga hasta el tanque de almacenamiento. (Figura 39)



Figura 38. Válvula de carga

- Del tanque de almacenamiento el GNC en estado gaseoso, se dirige por medio de una tubería de cobre (Figura 40) hasta el evaporador pasando por un filtro que retiene las posibles impurezas presentes en este; a éste recorrido se le conoce como circuito de alta presión. La presión que se encuentra en este punto es de 20 bares.
- A la entrada del evaporador-regulador va instalada una válvula electromagnética de corte de GNC (Figura 41), conectada a un conmutador situada en el tablero de mandos.



Figura 39. Tanque estacionario GNV / Tubería de cobre



Figura 40. Evaporador / Regulador con electroválvula.

- El evaporador tiene en su interior una serie de cámaras que realizan varias funciones que permitirán regular, vaporizar y dosificar el GNC que es suministrado al motor.

En el regulador de presión el gas llega en fase líquido / gaseosa y pierde presión hasta llegar a vaporizarse, transformándose por completo a fase gaseosa. Esta pérdida de presión hace que el gas pierda temperatura, por lo cual se hace necesario calentarlo utilizando una derivación del sistema de refrigeración, haciendo circular agua caliente del radiador por el interior del equipo.

Esta derivación del sistema de refrigeración del motor al evaporador se conoce como circuito de calefacción.



Figura 41. Mangueras Sistema de Refrigeración

- Una manguera de caucho recubierta por una malla de acero o de fibra lleva al gas desde el regulador hasta el dosificador o mezclador pasando antes por una válvula limitadora de caudal o válvula de máxima, (Figura 42) a éste recorrido se le conoce con el nombre de circuito de baja presión. La presión que ingresa al motor es de 1.3 bares.

La manguera tiene que ser de goma para que no se cuartee ni se rompa con las vibraciones del motor.



Figura 42. Dosificador o Mezclador de G.N.C.

- El mezclador (figura 43), tiene la función de proporcionar una adecuada mezcla de aire con el gas para obtener una correcta combustión y se lo instala en el conducto (figura 44), que va desde el múltiple de admisión para los motores a inyección electrónica.



Figura 43. Conducto Dosificador – Múltiple de Admisión

El GNC es suministrado a una presión inferior a la atmosférica, de forma que si los cilindros no aspiran el gas, este no sale, de igual forma si no hay vacío en el colector de admisión, no hay suministro de gas (El vacío se genera con el giro del motor en sincronización entre el cigüeñal y el árbol de levas. A motor parado no hay vacío).

- El sistema GNC provee una llave conmutadora que es un dispositivo electrónico y sirve para seleccionar el tipo de combustible que se quiere utilizar, y se encuentra instalada al alcance del conductor, en la cabina del vehículo.

La llave conmutadora hace imposible que los dos combustibles GNC (Figura 46) y gasolina (Figura 45) puedan alimentar a la vez el motor.



Figura 44. Llave Conmutadora Gasolina (Rojo)



Figura 45. Llave Conmutadora G.N.C. (Verde)

- Para vaporizar el GNC se necesita de una gran cantidad de calor, por ello si el clima es demasiado frío, los vehículos que poseen este sistema es recomendable ponerlos en marcha con gasolina y una vez que están calientes más o menos de 3 a 5 minutos en vehículos a carburador y de 30 segundos a 1 minuto en vehículos a inyección electrónica, pasan a funcionar a GNC.

4.3. INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE CONVERSIÓN DE GNC

Al motor que se le instala el sistema de GNC es de un Corsa Wind, año 2002, a inyección, que se encuentra en la Universidad Tecnológica Equinoccial, al que se le proporcionó un mantenimiento y la puesta a punto; haciendo los siguientes chequeos: Medir compresión del motor, calibración de válvulas, limpieza de tanque de combustible, sustitución del filtro de combustible, limpieza de inyectores, revisión de cañerías de gasolina, revisión de presión de bomba de combustible, cambio de bujías, sistema de encendido y eléctrico, niveles de aceite y agua, etc. (Figuras 47 - 54)

El motor entonces debe encontrarse trabajando adecuadamente a gasolina para ser apto y proseguir a la instalación del sistema de combustible de Gas Natural.

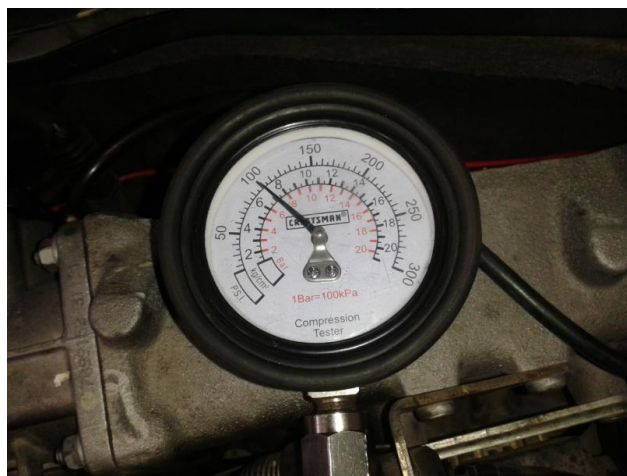


Figura 46. Medición de Compresión Motor



Figura 47. Calibración de Válvulas



Figura 48. Limpieza del Tanque de Combustible



Figura 49. Sustitución de Filtros y Bomba de Combustible



Figura 50. Medición de la Presión de Bomba de Combustible



Figura 51. Reemplazo de Bujías

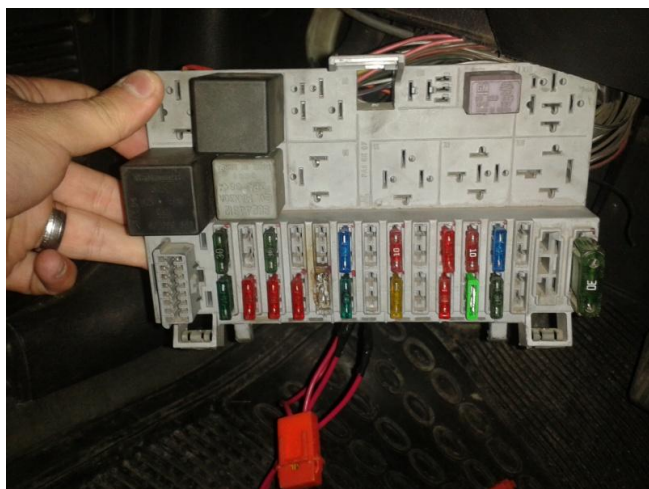


Figura 52. Revisión Sistema Eléctrico



Figura 53. Revisión Niveles (agua, aceite, frenos, hidráulico)

4.3.1. INSTALACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GNC

El tanque de almacenamiento de GNC, se lo colocó en la parte posterior del vehículo, sujetándolo correctamente mediante unas correas que van ancladas a la carrocería con pernos moscos. (Figura 55)



Figura 54. Adaptación y sujeción del Tanque de G.N.C.

4.3.2. INSTALACIÓN DE ORIFICIO DE CARGA DE COMBUSTIBLE

Se realiza un agujero a la carrocería, acorde al tamaño del orificio de carga, para poder abastecer de GNC con facilidad. (Figura 56)



Figura 55. Orificio para carga de G.N.C.

4.3.3. INSTALACIÓN DEL EVAPORADOR

Debemos escoger un lugar en el compartimento del motor adecuado, para que el evaporador no sufra de daños o roces por movimientos del vehículo cuando se encuentra en marcha. En este caso se utilizó el espacio donde se encuentra situado el filtro de aire (Figura 57) para colocar el evaporador (Figura 58), y será sujetado con unos soportes a la carrocería.



Figura 56. Retirar filtro de agua

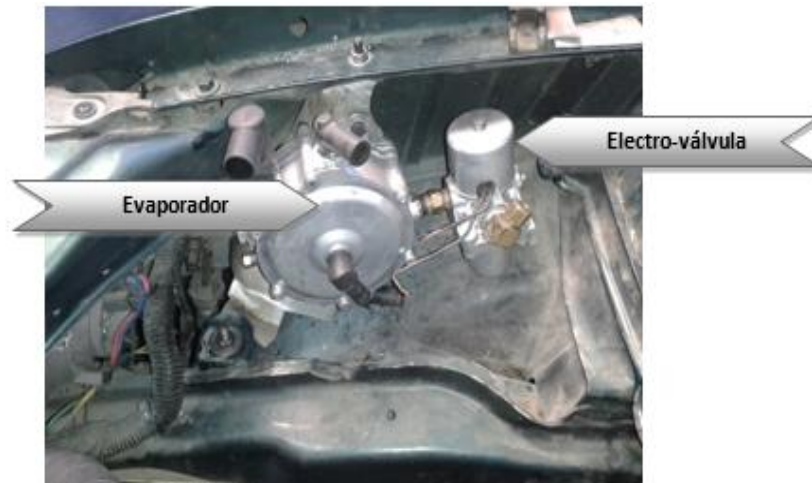


Figura 57. Colocación Evaporador

4.3.4. INSTALACIÓN CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN

Este circuito va desde la multi-válvula del tanque estacionario hasta el evaporador o regulador de presión. Una cañería de cobre de alta presión (Figura 59) se fija a la salida del GNC en la multi-válvula y está recubierta con un plástico que sigue hasta el evaporador. (Figura 60)

Esta cañería en su trayecto desde el tanque de almacenamiento que se encuentra en la parte posterior del vehículo hasta llegar al evaporador que se encuentra en el compartimento del motor hace su recorrido por debajo de la carrocería.



Figura 58. Colocación cañería de cobre

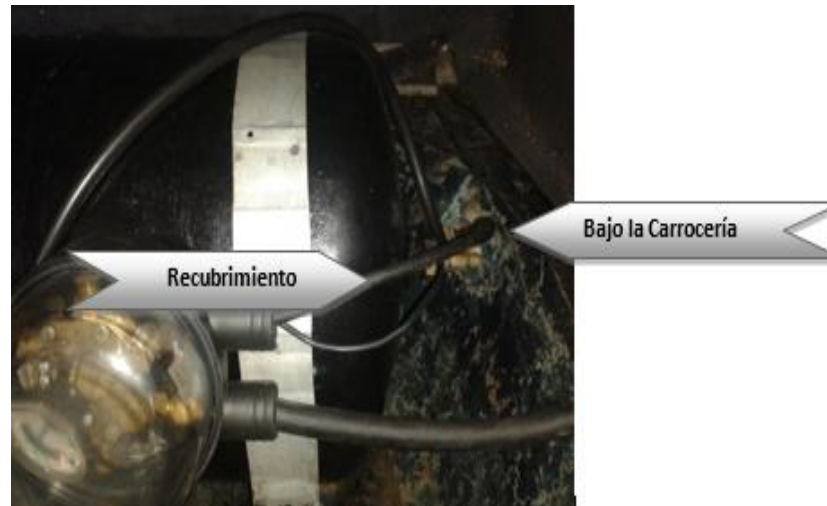


Figura 59. Cañería con recubrimiento plástico

4.3.5. INSTALACIÓN CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN

El circuito va desde el regulador de presión hasta el múltiple de admisión. Se fija una manguera de caucho a la salida del evaporador, para luego seguir hasta el regulador de caudal y de ahí finalmente al mezclador. (Figura 61)

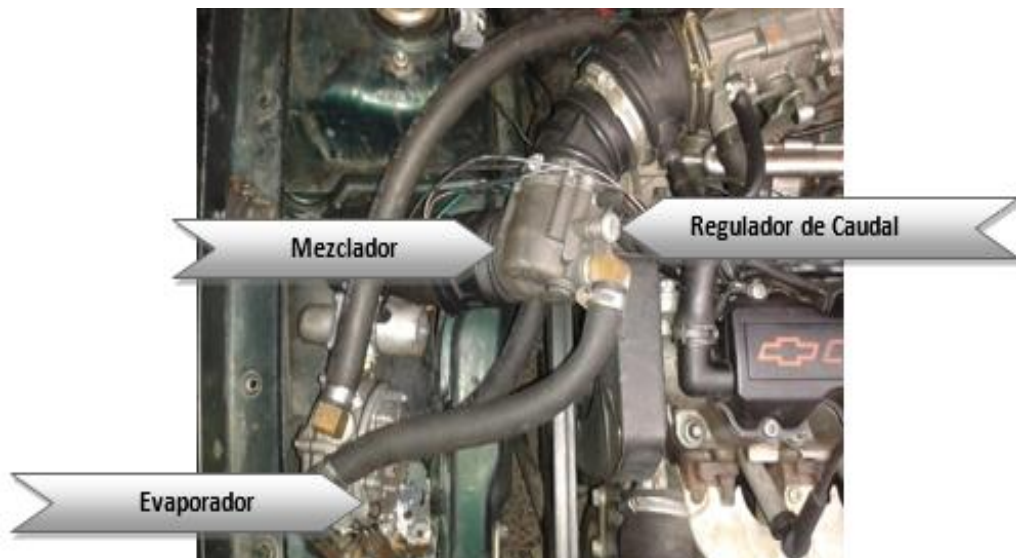


Figura 60. Circuito baja presión

4.3.6. INSTALACIÓN DEL MEZCLADOR

El mezclador se instala en la boca del múltiple de admisión. El mezclador siempre deberá permanecer fijo y cerrado herméticamente para que no existan posibles fugas de GNC. (Figura 62)

Para cerrarlo herméticamente de preferencia se coloca silicón en todas las uniones que se realice, para posterior asegurarlas con una abrazadera metálica.

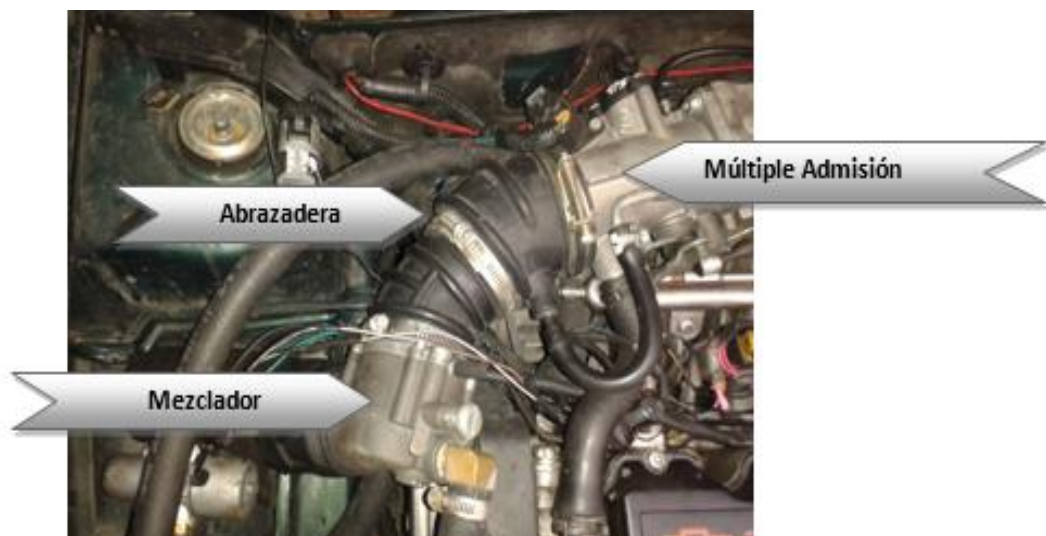


Figura 61. Mezclador

4.3.7. INSTALACIÓN DEL CIRCUITO DE CALEFACCIÓN

Este circuito va desde el evaporador hasta el sistema de calefacción del motor. En el evaporador existen dos entradas donde se conectan las mangueras que se deben acoplar mediante una "T" de material sintético a la entrada de dicho sistema. (Figura 63)



Figura 62. Mangueras Calefacción

4.3.8. INSTALACIÓN DE LA LLAVE CONMUTADORA

Para la instalación de la llave conmutadora en inyección electrónica es utilizada la más común, es este caso; es la modelo LAE K203 INYECTADA y se busca un lugar apropiado para la sujeción, instalación y manipulación en la cabina del vehículo. (Figura 64)



Figura 63. Llave conmutadora

La conexión eléctrica del conmutador se hace de la siguiente manera:

El conmutador viene con 5 cables de diferentes colores: Negro, Rojo, Blanco, Verde, Azul.

- Conectar el cable color negro de la llave conmutadora junto al cable color negro del emulador de inyectores para conectarlos al negativo de la electroválvula de gas.
- Conectar el cable de color rojo a un cable de corriente que proporcione contacto al switch. Este cable lo encontramos en la caja de fusibles.
- Conectar el cable color blanco al cable que va a la segunda bujía, ya que esta tiene la función de leer la señal negativa de la bobina.
- Conectar el cable color verde del conmutador al cable color azul del emulador de inyectores hacia el positivo de la electroválvula de gas.
- Conectar el cable color azul al cable azul que viene de la multi-válvula que se encuentra en el tanque estacionario, cuya función es indicar el nivel de combustible que hay de reserva en el tanque estacionario. (Figura 65)

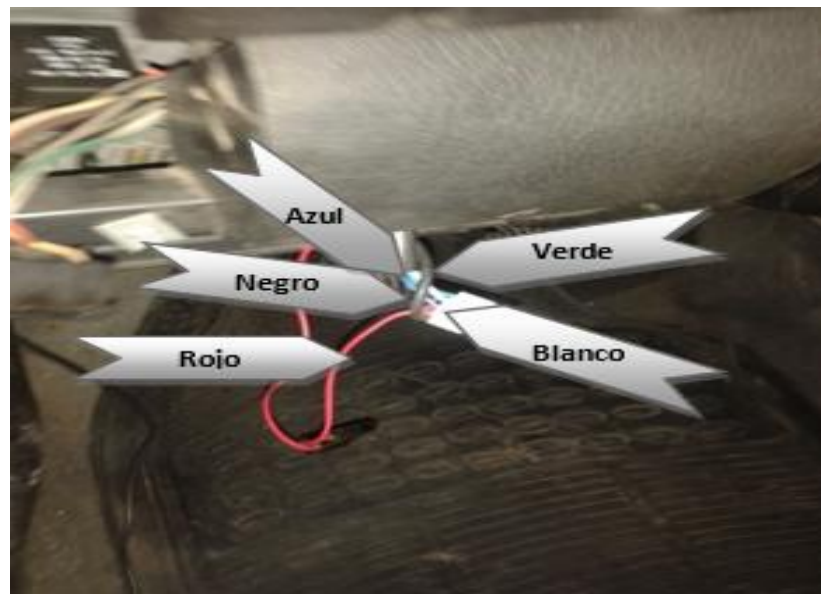


Figura 64. Conexión Conmutador

4.3.9. INSTALACIÓN DEL EMULADOR DE INYECTORES

El emulador de inyectores lo colocamos en el compartimento del motor en un lugar donde se encuentre alejado del calor, humedad o del agua, ya que es una computadora central, la cual va a simular el pulso de inyectores a la ECU del vehículo.

La conexión eléctrica del emulador de inyectores (EF-EM 4), es para un motor de 4 cilindros y su instalación es la siguiente:

- Colocar el emulador de inyectores en el compartimento del motor. (Figura 66)
- El emulador de inyectores posee un 1 cable color Negro, 1 cable color Azul y 4 pares de cables que son (Amarillo con Amarillo/Negro, Rojo con Rojo/Negro, Azul con Azul/Negro y Verde con Verde/Negro.)
- Los inyectores poseen dos cables. Uno que es de señal o de pulso que viene directamente de la computadora central del vehículo, y el otro que es de corriente o positivo.
- El cable color negro del emulador, va conectador al cable negro del conmutador; y éstos dos conectados van al negativo de la electroválvula de gas.
- El cable color azul del emulador va conectado al color verde del conmutador, y éstos dos conectados van al positivo de la electroválvula de gas.
- Se identifica los cables de pulso de cada uno de los inyectores, para de esta forma unirlos con los cuatro pares de cables del emulador.
- De los 4 pares de cables los que tienen un solo color es decir (amarillo, rojo, azul y verde), van conectados al inyector.
- De los 4 pares de cables los que tienen la franja negra es decir (amarillo/negro, rojo/negro, azul/negro, verde/negro), van conectados al cable de pulso de la computadora del vehículo.

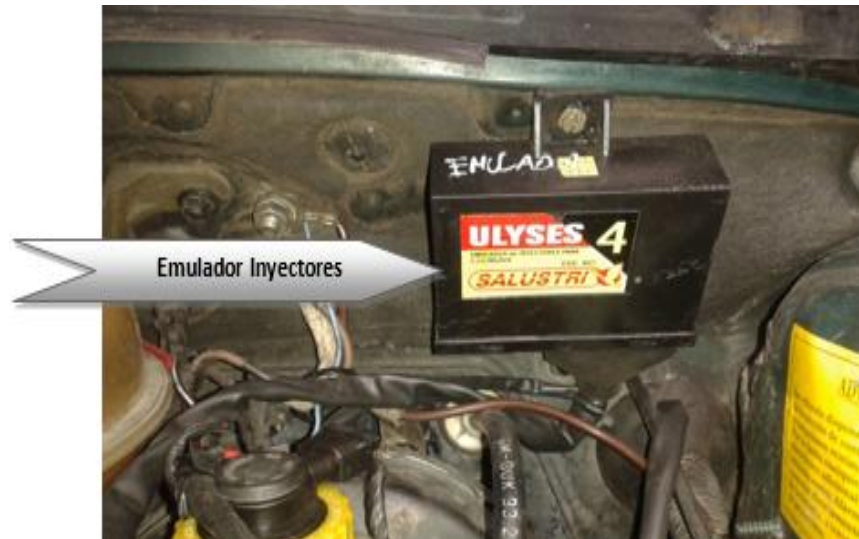


Figura 65. Conexión Emulador de Inyectores

4.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Al vehículo Chevrolet Corsa 1.6MPFI, una vez instalado el nuevo equipo de alimentación de combustible con GNC, se lo va a someter a pruebas para la medición del torque, potencia y emisión de gases contaminantes.

Para este tipo de pruebas se requiere la utilización de equipos electrónicos como es un dinamómetro y un analizador de gases para cada caso respectivamente.

4.5. ESTABLECIMIENTO Y UBICACIÓN

Las pruebas realizadas al vehículo Chevrolet Corsa 1.6 MPFI propiedad de la Universidad Tecnológica Equinoccial, con su motor operando a gasolina y gas natural comprimido se las llevó a cabo utilizando los equipos prestados por la Secretaria de Ambiente, los cuales se encuentran ubicados en el sur de la ciudad de Quito, específicamente en el Centro de Revisión Vehicular “Guamaní”.

El propósito fundamental de la utilización de estos equipos es para poner comparar la potencia, torque y las emisiones que produce el motor operando a gasolina vs gas natural o vehicular.

4.6. EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos que se utilizaron para obtener los datos comparativos y curvas características de Potencia, Torque y emisiones con el vehículo operando a gasolina vs gas natural son de fabricación alemana marca MAHA.

Los equipos:

- Dinamómetro: modelo LPS3000
- Analizador de Gases MGT5

Se los anexarán al presente trabajo de investigación, en formato digital. (Véase sección ANEXOS 1 y 2)

4.7.DESCRIPCIÓN Y PREPARACIÓN PRUEBA DINAMÓMETRO

El vehículo tiene que estar correctamente centrado sobre los rodillos del dinamómetro (Figura 67), para posteriormente asegurarlo mediante unas correas que van agarradas tanto de lado izquierdo, como derecho del vehículo (Figura 68), este procedimiento se lo realiza por seguridad, al momento de efectuar la prueba de torque y potencia el motor proporciona toda su fuerza motriz a los neumáticos alcanzando velocidades de hasta 170 km/h.



Figura 66. Ingreso Dinamómetro



Figura 67. Sujeción

Una vez asegurado el vehículo, se coloca un monitor en la parte delantera (Figura 69) para que el técnico pueda manipular desde el interior del vehículo, mediante un control remoto la activación para el inicio de la prueba, así como también la desactivación del dinamómetro al finalizar la prueba.



Figura 68. Monitor de Visión Técnico

El siguiente paso es colocar a una distancia aproximada de 10m a 15m un ventilador (Figura 70), cuya función es no permitir el recalentamiento del motor durante la prueba, ya que dicho ventilador simula ventilar como si el vehículo se encontrara circulando a 90km/h.



Figura 69. Ventilador

Una vez colocados todos los equipos en su posición de trabajo, se realiza las respectivas conexiones eléctricas, especialmente la caja negra (Figura

71) cuya función es otorgar la temperatura ambiente, aire aspirado, humedad, etc. En cada una de las pruebas.

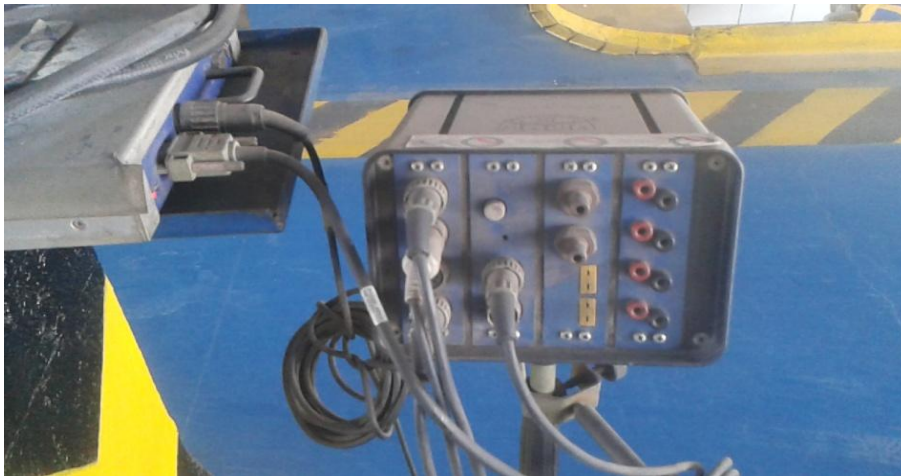


Figura 70. Caja Negra

4.7.1. PRUEBA EN EL DINAMÓMETRO LPS3000

Antes de realizar las pruebas en el dinamómetro debemos percatarnos que el motor haya alcanzado su temperatura normal de funcionamiento.

La prueba en el dinamómetro empieza cuando el motor transmite la fuerza motriz a través de las llantas en los rodillos y estos se encuentren girando a una velocidad de 50km/h, por consiguiente el motor se va a encontrar en marcha 1; 1, es decir en 4ta marcha.

El técnico sigue acelerando paulatinamente, hasta que el motor alcance su máximo de trabajo a las condiciones a las que se encuentra, para ese entonces estamos hablando que el motor alcanzó a unas 6000 rpm (165 km/h).

Cuando ha llegado a ese límite el motor hay que dejarlo en inercia, es decir se desembraga, se coloca en neutro pero no se frena, y se deja que las llantas disminuyan la velocidad de los rodillos por inercia hasta llegar a unos 50km/h, que es cuando el dinamómetro arroja los resultados de torque y potencia.

Una vez que llega a los 50km/h se puede frenar y se permite al operador bajar del vehículo para conocer los datos que se obtuvieron.

En la (Figura 72), se muestra un ejemplo de la captura de pantalla que proporciona el equipo, una vez terminada la prueba



Figura 71 Captura Pantalla Prueba Dinamómetro (Dinamómetro LPS300)

Se realiza el mismo procedimiento sea para gasolina, como para gas natural comprimido.

Es recomendable por lo menos obtener 3 datos de cada prueba; es decir 3 datos de torque y potencia a gasolina y 3 datos de torque y potencia para gas natural comprimido. (Figura 73).



Figura 72. Prueba Dinamómetro 60000RPM - 162km/h

4.8. DESCRIPCIÓN Y PREPARACIÓN PRUEBA ANALIZADOR GASES

Para poder realizar la prueba de emisión de gases contaminantes al medio ambiente en el vehículo, se debe mantener a temperatura normal de funcionamiento, es decir aproximadamente 90° centígrados y tener limpios los filtros del analizador de gases MGT5.

4.8.1. PRUEBA EN EL ANALIZADOR DE GASES MGT5

Una vez que el motor se encuentre en temperatura normal de funcionamiento, se deja en ralentí y se coloca la sonda en el tubo de escape del vehículo. (Figura 74).

Se realizan dos mediciones que son a altas RPM y bajas RPM.

- **En altas revoluciones:**

El rango oscila entre 2300 a 2700 RPM.

Una vez que se encuentre colocada la sonda, se debe acelerar paulatinamente hasta alcanzar el rango de revoluciones requeridas durante 15 segundos para que el analizador de gases registre los resultados en su programa y puedan ser visualizados por el operario.

- **En bajas revoluciones o también ralentí.**

El rango oscila entre las 700 RPM hasta las 1000 RPM.

Una vez realizada la aceleración en altas revoluciones se desacelera hasta que el motor se estabilice y quede en ralentí aproximadamente durante 30 segundos, tiempo en el cual el analizador de gases registre los resultados en bajas revoluciones.



Figura 73. Emisión de Gases

4.9. DATOS OBTENIDOS DINAMÓMETRO LPS3000

4.9.1. PRIMERA PRUEBA: GASOLINA

En la (Tabla 3) se encuentran expresados los resultados obtenidos de la primera prueba al vehículo con su motor operando a gasolina, en donde se muestra la Potencia, el Torque y las condiciones en la que se realizó la prueba.

Tabla 3. Resultados Primera Prueba Gasolina

P – NORMAL	35.3 Kw	
P – MOTOR	24.3 kW	5210 rpm 137.2 km/h
P – RUEDA	12.7 kW	
P - ARRASTRE	11.6 kW	
M – NORMAL	77.9 Nm	2930 rpm 77.2 km/h
T – AMBIENTE	22.8 °C	
T – ASPIRACIÓN	13.6 °C	
H – AIRE	32.3 %	
P – AIRE	719.8 hPa	
P – VAPOR	9 hPa	

En la (Tabla 4) se tiene expresado valores secuenciales del proceso de la primera prueba a gasolina cada 200 RPM, en donde se puede visualizar los datos que se obtienen desde el inicio hasta el final de la prueba; y en la (Figura 75), se puede observar las curvas características del motor del resultado de la prueba.

Tabla 4. Valores Primera Prueba Gasolina Dinamómetro LPS300

Rpm	P – Normal (kw)	M – Normal (Nm)	P – Rueda (kw)	P – Arrastre (kw)
1870	14.58	74.45	7.40	2.58
2000	15.69	74.93	7.95	2.80
2200	17.26	74.93	8.67	3.16
2400	18.98	75.54	9.49	3.52
2600	21.11	77.54	10.57	3.89
2800	23.05	78.62	11.50	4.30
3000	24.96	79.45	12.39	4.71
3200	26.38	78.73	12.96	5.12
3400	27.72	77.87	13.43	5.57
3600	28.74	76.24	13.63	6.07
3800	29.75	74.76	13.79	6.59
4000	30.76	73.45	13.99	7.10
4200	32.02	72.81	14.28	7.67
4400	33.69	73.12	14.83	8.26
4600	35.06	72.78	15.18	8.85
4800	35.80	71.22	15.02	9.52
5000	36.22	69.17	14.65	10.18
5200	37.23	68.37	14.66	10.86
5400	37.95	67.12	14.31	11.70
5600	38.29	65.23	13.74	12.50

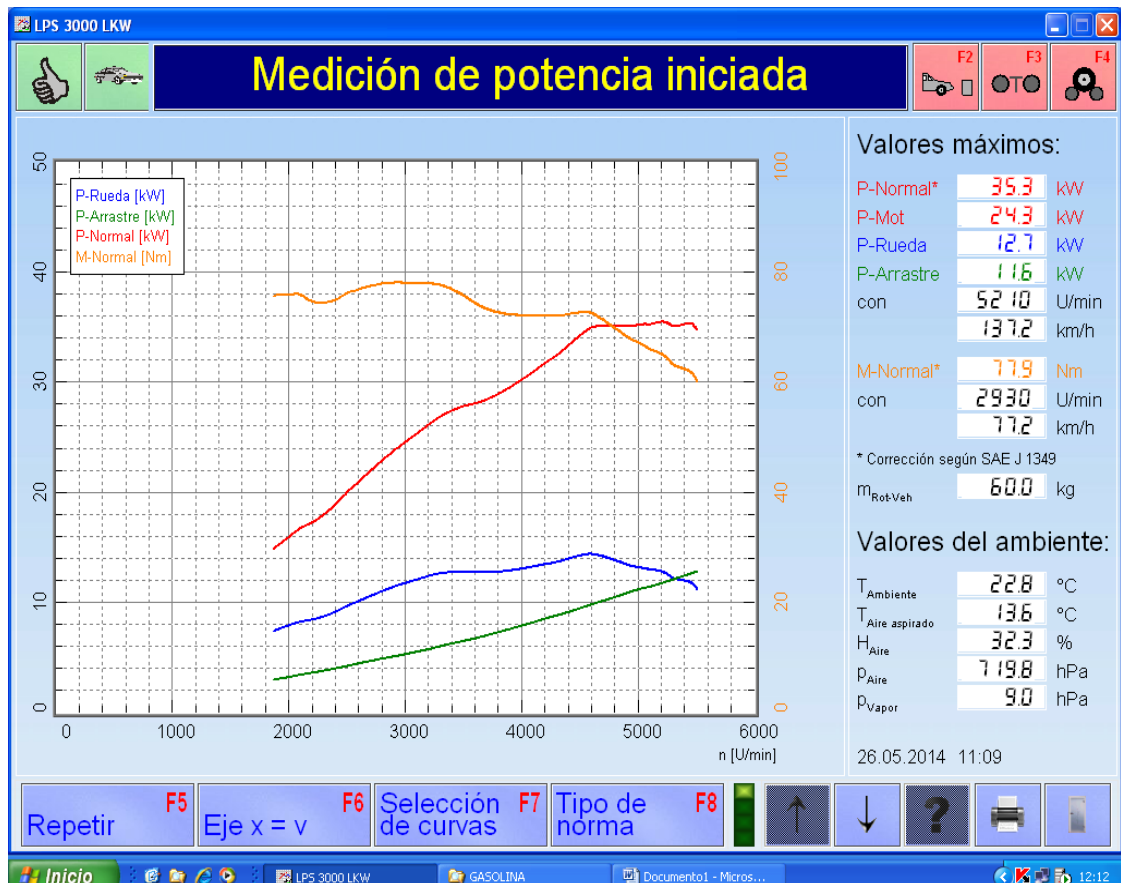


Figura 74. Primera Prueba Gasolina

Datos Obtenidos:

Potencia Normal:	35.3 kw
Potencia Motor:	24.3 kw
Potencia Rueda:	12.7 kw
Potencia Arrastre:	11.6 kw
M – Normal (Torque)	77.9 Nm
$m_{Rot-Veh}$ Peso Vehículo	60.0 Kg

- Con los datos obtenidos en la primera prueba con el motor trabajando a gasolina la potencia máxima fue de **24.3 kw**, el motor desarrollo esta potencia a 5210 RPM y a una velocidad de 137.2 km/h.
- Mientras que el torque máximo fue de **77.9 Nm**, el motor desarrollo este torque a 2930 RPM y a una velocidad de 77.2 km/h.

- La potencia Normal de 35.3 kw no es la real, debido a que no se encuentra en condiciones normales y ambientales de funcionamiento.
- Las condiciones ambientales reflejadas en la prueba indican:

T_{Ambiente}	22.8 °C
$T_{\text{Aire Aspirado}}$	13.6 °C
H_{Aire}	32.3 %
ρ_{Aire}	719.8 hPa
ρ_{Vapor}	9.0 hPa

Estos valores ambientales son proporcionados por la caja negra del dinamómetro.

4.9.2. SEGUNDA PRUEBA: GASOLINA

En la (Tabla 5) se encuentran expresados los resultados obtenidos de la segunda prueba al vehículo con su motor operando a gasolina, en donde se muestra la Potencia, el Torque y las condiciones en la que se realizó la prueba.

Tabla 5. Resultados Segunda Prueba Gasolina

P – NORMAL	37.7 Kw	
P – MOTOR	25.9 kW	5355 rpm 141.3 km/h
P – RUEDA	14.6 kW	
P - ARRASTRE	11.3 kW	
M – NORMAL	81.7 Nm	3045 rpm 80.3 km/h
T – AMBIENTE	23.1 °C	
T – ASPIRACIÓN	13.7 °C	
H – AIRE	33.9 %	
P – AIRE	719.8 hPa	
P – VAPOR	9.6 hPa	

En la (Tabla 6) se tiene expresado valores secuenciales del proceso de la segunda prueba a gasolina cada 200 RPM, en donde se puede visualizar los datos que se obtienen desde el inicio hasta el final de la prueba; y en la (Figura 76), se puede observar las curvas características del motor del resultado de la prueba.

Tabla 6. Valores Segunda Prueba Gasolina Dinamómetro LPS300

Rpm	P – Normal (kw)	M – Normal (Nm)	P – Rueda (kw)	P – Arrastre (kw)
1870	15.11	77.17	7.84	2.52
2000	16.19	77.31	8.39	2.71
2200	17.83	77.40	9.17	3.06
2400	19.60	78.00	10.00	3.43
2600	21.79	80.04	11.14	3.80
2800	23.78	81.11	12.12	4.18
3000	25.67	81.73	13.02	4.58
3200	27.21	81.19	13.64	5.01
3400	28.57	80.24	14.16	5.43
3600	29.77	78.98	14.54	5.88
3800	30.72	77.21	14.69	6.37
4000	31.94	76.25	14.99	6.90
4200	33.26	75.62	15.31	7.49
4400	35.04	76.04	15.97	8.05
4600	36.53	75.83	16.49	8.56
4800	37.21	74.03	16.27	9.24
5000	37.70	72.00	15.88	9.96
5200	38.13	70.02	15.58	10.56
5400	38.64	68.33	15.68	11.32
5600	38.58	65.79	14.43	12.02

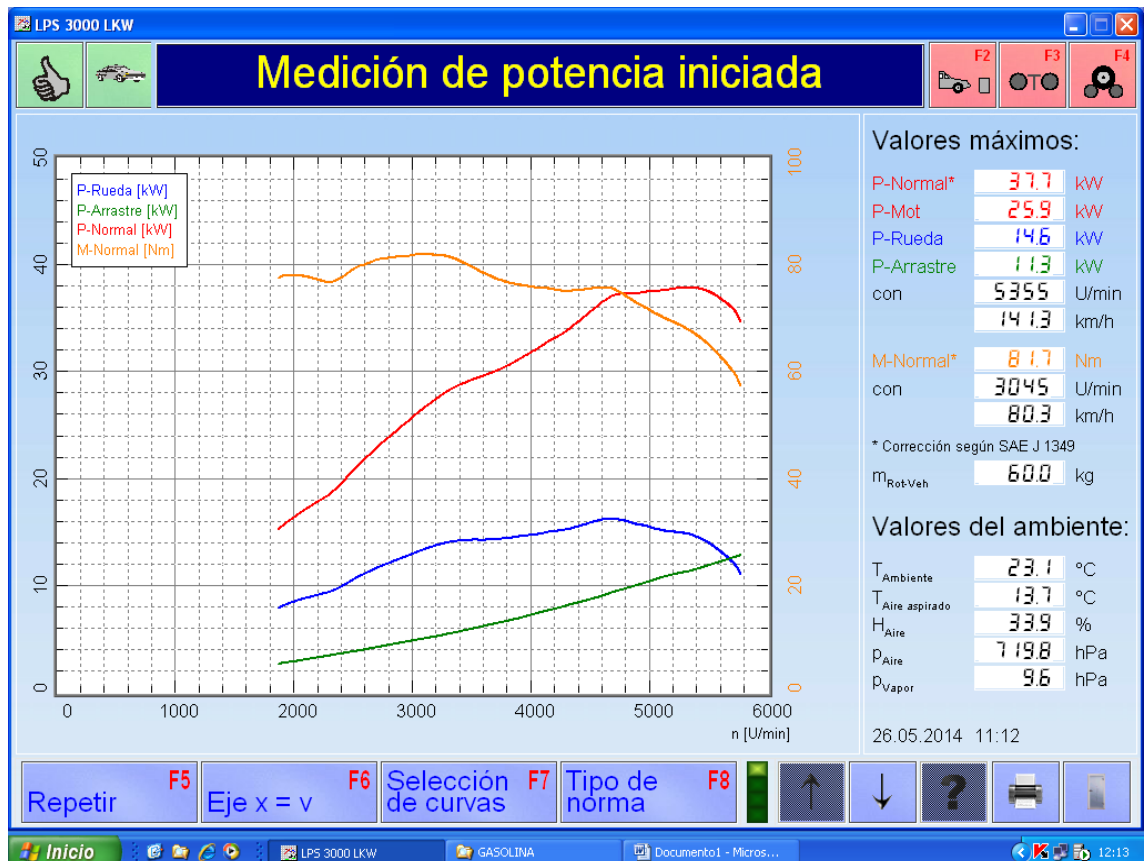


Figura 75. Segunda Prueba Gasolina

Datos Obtenidos:

Potencia Normal:	37.7 kw
Potencia Motor:	25.9 kw
Potencia Rueda:	14.6 kw
Potencia Arrastre:	11.3 kw
M – Normal (Torque)	81.7 Nm
m _{Rot-Veh} Peso Vehículo	60.0 Kg

- Con los datos obtenidos en la segunda prueba con el motor trabajando a gasolina la potencia máxima fue de **25.9 kw**, el motor desarrollo esta potencia a 5355 RPM y a una velocidad de 141.3 km/h.
- Mientras que el torque máximo fue de **81.7 Nm**, el motor desarrollo el torque a 3045 RPM y a una velocidad de 80.3 km/h.

- La potencia Normal de 37.7 kw no es la real, debido a que no se encuentra en condiciones normales y ambientales de funcionamiento.
- Las condiciones ambientales reflejadas por la prueba señalan:

T_{Ambiente}	23.1 °C
$T_{\text{Aire Aspirado}}$	13.7 °C
H_{Aire}	33.9 %
ρ_{Aire}	719.8 hPa
ρ_{Vapor}	9.6 hPa

4.9.3. TERCERA PRUEBA: GASOLINA

En la (Tabla 7) se encuentran expresados los resultados obtenidos de la tercera prueba al vehículo con su motor operando a gasolina, en donde se muestra la Potencia, el Torque y las condiciones en la que se realizó la prueba.

Tabla 7. Resultados Tercera Prueba Gasolina

P – NORMAL	37.8 Kw	
P – MOTOR	26.0 kW	5385 rpm 142.1 km/h
P – RUEDA	14.6 kW	
P - ARRASTRE	11.4 kW	
M – NORMAL	82.4 Nm	3040 rpm 80.1 km/h
T – AMBIENTE	23.4 °C	
T – ASPIRACIÓN	13.9 °C	
H – AIRE	30.9 %	
P – AIRE	719.7 hPa	
P – VAPOR	8.9 hPa	

En la (Tabla 8) se tiene expresado valores secuenciales del proceso de la tercera prueba a gasolina cada 200 RPM, en donde se puede visualizar los datos que se obtienen desde el inicio hasta el final de la prueba; y en la (Figura 77), se puede observar las curvas características del motor del resultado de la prueba.

Tabla 8. Valores Tercera Prueba Gasolina Dinamómetro LPS300

Rpm	P – Normal (kw)	M – Normal (Nm)	P – Rueda (kw)	P – Arrastre (kw)
1870	15.31	77.77	8.00	2.52
2000	16.40	77.90	8.57	2.70
2200	17.83	77.03	9.22	3.04
2400	19.62	77.74	10.08	3.41
2600	21.85	80.00	11.25	3.78
2800	23.77	80.85	12.17	4.17
3000	25.89	82.22	13.21	4.59
3200	27.49	81.81	13.91	4.99
3400	28.89	81.03	14.44	5.49
3600	29.67	78.61	14.50	5.89
3800	30.71	77.02	14.71	6.39
4000	31.99	76.29	15.03	6.95
4200	33.22	75.47	15.30	7.53
4400	35.00	75.94	15.92	8.12
4600	36.72	76.20	16.46	8.77
4800	37.40	74.41	16.32	9.37
5000	37.04	70.74	15.41	10.04
5200	37.35	68.56	14.96	10.71
5400	37.79	66.84	14.56	11.41
5600	37.37	63.80	13.79	11.89

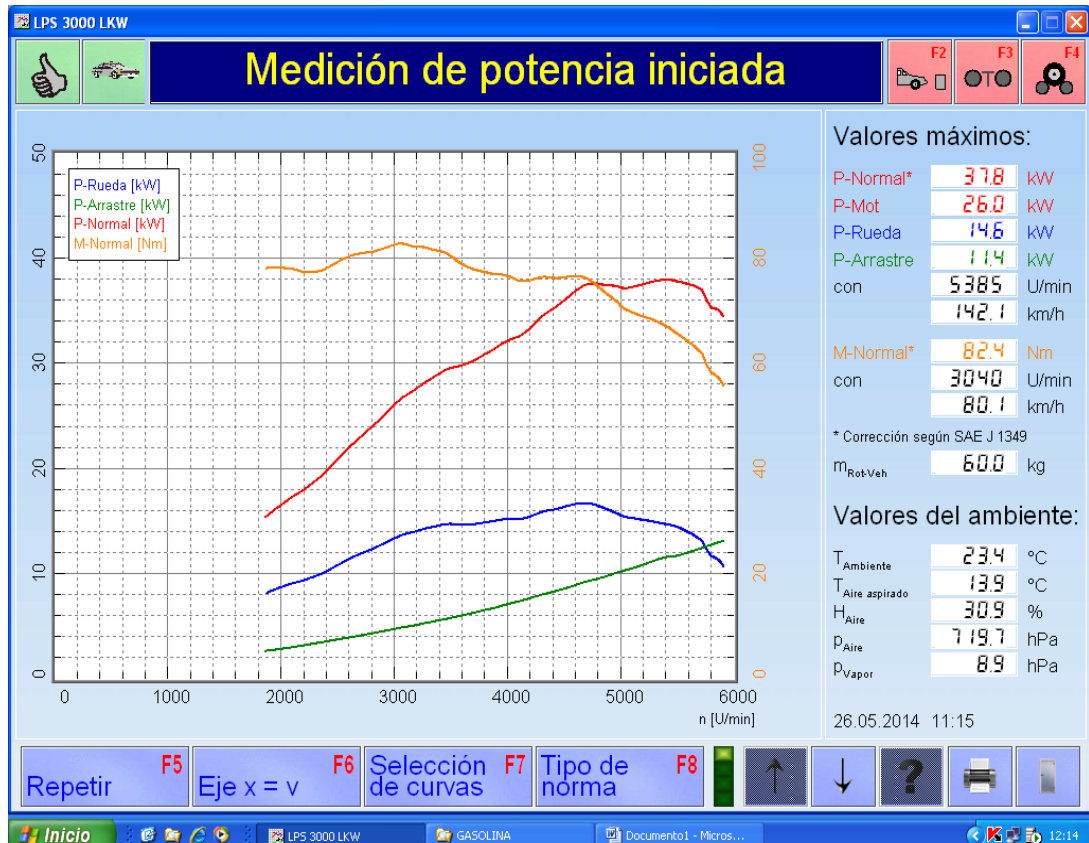


Figura 76. Tercera Prueba Gasolina

Datos Obtenidos:

Potencia Normal:	37.8 kw
Potencia Motor:	26.0 kw
Potencia Rueda:	14.6 kw
Potencia Arrastre:	11.4 kw
M – Normal (Torque)	82.4 Nm
$m_{Rot-Veh}$ Peso Vehículo	60.0 Kg

- Con los datos obtenidos en la tercera prueba con el motor trabajando a gasolina la potencia máxima fue de **26.0 kw**, el motor desarrollo esta potencia a 5385 RPM y a una velocidad de 142.1 km/h.
- Mientras que el torque máximo fue de **82.4 Nm**, el motor desarrollo el torque a 3040 RPM y a una velocidad de 80.1 km/h.

- La potencia Normal de 37.8 kw no es la real, debido a que no se encuentra en condiciones normales y ambientales de funcionamiento.
- Las condiciones ambientales reflejadas por la prueba manifiesta que:

T_{Ambiente}	23.4 °C
$T_{\text{Aire Aspirado}}$	13.9 °C
H_{Aire}	30.9 %
ρ_{Aire}	719.7 hPa
ρ_{Vapor}	8.9 hPa

4.9.4. PRIMERA PRUEBA: G.N.C.

En la (Tabla 9), se encuentran expresados los resultados obtenidos de la primera prueba al vehículo con su motor operando a gas, en donde se muestra la Potencia, el Torque y las condiciones en la que se realizó la prueba.

Tabla 9. Resultados Primera Prueba G.N.C.

P – NORMAL	38.3 Kw	
P – MOTOR	26.3 kW	5620 rpm 148.2 km/h
P – RUEDA	13.7 kW	
P - ARRASTRE	12.6 kW	
M – NORMAL	79.5 Nm	3040 rpm 80.2 km/h
T – AMBIENTE	24.3 °C	
T – ASPIRACIÓN	14.2 °C	
H – AIRE	32.9 %	
P – AIRE	719.5 hPa	
P – VAPOR	10.0 hPa	

En la (Tabla 10) se tiene expresado valores secuenciales del proceso de la primera prueba a gas cada 200 RPM, en donde se puede visualizar los datos que se obtienen desde el inicio hasta el final de la prueba; y en la (Figura 78), se puede observar las curvas características del motor del resultado de la prueba.

Tabla 10. Valores Primera Prueba G.N.C. Dinamómetro LPS300

Rpm	P – Normal (kw)	M – Normal (Nm)	P – Rueda (kw)	P – Arrastre (kw)
1870	14.58	74.45	7.40	2.58
2000	15.69	74.93	7.95	2.80
2200	17.26	74.93	8.67	3.16
2400	18.98	75.54	9.49	3.52
2600	21.11	77.74	10.57	3.89
2800	23.05	78.62	11.50	4.30
3000	24.96	79.45	12.39	4.71
3200	26.38	78.73	12.96	5.12
3400	27.72	77.77	13.43	5.56
3600	28.74	76.24	13.63	6.07
3800	29.75	74.76	13.79	6.59
4000	30.76	73.45	13.99	7.10
4200	32.02	72.81	14.28	7.67
4400	33.69	73.12	14.83	8.26
4600	35.06	72.78	15.18	8.85
4800	35.80	71.22	15.02	9.52
5000	36.22	69.17	14.65	10.18
5200	37.23	68.37	14.66	10.86
5400	37.95	67.12	14.31	11.70
5600	38.29	65.29	13.75	12.49
5800	37.84	62.31	12.76	13.18

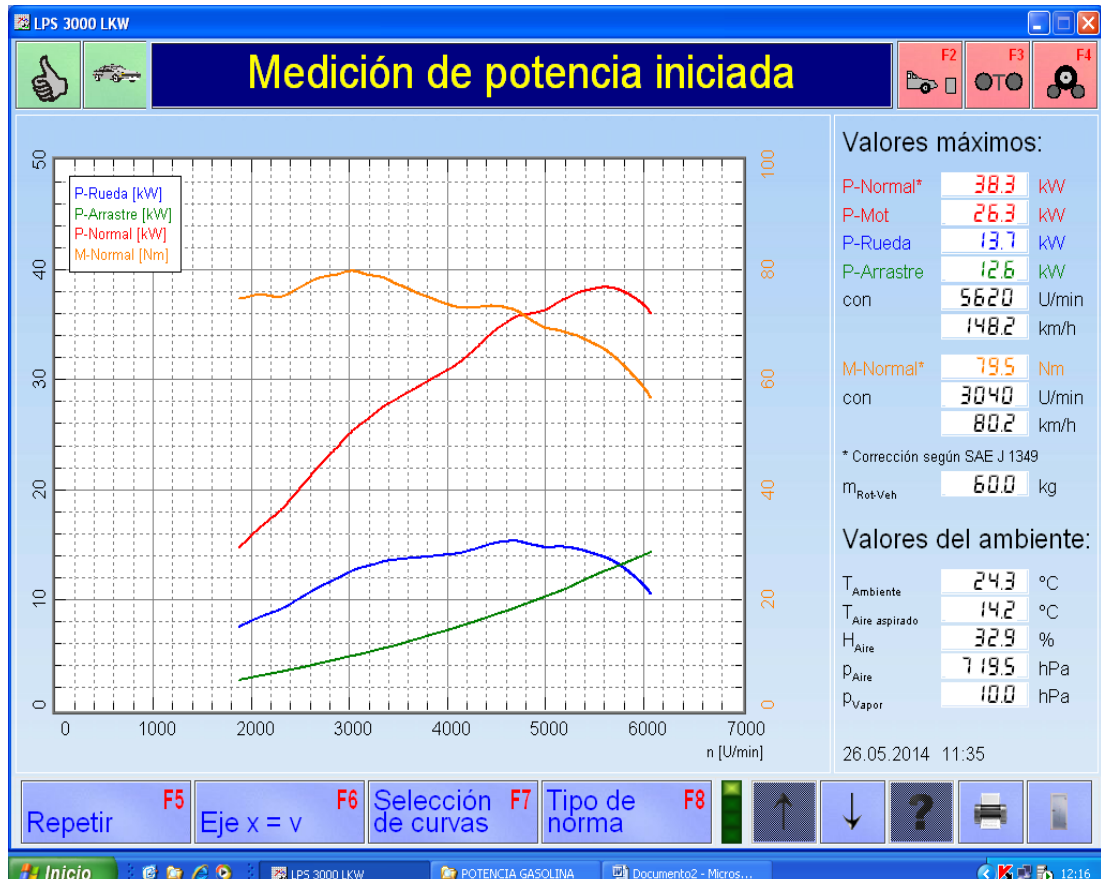


Figura 77. Primera Prueba G.N.C.

Datos Obtenidos:

Potencia Normal:	38.3 kw
Potencia Motor:	26.3 kw
Potencia Rueda:	13.7 kw
Potencia Arrastre:	12.6 kw
M – Normal (Torque)	79.5 Nm
$m_{Rot-Veh}$ Peso Vehículo	60.0 Kg

- Con los datos obtenidos en la primera prueba con el motor trabajando a gas la potencia máxima fue de **26.3 kw**, el motor desarrollo esta potencia a 5620 RPM y a una velocidad de 148.2 km/h.
- Mientras que el torque máximo fue de **79.5 Nm**, el motor desarrollo el torque a 3040 RPM y a una velocidad de 80.2 km/h.

- La potencia Normal de 38.3 kw no es la real, debido a que no se encuentra en condiciones normales y ambientales de funcionamiento.
- Las condiciones ambientales reflejadas por la prueba indican:

T_{Ambiente}	24.3 °C
$T_{\text{Aire Aspirado}}$	14.2 °C
H_{Aire}	32.9 %
ρ_{Aire}	719.5 hPa
ρ_{Vapor}	10 hPa

4.9.5. SEGUNDA PRUEBA: G.N.C.

En la (Tabla 11), se encuentran expresados los resultados obtenidos de la segunda prueba al vehículo con su motor operando a gas, en donde se muestra la Potencia, el Torque y las condiciones en la que se realizó la prueba.

Tabla 11. Resultados Segunda Prueba G.N.C.

P – NORMAL	38.7 Kw	
P – MOTOR	26.5 kW	5505 rpm 145.2 km/h
P – RUEDA	14.9 kW	
P - ARRASTRE	11.7 kW	
M – NORMAL	81.7 Nm	3005 rpm 79.2 km/h
T – AMBIENTE	24.5 °C	
T – ASPIRACIÓN	14.3 °C	
H – AIRE	30.9 %	
P – AIRE	719.5 hPa	
P – VAPOR	9.5 hPa	

En la (Tabla 12) se tiene expresado valores secuenciales del proceso de la segunda prueba a gas cada 200 RPM, en donde se puede visualizar los datos que se obtienen desde el inicio hasta el final de la prueba; y en la (Figura 79), se puede observar las curvas características del motor del resultado de la prueba.

Tabla 12. Valores Segunda Prueba G.N.C. Dinamómetro LPS300

Rpm	P – Normal (kw)	M – Normal (Nm)	P – Rueda (kw)	P – Arrastre (kw)
1870	15.11	77.17	7.84	2.52
2000	16.19	77.31	8.39	2.71
2200	17.83	77.40	9.17	3.06
2400	19.60	78.00	10.00	3.43
2600	21.79	80.04	11.14	3.80
2800	23.78	81.11	12.12	4.18
3000	25.67	81.73	13.02	4.58
3200	27.21	81.19	13.64	5.01
3400	28.57	80.24	14.16	5.43
3600	29.77	78.98	14.54	5.88
3800	30.72	77.21	14.69	6.37
4000	31.94	76.25	14.99	6.90
4200	33.26	75.62	15.31	7.49
4400	35.04	76.04	15.97	8.05
4600	36.53	75.83	16.49	8.56
4800	37.21	74.03	16.27	9.24
5000	37.70	72.00	15.88	9.96
5200	38.13	70.02	15.58	10.56
5400	38.64	68.33	15.18	11.32
5600	38.58	65.79	14.43	12.02

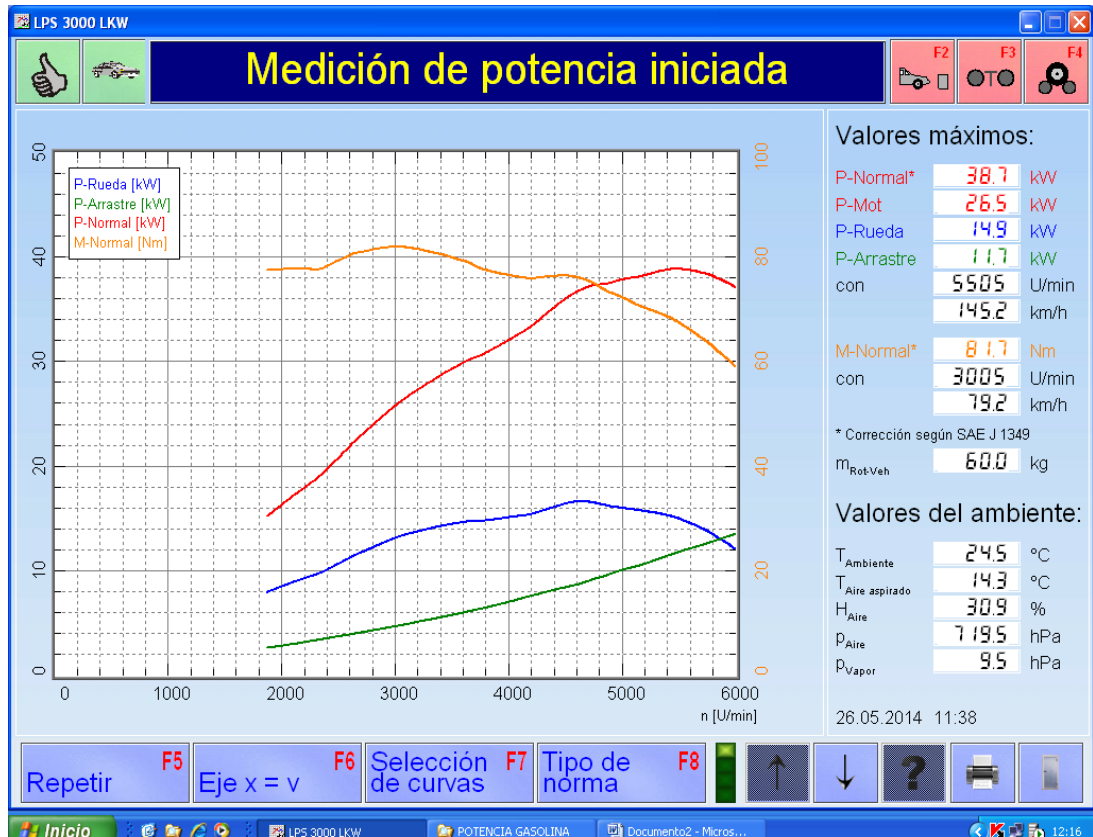


Figura 78. Segunda Prueba G.N.C.

Datos Obtenidos:

Potencia Normal:	38.7 kw
Potencia Motor:	26.5 kw
Potencia Rueda:	14.9 kw
Potencia Arrastre:	11.7 kw
M – Normal (Torque)	81.7 Nm
$m_{Rot-Veh}$ Peso Vehículo	60.0 Kg

- Con los datos obtenidos en la segunda prueba con el motor trabajando a gas la potencia máxima fue de **26.5 kw**, el motor desarrollo esta potencia a 3005 RPM y a una velocidad de 145.2 km/h.
- Mientras que el torque máximo fue de **81.7 Nm**, el motor desarrollo el torque a 3040 RPM y a una velocidad de 72.9 km/h.

- La potencia Normal de 38.7 kw no es la real, debido a que no se encuentra en condiciones normales y ambientales de funcionamiento.
- Las condiciones ambientales reflejadas por la prueba señalan:

T_{Ambiente}	24.5 °C
$T_{\text{Aire Aspirado}}$	14.3 °C
H_{Aire}	30.9 %
ρ_{Aire}	719.5 hPa
ρ_{Vapor}	9.5 hPa

4.9.6. TERCERA PRUEBA: G.N.C.

En la (Tabla 13), se encuentran expresados los resultados obtenidos de la tercera prueba al vehículo con su motor operando a gas, en donde se muestra la Potencia, el Torque y las condiciones en la que se realizó la prueba.

Tabla 13. Resultados Tercera Prueba G.N.C.

P – NORMAL	39.0 Kw	
P – MOTOR	26.8 kW	5660 rpm 149.3 km/h
P – RUEDA	13.7 kW	
P - ARRASTRE	13.1 kW	
M – NORMAL	79 Nm	2970 rpm 78.3 km/h
T – AMBIENTE	24.8 °C	
T – ASPIRACIÓN	14.2 °C	
H – AIRE	30.0 %	
P – AIRE	719.5 hPa	
P – VAPOR	9.4 hPa	

En la (Tabla 14) se tiene expresado valores secuenciales del proceso de la tercera prueba a gas cada 200 RPM, en donde se puede visualizar los datos que se obtienen desde el inicio hasta el final de la prueba; y en la (Figura 80), se puede observar las curvas características del motor del resultado de la prueba.

Tabla 14. Valores Tercera Prueba G.N.C. Dinamómetro LPS300

Rpm	P – Normal (kw)	M – Normal (Nm)	P – Rueda (kw)	P – Arrastre (kw)
1870	14.36	73.33	7.25	2.59
2000	15.44	73.71	7.77	2.79
2200	17.14	74.42	8.57	3.18
2400	18.89	75.17	9.39	3.56
2600	21.02	77.22	10.53	3.89
2800	23.02	78.50	11.49	4.29
3000	24.80	78.94	12.31	4.70
3200	26.15	78.05	12.83	5.12
3400	27.43	77.05	13.26	5.56
3600	28.52	75.66	13.52	6.04
3800	29.55	74.27	13.72	6.56
4000	30.86	73.68	14.05	7.11
4200	32.21	73.24	14.38	7.72
4400	34.07	77.94	15.10	8.26
4600	35.86	74.45	15.72	8.78
4800	36.66	72.93	15.65	9.49
5000	37.08	70.82	15.23	10.20
5200	37.54	68.95	14.81	10.94
5400	37.90	67.02	14.26	11.74
5600	38.87	66.28	13.82	12.85
5800	38.33	63.11	12.72	13.57



Figura 79. Tercera Prueba G.N.C.

Datos Obtenidos:

Potencia Normal:	39.0 kw
Potencia Motor:	26.8 kw
Potencia Rueda:	13.7 kw
Potencia Arrastre:	13.1 kw
M – Normal (Torque)	79.0 Nm
$m_{Rot-Veh}$ Peso Vehículo	60.0 Kg

- Con los datos obtenidos en la tercera prueba con el motor trabajando a gas la potencia máxima fue de **26.8 kw**, el motor desarrollo esta potencia a 5660 RPM y a una velocidad de 149.3 km/h.
- Mientras que el torque máximo fue de **79.0 Nm**, el motor desarrollo el torque a 2970 RPM y a una velocidad de 78.3 km/h.

- La potencia Normal de 39.0 kw no es la real, debido a que no se encuentra en condiciones normales y ambientales de funcionamiento.
- Las condiciones ambientales reflejadas por la prueba manifiestan que:

T Ambiente	24.8 °C
T Aire Aspirado	14.2 °C
HAire	30.0 %
ρ Aire	719.5 hPa
ρ Vapor	9.4 hPa

Para ser más precisos en los datos recabados, se realizó un promedio de las tres pruebas efectuadas como se muestra en la (tabla 15):

Tabla 15. Promedio Torque / Potencia

PRUEBAS	GASOLINA		G.N.C	
	<u>POTENCIA</u> <u>kw</u>	<u>TORQUE</u> <u>Nm</u>	<u>POTENCIA</u> <u>kw</u>	<u>TORQUE</u> <u>Nm</u>
PRUEBA 1	24.3	77.9	26.3	79.5
PRUEBA 2	25.9	81.7	26.5	81.7
PRUEBA 3	26	82.4	26.8	79
PROMEDIO	25.40	80.67	26.40	80.07

Como resultado del estudio de investigación, se puede concluir que:

Potencia con G.N.C aumentó 1.13 kw o convirtiéndolo en 1.51 hp

Mientras que el Torque con G.N.C disminuyó en 0.6 Nm.

Estos resultados no afectan en nada el funcionamiento normal del motor, pero si puede concluir que el G.N.C al ser un combustible más puro, el rendimiento y el comportamiento del motor es más eficaz que el de un motor de Gasolina.

4.10. DATOS OBTENIDOS ANALIZADOR DE GASES MGT5

Al efectuar el estudio de emisión de gases se realizaron tres pruebas con el motor en trabajando a Gasolina y tres pruebas con el motor trabajando a GNC.

Estas pruebas se realizan para obtener un promedio y ser más precisos en el resultado final.

Las pruebas se las realiza en dos parámetros de funcionamiento; a altas RPM que oscila entre (2300 – 2700 rpm) y a bajas RPM que oscila entre (800 – 1000 rpm) o ralentí.

4.10.1. PRIMERA PRUEBA: GASOLINA

En la (Tabla 16), se muestra los resultados obtenidos de la primera prueba de emisiones, con el motor operando a gasolina y los parámetros en los que se realizó la prueba.

Tabla 16. Primera Prueba Gasolina

	Ralentí	Altas RMP	
CO	0.76	0.69	% Vol
CO₂	13.30	13.90	% Vol
CO Corregido	0.81	0.71	% Vol
HC	331	133	ppm
O₂	1.77	1.08	%
NO_x	10	40	ppm
Lambda	1.049	1.025	-
RPM	<u>880</u>	<u>2450</u>	min

4.10.2. SEGUNDA PRUEBA: GASOLINA

En la (Tabla 17), se muestra los resultados obtenidos de la segunda prueba de emisiones, con el motor operando a gasolina y los parámetros en los que se realizó la prueba.

Tabla 17. Segunda Prueba Gasolina

	Ralentí	Altas RMP	
CO	0.71	0.66	% Vol
CO₂	13.20	13.70	% Vol
CO Corregido	0.77	0.69	% Vol
HC	522	225	ppm
O₂	1.98	1.38	%
NO_x	12	41	ppm
Lambda	1.053	1.037	-
RPM	<u>900</u>	<u>2510</u>	min

4.10.3. TERCERA PRUEBA: GASOLINA

En la (Tabla 18), se muestra los resultados obtenidos de la tercera prueba de emisiones, con el motor operando a gasolina y los parámetros en los que se realizó la prueba.

Tabla 18. Tercera Prueba Gasolina

	Ralentí	Altas RMP	
CO	0.78	0.74	% Vol
CO₂	13.30	13.80	% Vol
CO Corregido	0.83	0.76	% Vol
HC	393	156	ppm
O₂	1.83	1.01	%
NO_x	11	31	ppm
Lambda	1.049	1.020	-
RPM	<u>970</u>	<u>2600</u>	min

4.10.4. PRIMERA PRUEBA: G.N.C.

En la (Tabla 19), se muestra los resultados obtenidos de la primera prueba de emisiones, con el motor operando a gas y los parámetros en los que se realizó la prueba.

Tabla 19. Primera Prueba G.N.C.

	Ralentí	Altas RMP	
CO	0.34	0.51	% Vol
CO₂	1.10	1.00	% Vol
CO Corregido	2.83	4.05	% Vol
HC	103	82	ppm
O₂	1.17	0.55	%
NO_x	5	19	ppm
Lambda	0.984	0.908	-
RPM	<u>900</u>	<u>2500</u>	min

4.10.5. SEGUNDA PRUEBA: G.N.C.

En la (Tabla 20), se muestra los resultados obtenidos de la segunda prueba de emisiones, con el motor operando a gas y los parámetros en los que se realizó la prueba.

Tabla 20. Segunda Prueba G.N.C.

	Ralentí	Altas RMP	
CO	0.27	0.59	% Vol
CO₂	1.10	1.00	% Vol
CO Corregido	2.36	4.45	% Vol
HC	92	71	ppm
O₂	1.03	0.61	%
NO_x	6	11	ppm
Lambda	1.000	0.884	-
RPM	<u>880</u>	<u>2450</u>	min

4.10.6. TERCERA PRUEBA: G.N.C.

En la (Tabla 21), se muestra los resultados obtenidos de la tercera prueba de emisiones, con el motor operando a gas y los parámetros en los que se realizó la prueba.

Tabla 21. Tercera Prueba G.N.C.

	Ralentí	Altas RMP	
CO	0.21	0.50	% Vol
CO₂	1.20	1.00	% Vol
CO Corregido	1.79	4.00	% Vol
HC	90	63	ppm
O₂	1.05	0.62	%
NO_x	6	16	ppm
Lambda	1.012	0.911	-
RPM	1000	2650	min

4.11. PARÁMETROS DE VALORES PERMISIBLES CORPAIRE

En el Ecuador y especialmente en Quito, Guayaquil y Cuenca donde en la actualidad existen centros de Revisión Vehicular, al efectuar la revisión de emisión de gases se rigen según el año del vehículo (Tabla 22) y se controlan los niveles de CO, HC, O₂.

Tabla 22. Niveles Permitidos de Gases Contaminantes según año del vehículo

Año	CO	HC	O₂
2000 ≥ 2015	≤ 0.80 %	≤ 180 ppm	≤ 4%
1990 ≥ 1999	≤ 3.5 %	≤ 680 ppm	≤ 4%
≤ 1989	≤ 6	≤ 1100 ppm	≤ 4%

Fuente: Corpaire 2014

Por tal efecto; este estudio va enfocado al análisis de los resultados obtenidos de las diferentes pruebas realizadas tanto a gasolina como a gas y los niveles de CO, HC y O₂, que han arrojado los resultados de las pruebas.

4.12. RESULTADOS OBTENIDOS ANALIZADOR DE GASES

En la (Tabla 23), se muestra todos los resultados obtenidos de las 6 pruebas que se realizaron a gasolina y gas, para de esta manera hacer una comparación de los resultados obtenidos con los Niveles Permitidos de Gases Contaminantes que rigen en la actualidad.

Tabla 23. Tabla comparativa de resultados obtenidos

<u>PRUEBAS</u>	GASOLINA			G.N.C		
	CO %	HC ppm	O2 %	CO %	HC ppm	O2 %
<i>RALENTÍ 1</i>	0.76	331	1.77	0.34	103	1.17
<i>RALENTÍ 2</i>	0.71	522	1.98	0.27	92	1.03
<i>RALENTÍ 3</i>	0.78	393	1.83	0.21	90	1.05
PROMEDIO Ralentí	0.75	415.33	1.86	0.27	95	1.08
<i>ALTA PRUB 1</i>	0.69	133	1.08	0.51	82	0.55
<i>ALTA PRUB 2</i>	0.66	225	1.38	0.59	71	0.61
<i>ALTA PRUB 3</i>	0.74	156	1.01	0.50	63	0.62
PROMEDIO Altas	0.70	171.33	1.16	0.53	72.00	0.59
VALORES PERMISIBLES	≤ 0.80 %	≤ 180 ppm	≤ 4 %	≤ 0.80 %	≤ 180 ppm	≤ 4 %

INTERPRETACIÓN DE DATOS PRUEBA DE GASES

GASOLINA:

Los niveles de CO en ralentí, están en parámetros establecidos **0.75 %** (\leq 0.80 %), pero no dejan de ser altos, ya que deberían estar por debajo de 50 % CO en el aire y su valor se aproxima a su límite permisible.

Los niveles de HC en ralentí, supera el límite permitido su valor es de **415.33 ppm** cuando debería ser \leq 180 ppm.

Los niveles de CO a altas RPM están en parámetros establecidos **0.70 %** (\leq 0.80 %), pero no dejan de ser altos, ya que deberían estar por debajo de 50 % CO en el aire y su valor se aproxima a su límite permisible.

Los niveles de HC a altas RPM, aunque se encuentre en parámetros establecidos **171.33 ppm** (\leq 180ppm) su valor no deja de ser alto, ya que se aproxima a su límite permisible y debería estar por debajo de las 120 ppm.

G.N.C

Los niveles de CO en ralentí, está en parámetros establecidos **0.27 %** (\leq 0.80 %), su valor es bajo, esto quiere decir que el motor con GNC, no tiene mayor impacto con el medio ambiente y es más amigable con la salud de los seres humanos.

Los niveles de HC en ralentí, está en parámetros establecidos **95ppm** (\leq 180ppm), nivel bajo de contaminación y permisible.

Los niveles de CO a altas RPM, está en parámetros establecidos **0.53 %** (\leq 0.80 %), su valor es bajo, esto quiere decir que el moto con GNC, no tiene mayor impacto con el medio ambiente y es más amigable con la salud de los seres humanos.

Los niveles de HC a altas RPM, está en parámetros establecidos **72ppm** (\leq 180ppm), nivel bajo de contaminación y permisible.

Como resultado del estudio realizado se puede concluir que los niveles de emisiones contaminantes con Gas Natural Comprimido en relación a las emisiones de Gasolina, son considerablemente bajos al ser un combustible más puro, su combustión va ser más limpia, el rendimiento del motor va a ser más eficaz y amigable con el medio ambiente y los seres humanos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El comportamiento del motor a inyección electrónica según los análisis y pruebas realizadas, demuestran que existe un aumento mínimo de potencia de 1.5 hp con el motor trabajando a GNC
- El comportamiento del motor a inyección electrónica según los análisis y pruebas realizadas, indican que existe una pérdida mínima de torque de 0.6 Nm con el motor trabajando a GNC.
- Los niveles de emisiones de gases contaminantes de CO, HC, CO₂ y NO_x con el motor trabajando a GNC son menores, lo que da cuenta de la ventaja de la utilización de combustibles más puros, para mejorar la calidad de vida de los quiteños.
- La utilización de los equipos de la Secretaria de Ambiente, esclareció todas las dudas del comportamiento del motor GNC en relación al comportamiento del motor a Gasolina.
- La instalación del sistema de GNC, al Chevrolet Corsa no demoró más de 4 días en su instalación, debido a que se realizó un chequeo completo tanto mecánico como eléctrico (ABC), sin embargo, se presentaron inconvenientes en la parte electrónica, puesto que el cableado había sido manipulado y cortado.
- El sistema de GNC acoplado al vehículo, es sencillo de operar, de fácil mantenimiento y además que no es muy costoso y se lo hizo de forma que el motor pueda funcionar de manera dual. Es decir Gasolina y GNC.
- El uso de GNC en los motores de *Ciclo Otto*, tiene ventajas como la mezcla homogénea, controlada y bien distribuida con el aire comburente en los cilindros del motor, lo cual hace posible una combustión más completa.
- La combustión del gas ocurre a mayores temperaturas y por ser más limpia no ensucia el aceite, a diferencia de los motores a gasolina que queman el aceite al momento de la combustión.
- El alto índice de octano del GNC, permitirá elevar la relación de compresión sin necesidad de aditivos especiales.

- Si se quiere que un vehículo opere con GNC, no es necesario modificar la estructura del sistema de combustible de gasolina, solo se debe adaptar un nuevo equipo de acuerdo a las necesidades del motor.
- Tener el tanque estacionario en el vehículo con peligro de uso de GNC en motores de combustión interna, ya no es un problema, ya que en los últimos años se han venido desarrollando equipos de GNC de 4ta y 5ta generación que son seguros, de fácil instalación y manipulación.
- Debido a los químicos artificiales que ponen al gas para facilidad de percepción a los humanos en caso de posibles fugas, el gas al momento de hacer su combustión en el motor, va a existir olores que caracteriza al químico.

5.2 RECOMENDACIONES

- La instalación de un sistema de GNC, debe ser hecho por profesionales, en talleres certificados y que cumplan con todas las normas que se rige a nivel mundial, para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema.
- Para instalar un sistema de GNC, el motor debe estar en óptimas condiciones de funcionamiento, es decir, tener una buena compresión y que todos los sistemas que comprende el vehículo se encuentren trabajando a cabalidad.
- Realizar una correcta calibración de mezcla gas/aire, para evitar daños y mal funcionamiento del motor.
- Se debe tener en cuenta siempre la sujeción adecuada de todos los componentes y equipos de GNC, para evitar daños.
- Impulsar el reemplazo de combustibles convencionales por otros de combustión más limpia y menor contaminación.
- Seguir realizando investigaciones sobre el comportamiento de los motores con el uso de combustibles alternativos, proponiendo nuevas metodologías para su investigación y así tener una idea clara de los beneficios que conlleva al uso de estos vehículos.
- Exigir a futuro que las casas comerciales de vehículos a nivel nacional coloquen equipos de GNC como alternativa más pura de combustible.
- Se debería exigir a los gobiernos de turno la rápida explotación de la enorme reserva de GNC que existe en el Ecuador para la implementación de estaciones de suministro a nivel nacional, pues esto mejoraría las condiciones ambientales de salud y económicas de los ecuatorianos.

GLOSARIO

GNC Gas Natural Comprimido

GLP Gas Licuado de Petróleo

GNV Gas Natural Vehicular

MPFI Inyección Multipunto

CO Monóxido de Carbono

HC Hidrocarburos

O₂ Oxígeno

CO₂ Dióxido de Carbono

EGR Sistema de regulación de los gases de escape. Sistema anticontaminante que reduce el número de gases emitidos por el motor haciéndolos re circular de nuevo hacia el motor, cuando dicha acción no supone un problema para el motor.

HEGO Sonda lambda Sonda lambda que mide la cantidad de oxígeno que existe en los gases de escape con el fin de reducir los gases emitidos por el escape.

Inyección electrónica Es el tipo de inyección que utiliza una serie de sensores, captadores eléctricos o electrónicos y una unidad de mando para poder controlar todo el sistema de alimentación y/o encendido.

MPI Sistema de inyección multipunto. Sistema de inyección que utiliza un inyector por cada cilindro para introducir el combustible en el interior de los cilindros. Existen varios tipos: inyección mecánica y mecánica electrónica, las cuales son inyecciones continuas, e inyección electrónica, que pueden ser continuas, secuencial o simultánea.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, K. (02 de 03 de 2013). *Motores*. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/6382/1/16103442.pdf>
- Aficionados a la mecánica. (23 de 09 de 2011). *Sensores en el automóvil*. Obtenido de Aficionados a la mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores6.htm>
- Aficionados a la mecánica. (18 de 09 de 2012). *Curso rápido de electricidad del automóvil*. Obtenido de Aficionados a la mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-encendido.htm>
- Aficionados a la mecánica. (23 de 04 de 2012). *Inyección directa de gasolina, Bosch Motronic*. Obtenido de Aficionados a la mecánica: http://www.aficionadosalamecanica.net/inyeccion_directa1.htm
- Aficionados a la mecánica. (18 de 07 de 2013). *Gases de Escape y Sistemas Anticontaminación*. Obtenido de Aficionados a la mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
- AGIRA. (25 de 11 de 2012). *El GNC en el mundo*. Obtenido de Agas 21: <http://www.agas21.com/spa/item/ART00082.html>
- Aravena, R. (05 de 2008). *Componentes del aire*. Obtenido de Química Primer Nivel: <http://quimicaravena.blogspot.com/2008/05/componentes-del-aire.html>
- AUVASA. (17 de 10 de 2009). *Gas Vehicular*. Obtenido de AUVASA: <http://www.auvasa.es/gnv.htm>
- CEGLA. (21 de 01 de 2010). *Motor GNC*. Obtenido de CEGLA: <http://www.cegla.org>
- Cengel, Y., & Boles, M. (1996). *Termodinámica tomo II*. ciudad de México: McGraw Hill.

- Comunidad Andina. (2006). *Recursos Energéticos en la Comunidad Andina*. Caracas: Comunidad Andina de Naciones.
- Cuadrado, I., Agudelo, J., & Sánchez, C. (2008). *Flujo compresible en múltiples de motores*. Antioquia: Ciencia y Tecnología.
- Cuenca, S., & Padilla, G. (1999). *Puesta en marcha de un banco analizador para motores de combustión interna*. Quito: EPN.
- Espinosa, L. (2007). Motores a gas de encendido por chispa. *Motores a Gas*, 22.
- Fernández, M. (25 de 01 de 2009). *Cuarto ciclo de un motor de cuatro tiempos*. Obtenido de Taller Virtual:
<http://www.tallervirtual.com/cuarto-ciclo-de-un-motor-de-cuatro-tiempos/>
- G.N.C. Energía Perú. (29 de 10 de 2013). *Estaciones de Servicio*. Obtenido de G.N.C. Energía Perú: <http://gncenergiaperu.com/>
- Gálvez, E. (05 de 03 de 2012). *Motores de Combustión*. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0732_M.pdf
- Gbors, J. (02 de 09 de 2013). *Pérdidas de potencia ocasionales y ruidos en el escape catalizador*. Obtenido de Guía Mecánica:
<http://guiamecanica.blogspot.com/2013/09/perdidas-de-potencia-ocasionales-y.html>
- Gerschler, H. (1999). *Tecnología del automóvil*. Barcelona: Reverté S.A.
- Hirschfeldt, M. (17 de 05 de 2009). *Manual Práctico del Automóvil (Motor de gasolina)*. Obtenido de Oil Production.net:
http://www.oilproduction.net/files/analisis_nodal_hirschfeldt.pdf
- López, J. (2002). *Manual Práctico del Automóvil (Motor de gasolina)*. Madrid: Madrid Cultural S.A.

Mecánica virtual. (24 de 03 de 2010).

<http://www.mecanicavirtual.com.ar/search/label/Carburador>. Obtenido de Mecánica Virtual:

<http://www.mecanicavirtual.com.ar/search/label/Carburador>

Mendiburu,H. (05 de 02 de 2013). *AUTOMATIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL*.

Obtenido de [http://www.liceus.com/cgi-](http://www.liceus.com/cgi-bin/ac/pu/AutomatizacionMedioambiental.pdf)

[bin/ac/pu/AutomatizacionMedioambiental.pdf](http://www.liceus.com/cgi-bin/ac/pu/AutomatizacionMedioambiental.pdf)

Rojas, L. (2007). *Mecánica automotriz* (Cuarta ed.). Madrid: INACAP.

Simioni,D. (05 de 02 de 2013). *Contaminación Atmosférica*. Obtenido de

http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/12530/lcg2201p_e.pdf

Tecnologías Automotrices Especializadas. (17 de 06 de 2014). *Gas natural*

vehicular. Obtenido de Tecnologías Automotrices Especializadas:

<https://german7644dotcom.wordpress.com/gas-natural-vehicular/>

ANEXOS

ANEXO 1

Manual del Usuario Dinamómetro LPS3000

En el siguiente disco se muestra el archivo en formato digital del manual de usuario del Dinamómetro LPS3000, en donde se puede encontrar toda la información respecto a la descripción, datos técnicos, usos, programas, indicaciones de seguridad, manejo, instalación, estructura del programa, y mediciones que caracteriza al equipo.

ANEXO 2

Manual de Usuario Analizador de Gases MGT5

En el siguiente disco se muestra el archivo en formato digital del manual de usuario del Analizador de Gases MGT5, en donde se puede encontrar toda la información respecto a la descripción, datos técnicos, seguridad, preparativos, diagnostico de vehículos, diagnostico de equipo, calibración, mantenimiento y solución de problemas que caracteriza al equipo.

ANEXO 3

Información recabada de las Pruebas realizadas

En el siguiente disco se muestra el archivo en formato digital de toda la información recabada de las pruebas en el dinamómetro a las que fue sometido el vehículo, en donde se puede observar cada 5 rpm la variación del torque, la potencia, la potencia de la rueda y la potencia de arrastre desde el inicio hasta el final de cada prueba.