



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ADAPTACIÓN Y ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO MECÁNICO E  
IMPACTO AMBIENTAL DE UN SISTEMA BI-FUEL EN UN  
VEHÍCULO VITARA DEL AÑO 2003.”**

**DUQUE SARANGO MARÍA JOSÉ**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2013**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**2012-06-20**

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**MARÍA JOSÉ DUQUE SARANGO**

---

Titulada:

**“ADAPTACIÓN Y ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO MECÁNICO E IMPACTO  
AMBIENTAL DE UN SISTEMA BI-FUEL EN UN VEHÍCULO VITARA DEL  
AÑO 2003.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Geovanny Novillo.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. David Bravo

DIRECTOR DE TESIS

---

ASESOR DE TESIS

Ing. Pablo Sinchiguano

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** DUQUE SARANGO MARÍA JOSÉ

**TÍTULO DE LA TESIS:** “ADAPTACIÓN Y ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO MECÁNICO E IMPACTO AMBIENTAL DE UN SISTEMA BI-FUEL EN UN VEHÍCULO VITARA DEL AÑO 2003.”

**Fecha de Examinación:** 2013-07-08

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. David Bravo (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Pablo Sinchiguano (ASESOR)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que se presenta, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de la autora. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**María José Duque Sarango**

## **DEDICATORIA**

Dedicado esta Tesis a mis padres José Vicente Duque y a María Esthela Sarango por ser ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor incondicional, porque “Quien siembra en el espíritu, planta un árbol a larga fecha”.

**María José Duque Sarango**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi director de tesis Ing. David Bravo y asesor Ing. Pablo Sinchiguano, por todo el apoyo y motivación que han inculcado en la terminación de esta Tesis y a mis profesores de toda la carrera que con todo el profesionalismo que les caracteriza, contribuyeron en el desarrollo de mi formación profesional.

A mis hermanas Paola por ser fuente de inspiración y perseverancia en lo que se ha propuesto y a Anabell que más que ser mi hermana, ha sido mi mejor amiga y compañera durante estos años que hemos vivido solas.

“La peor lucha es la que no se hace.”

**María José Duque Sarango**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación técnica.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivo específicos</i> .....	3
<b>2. FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	
2.1 El G.L.P. (Gas Licuado de Petróleo).....	5
2.2 Características del G.L.P.....	6
2.3 Sistemas Bi-fuel (gasolina-gas).....	8
2.3.1 <i>Línea de Alimentación del sistema convencional. (Funcionamiento)</i> .....	8
2.3.2 <i>Línea de Alimentación del sistema G.L.P. (Funcionamiento)</i> .....	9
2.3.3 <i>Conmutación entre los dos sistemas</i> .....	13
2.4 Componentes del sistema Bi-fuel.....	14
2.4.1 <i>Depósito para G.L.P.</i> .....	14
2.4.2 <i>La multiválvula</i> .....	19
2.4.3 <i>Contenedor hermético (partes)</i> .....	22
2.4.4 <i>Líneas de conducción de combustible</i> .....	23
2.4.6 <i>Electroválvula de la gasolina</i> .....	26
2.4.7 <i>Reductor –vaporizador G.L.P.</i> .....	27
2.4.8 <i>Mezcladores</i> .....	30
2.4.9 <i>Accesorios</i> .....	33
2.5 Elementos contaminantes.....	33
2.5.1 <i>Hidrocarburos no combustionados, HC</i> .....	33
2.5.2 <i>Óxidos de nitrógeno (NOX)</i> .....	33
2.5.3 <i>Óxido de carbono (CO)</i> .....	34

2.5.4	<i>Anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>).</i>	34
<b>3.</b>	<b>ADAPTACIÓN DEL SISTEMA BI-FUEL (GASOLINA- G.L.P.), A UN MOTOR ESTÁNDAR</b>	
3.1	Características del motor vitara estándar.....	35
3.2	Montaje e instalación de los componentes eléctricos y mecánicos.....	36
3.2.1	<i>Depósito de G.L.P.</i> .....	36
3.2.2	<i>Electroválvula de gasolina.</i> .....	39
3.2.3	<i>Electroválvula de G.L.P.</i> .....	39
3.2.4	<i>Reductor - vaporizador de G.L.P.</i> .....	39
3.2.5	<i>Mezclador.</i> .....	41
3.2.6	<i>Conmutador G.L.P.-gasolina.</i> .....	42
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MOTOR CON Y SIN EL SISTEMA BI-FUEL</b>	
4.1	Línea base del vehículo.....	44
4.1.1	<i>Banco de pruebas. Dinamómetro.</i> .....	44
4.1.2	<i>Proceso de ejecución de pruebas y dispositivos utilizados.</i> .....	46
4.2	Pruebas de rendimiento del vehículo.....	47
4.2.1	<i>Inspección y mantenimiento previo del vehículo a prueba.</i> .....	47
4.2.2	<i>Especificaciones técnicas del motor estándar.</i> .....	47
4.2.3	<i>Medición de la potencia del vehículo en el Banco dinamométrico.</i> .....	48
4.2.4	<i>Análisis y comparación de resultados.</i> .....	59
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DEL MOTOR CON LOS DOS SISTEMAS</b>	
5.1	Pruebas de emisiones de gases del vehículo.....	71
5.2	Resultados de pruebas de emisiones contaminantes del vehículo con el sistema G.L.P.....	74
5.3	Resultados pruebas de emisiones contaminantes sin el sistema G.L.P...	75
5.4	Análisis y comparación de resultados de emisiones.....	75
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>	



6.1	Procedimiento para la medición de consumo de combustible.....	81
6.1.1	<i>Determinación del consumo de combustible según la norma DIN 70 030.</i>	82
<b>7.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO</b>	
7.1	Costos de adaptación.....	86
7.1.1	<i>Costos de mano de obra.....</i>	86
7.1.2	<i>Costos de materiales.....</i>	87
7.1.3	<i>Costos de equipos.....</i>	87
7.1.4	<i>Costo directo.....</i>	87
7.2	Imprevistos.....	88
7.3	Costos de puesta en marcha.....	88
7.4	Costo total.....	89
<b>8.</b>	<b>CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD, USO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMAG.L.P.</b>	
8.1	Mantenimiento preventivo.....	90
8.1.2	<i>Mantenimiento del reductor vaporizador.....</i>	90
8.1.3	<i>Mantenimiento de la electroválvula G.L.P.....</i>	93
8.1.4	<i>Mantenimiento de la electroválvula de gasolina.....</i>	93
8.2	Mantenimiento predictivo.....	93
8.3	Mantenimiento correctivo.....	94
8.4	Comparación de costes de mantenimiento.....	96
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
9.1	Conclusiones.....	102
9.2	Recomendaciones.....	103

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **LINKOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Propiedades físicas y químicas del propano y butano..... 7
2	Características del motor Chevrolet- Vitara 2003..... 35
3	Especificaciones técnicas Chevrolet- Vitara 2003..... 48
4	Prueba 1. Condiciones iniciales..... 51
5	Prueba 1. Resultados de potencia y par motor..... 51
6	Prueba 2. Condiciones iniciales..... 52
7	Prueba 2. Resultados de potencia y par motor..... 53
8	Prueba 3. Condiciones iniciales..... 54
9	Prueba 3. Resultados..... 54
10	Prueba 1 con G.L.P. Condiciones iniciales..... 55
11	Prueba 1 con G.L.P. Resultados..... 55
12	Prueba 2 con G.L.P. Condiciones iniciales..... 56
13	Prueba 2 con G.L.P. Resultados..... 57
14	Prueba 3 con G.L.P. Condiciones iniciales..... 58
15	Prueba 3 con G.L.P. Resultados..... 58
16	Porcentaje de monóxido de carbono (CO)..... 71
17	Proporción de hidrocarburos (HC)..... 72
18	Proporción de oxígeno (O <sub>2</sub> ) ..... 72
19	Factor Lambda..... 72
20	Resultados de las pruebas dinámicas con el sistema G.L.P..... 73
21	Resultados de las pruebas dinámicas con el motor estándar..... 74
22	Límites máximos de emisiones permitidos para móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)..... 75
23	Límites máximos de emisiones para móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)* a partir del año modelo 2000..... 75

24	Comparación de emisiones de CO. (Prueba estática).....	76
25	Comparación de emisiones de HC. (Prueba estática).....	76
26	Comparación de emisiones. Pruebas dinámicas.....	76
27	Comparación de emisiones. Promedios. Pruebas dinámicas.....	77
28	Resultados de las pruebas de consumo con el motor estándar.....	83
29	Pruebas de consumo con el motor Bi-fuel.....	84
30	Costos de mano de obra.....	86
31	Costos de elementos mecánicos del sistema.....	86
32	Costos de equipos.....	87
33	Costos directos.....	87
34	Costos imprevistos.....	87
35	Costo de puesta en marcha.....	88
36	Costo total.....	88

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Sistema de inyección Mono-Motronic.....	8
2 Válvula de llenado de G.L.P.....	9
3 Depósito de G.L.P.....	10
4 Válvulas del depósito de G.L.P.....	10
5 Sistema de inyección de G.L.P.....	12
6 Flujograma de la línea de alimentación.....	13
7 Placa de identificación.....	16
8 Ejemplo de sujeción del depósito.....	17
9 Sección de la multiválvula.....	18
10 Detalle de la llave de cierre .....	19
11 Sección de la multiválvula tipo exportación.....	20
12 Contenedor hermético para la multiválvula.....	21
13 Respiraderos del contenedor multiválvula.....	22
14 Tuberías de la presión alta. ....	24
15 Electroválvula para G.L.P.....	24
16 Electroválvula de la gasolina. ....	25
17 Reductor- vaporizador en sección.....	26
18 Esquema de conexión del reductor-vaporizador con las tuberías del agua...	29
19 Montaje del mezclador. ....	30
20 Montaje de un mezclador para sistemas de inyección L-Jetronic y Motronic..	31
21 Montaje de un mezclador para sistemas de inyección Mono-Jetronic.....	31
22 Instalación del depósito de G.L.P.....	36
23 Instalación de las válvulas del depósito de G.L.P.....	37
24 Válvula de llenado de G.L.P. ....	38
25 Reductor - vaporizador de G.L.P.....	39

26	Instalación del Reductor - vaporizador de G.L.P.....	39
27	Mezclador. ....	41
28	Disposición del sistema de ventilación. ....	45
29	Pinzas trigger.. ....	46
30	Colocación del vehículo en el dinamómetro.. ....	48
31	Instalación de las pinzas trigger.. ....	48
32	Selección de medición en el dinamómetro. ....	48
33	Datos en pantalla del dinamómetro.....	49
34	Hardware del Banco dinamómetro. ....	49
35	Prueba 1. Diagrama de potencias y par motor (S.I.).....	51
36	Prueba 2. Diagrama de potencias y par motor (S.I.).....	52
37	Prueba 3. Diagrama de potencias y par motor (S.I.).....	53
38	Prueba 1 con G.L.P. Diagrama de potencias y par motor (S.I.).....	55
39	Prueba 2 con G.L.P. Diagrama de potencias.....	56
40	Prueba 3 con G.L.P. Diagrama de potencias. ....	57
41	Cilindrada unitaria. ....	59
42	Volumen de la cámara de combustión.....	61
43	Relación de carrera a diámetro en un motor. ....	62
44	Velocidad de los pistones en función de la carrera. ....	63
45	Comparación de las curvas del rendimiento del motor.....	69
46	Resultados de la prueba estática con el sistema G.L.P.....	72
47	Resultados de la prueba estática con el motor estándar.....	73
48	Promedios de CO. G.L.P. vs gasolina.. ....	76
49	Comparación de las curvas de emisiones de CO. ....	77
50	Promedios de CO <sub>2</sub> . G.L.P. vs gasolina.....	77
51	Comparación de las curvas de emisiones de CO <sub>2</sub> . ....	78
52	Promedios de HC. G.L.P. vs gasolina. ....	78

53	Comparación de las curvas de emisiones de HC. ....	79
54	Desmontaje de la plaquita de goma. ....	90
55	Desmontaje del balancín. ....	90
56	Colocación de la membrana. ....	91
57	Revisión de la plaquita de goma.. ....	91
58	Segunda revisión de la plaquita de goma 2. ....	92

## LISTA DE ABREVIACIONES

INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
NTE	Norma técnica ecuatoriana.
G.P.L.	Gas licuado de petróleo.
S.I.	Sistema Internacional.
M.A.P.	Sensor de presión de aire.

## SIMBOLOGÍA

Vu	Volumen o cilindrada unitaria.	$cm^3$
S	Superficie del pistón	$cm^2$
L	Carrera.	$cm$
D	Diámetro.	$cm$
Vt	Volumen o cilindrada total.	$cm^3$
N	Número de cilindros.	Adimensional
Rc	Relación de compresión.	Adimensional
Vc	Volumen de la cámara de combustión.	$cm^3$
Y	Relación carrera a diámetro.	Adimensional
Vm	Velocidad media del pistón.	$m/s$
Vr	Velocidad de rotación del pistón.	$m/s$
Pi	Potencia indicada.	$kW$
pi	Presión media indicada.	$\frac{Kg}{m\ s^2}$
n	Número de revoluciones.	Rpm
F	Fuerza sobre la cabeza del pistón.	$KN$
Pe	Potencia efectiva.	$Kw$
Md	Par motor.	$Nm$
PME	Presión media efectiva.	$bar$
Pa	Potencia absorbida.	$bar$



## LISTA DE ANEXOS

- A NTE INEN 2 310. Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con G.L.P., equipos para carburación dual G.L.P./gasolina o solo de G.L.P. en motores de combustión interna. Requisitos. 2000.
- B NTE INEN 2317. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con G.L.P. Centro de servicio especializado para conversión y mantenimiento de sistemas de carburación en motores con funcionamiento de gasolina, por dual G.L.P./gasolina o solo G.L.P. Requisitos. 2008.
- C NTE INEN 2 260. Instalaciones de Gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos. 2008.
- D NTE INEN 2 261. Tanques para gases a baja presión. Requisitos e Inspección. 2007.
- E NTE INEN 2 311. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con G.L.P. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación de gasolina por carburación dual G.L.P./gasolina o solo de G.L.P. Requisitos. 2008.
- F NTE INEN 2 204. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina. 1996.
- G NTE INEN 2 316. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con G.L.P. Estaciones de servicio para suministro de G.L.P. Requisitos. 2008.
- H Rotulado G.L.P.

## RESUMEN

La investigación de Adaptación y Análisis de un sistema Bi- Fuel fue analizar el rendimiento mecánico en cuando a Potencia indicada y efectiva se refiere y el impacto ambiental producido, haciendo uso de G.L.P. dentro de un motor Vitara del año 2003 y como consecuencia realizar una comparación con un motor estándar a gasolina y determinar las ventajas y desventajas que conlleva este tipo de Sistema.

Para la realización de este proyecto se hizo uso de un Banco Dinamométrico de Inercia y un analizador de emisiones, los dos equipos pertenecientes a CORPAIRE, los cuales proporcionaron la línea base para realizar los cálculos del rendimiento mecánico así como un cuadro comparativo de emisiones contaminantes.

Se realizó un estudio del ahorro económico en cuanto al consumo de combustible mediante el método del taque lleno con las consideraciones de la norma DIN 70 030. El proyecto muestra también el mantenimiento para el motor que haga uso de este tipo de sistemas Bi-fuel.

Se obtuvo que mediante el uso de G.L.P. en el motor, la pérdida de Potencia Indicada representa un 22,9 % mientras que para la Potencia Efectiva la pérdida representa un 31,1 % y respecto al análisis de gases producidos por la combustión es estado estático, se determinó que las emisiones obtenidas con el motor estándar (gasolina), sobrepasan el límite de emisiones permitido por la norma INENNTE 2 204, mientras que el motor con sistema Bi- Fuel tiene una aceptación del 75 % de sus emisiones dentro de lo que establece la norma antes mencionada.

## ABSTRACT

The investigation of Adaptation and Analysis of a Bi-Fuel System was to analyze the mechanic performance in terms of the Indicated and Effective Potential which refers to the produced environmental impact, making use of the G.L.P. inside a Vitara engine of the year 2003 and as consequence to make a comparison with a standard gasoline engine and determine the advantages and disadvantages that bears this kind of System.

For the making of this project it was used a Dynamometer Bank of Inertia and a emission analyzer, the two equipment belonging to CORPAIRE, which provide a base line to perform the mechanic performance calculus as well as a comparative chart of polluting emissions.

It was made a economic saving study in term of fuel consumption through the method of full tank. The project shows also a maintenance chart for the engine that makes us of this Bi-Fuel System.

It was obtained that through the use of G.L.P. in the engine, the Indicated Potential Loss represents a 22,9 % while the Effective Potential the loss represents a 31,1 % and respect to the produced gases analysis for de combustion in static state, it was determined that the Norm INENNTE 2 204, meanwhile the engine with the Bi-Fuel System has an acceptance of 75% of its emission within the norm established previously.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Dentro del desarrollo de nuevas tecnologías para el mejor desempeño automotriz, se encuentra el uso de combustibles alternos que se pueden emplear en diferentes tipos de vehículos, teniendo así entre los más comunes al Gas Licuado de Petróleo (G.L.P.).

El G.L.P. es un tipo de combustible que consiste en una mezcla entre propano y butano, los cuales se obtienen de la refinación del petróleo, siendo un subproducto de la destilación fraccionada catalítica.

En su mayoría se obtiene directamente de yacimientos de gas natural o petróleo, un 60% frente al 40% que procede de la destilación del petróleo en refinería. Al ser sometido a presión, este gas pasa de estado gaseoso a líquido, ocupando menos volumen. Además está exento de azufre y otras sustancias como metales.

El uso del G.L.P. en la Industria Automotriz, se observa de forma creciente siendo una alternativa efectiva para el consumidor y para la conservación del medio ambiente.

En Ecuador, el uso de G.L.P. en motores de combustión interna está regido bajo la norma INEN NTE 2 310: 2000., estableciendo que no es aplicable su adaptación para vehículos con motores Diésel y para motores estacionarios, comprobando así que el uso de este tipo de sistemas Bi-fuel si está permitido dentro del país.

Las disposiciones establecidas en esta norma están referidas a las partes componentes del sistema y al sistema en conjunto desde la boquilla remota de llenado, hasta el múltiple de admisión de combustible.[1]

La situación actual del Ecuador con respecto al uso de este tipo de combustible es compleja; ya que el G.L.P. es subsidiado solamente para el consumo doméstico y mas no para el uso en vehículos, en consecuencia se debería usar G.L.P. industrial y en efecto se incrementaría el coste económico en cuanto a carga de combustible.

En referencia a otros países como España, la demanda de vehículos con G.L.P. está aumentando de forma importante.

No sustituye a los autos con gasolina pero sí es una alternativa rentable para los usuarios que recorren un mínimo de kilómetros anuales.

Cada vez son más los fabricantes que incluyen en sus gamas vehículos Bi-fuel, es decir, con motores de gasolina preparados para utilizar G.L.P. Hay 15 fabricantes que ofrecen modelos con G.L.P. de fábrica entre ellos encontramos a Alfa Romeo, Audi, Citroën, Chevrolet, Fiat, Dacia, Opel, Peugeot, Renault, Seat, Skoda, Volkswagen, etc. Suelen ser versiones con potencias no muy altas (la mayoría entre 70 y 100 CV) y tienen un sobrecoste entre 1.500 y 2.000 euros aproximadamente sobre la versión de gasolina equivalente.

El estudio del efecto que produce usar este tipo de combustible en un motor es necesario; ya que toma gran importancia en la aplicación de combustibles alternos, generando ciertas ventajas y desventajas en el rendimiento del motor. Por otra parte, el conocer de manera técnica, los valores numéricos y proporcionales de las variaciones en cuanto a potencia y emisiones que esto implica.

La misión de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es formar profesionales competitivos, emprendedores, conscientes de su identidad nacional, justicia social, democracia y preservación del ambiente, a través de la generación, transmisión, adaptación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico para contribuir al desarrollo sustentable de nuestro país.

La aplicabilidad de este tipo de sistemas está regida bajo el margen de lo especificado en la norma INEN NTE 2 317: 2008. Donde se especifica que por defecto las instalaciones deben tener un adecuado acondicionamiento, mismo que se describirá en el desarrollo de este proyecto. (Ver Anexo B)

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir ciertos centros de servicio dedicados a realizar la conversión del sistema de carburación de motores de gasolina por motores duales G.L.P./ gasolina o solo G.L.P. destinados a impulsión vehicular. **[2]**

Por este motivo se ha considerado este tema, ya que en un futuro no muy lejano, será una buena alternativa el uso de combustibles alternos (G.L.P., Biocombustibles, Alcohol, Hidrógeno, Agua, entre otros), mediante estudios científicos investigativos sobre el rendimiento mecánico del motor, además del grado de contaminación ambiental y la disminución de costes en combustible, para hacer conocer de manera concreta los beneficios que se pueden obtener de estos sistemas, poniendo en práctica todas las herramientas dotadas por la Escuela de Ingeniería Automotriz y el conocimiento adquirido en el transcurso de mi formación académica.

## **1.2 Justificación**

En una sociedad en pleno desarrollo, un objetivo básico, es mejorar la calidad urbana, siendo necesario impulsar proyectos encaminados a conseguir sistemas de transporte de mayor calidad, accesible económicamente y sobretodo, respetuoso con el medio ambiente.

En la actualidad, existen personas que optan por acondicionar sus vehículos con sistemas de combustibles alternativos con finalidades económicas; sin embargo, no se toman en cuenta otros factores como la reducción de emisiones contaminantes al ambiente y de cifras reales sobre el desarrollo y desempeño del motor de su vehículo.

El desarrollo de este proyecto, permitirá demostrar de manera práctica e investigativa, la variación del rendimiento del motor adquirido con la adaptación del sistema Bi-Fuel.

Es necesidad del Ingeniero Automotriz hacer uso todas las herramientas tanto manuales como computacionales, para dar solución a problemas como en este caso el rendimiento mecánico y ambientalista presente en los vehículos, aportar en la mejora de las prestaciones de los vehículos, y contribuir al desarrollo de la sociedad; siempre conservando el criterio serio, tecnificado, perfeccionista y ambientalista que caracteriza en sí a un Ingeniero Automotriz de la ESPOCH.

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Adaptar y analizar el rendimiento mecánico e impacto ambiental de un Sistema Bi-Fuel en un vehículo Vitara del año 2003.

**1.3.2** *Objetivos específicos*

Conocer las propiedades y principios fundamentales sobre los sistemas Bi-fuel y su influencia sobre el motor de los vehículos.

Adaptar un Sistema Bi-fuel (Gasolina- G.L.P.), en base a los conocimientos adquiridos, a un motor estándar mediante la correcta elección de los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para su adecuado funcionamiento.

Realizar pruebas de rendimiento del vehículo en un dinamómetro inercial para obtener datos reales comparativos entre los sistemas de combustión convencionales a gasolina y los Sistemas Bi-Fuel.

Realizar pruebas y comparar los resultados de emisiones contaminantes con la ayuda de laboratorios especializados entre los Sistemas de combustión convencionales a gasolina y los Sistemas Bi-Fuel.

Generar una comparación de costes de consumo de combustible entre los Sistemas Bi- Fuel y el Sistema estándar de gasolina.

Efectuar una comparación de costes de mantenimiento del vehículo y el consumo de combustible entre los Sistemas Bi- Fuel y el Sistema estándar de Gasolina.

Establecer las condiciones de seguridad, mantenimiento y reparación del Sistema Bi-fuel.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1 EIG.L.P. (Gas Licuado de Petróleo)

El G.L.P. (gas licuado de petróleo) es una mezcla de hidrocarburos derivados del Petróleo, los cuales son gaseosos a la temperatura y presión ambientales normales, se obtiene durante el proceso de refinación de otro derivado denominado gasolina.[3]

Es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. Los componentes del G.L.P., aunque a temperaturas y presiones ambientales son gases, son fáciles de licuar, de ahí su nombre. En la práctica, se puede decir que los G.L.P.'s son una mezcla de propano y butano.

Es utilizado especialmente como combustible doméstico para la cocción de alimentos y calentamiento de agua. También puede usarse como combustible en hornos, secadores y calderas de diferentes tipos de industrias, en motores de combustión interna y en turbinas de gas para generación de energía eléctrica.

Se aplican los estándares establecidos para el diseño de todas las instalaciones para su uso y manejo tales como tanques de almacenamiento, tuberías y llenaderos. Es importante tener en cuenta que el G.L.P. genera vapores desde una temperatura de -42 °C, los cuales al mezclarse con el aire en proporciones entre 1.9 y 9.5% en volumen, forman mezclas inflamables y explosiva; y, como tiene una densidad aproximadamente de 1.8 veces mayor que la del aire, un escape puede ser muy peligroso debido a que sus vapores tienden a concentrarse en las zonas bajas y donde hay mayor riesgo de encontrar puntos de ignición tales como interruptores eléctricos, pilotos de estufas de gas, tomas de corriente eléctrica, lámparas y puntos calientes.

Al evaporarse, el G.L.P. ocupa en forma gaseosa un volumen aproximado de 250 veces su volumen en forma líquida.

Para el diseño de las instalaciones para el transporte y manejo de gas deben aplicarse las normas API, en el caso de Ecuador la norma INEN NTE 2 260: 2008 y las reglamentaciones expedidas por los ministerios de Minas y Energía y del Medio Ambiente y demás autoridades competentes. Merecen especial y fuerte vigilancia las válvulas, conexiones y accesorios de tanques, cisternas y cilindros que se utilicen para almacenar este producto, debido a que son los puntos de mayor riesgo de escape. Así mismo, el sitio donde se ubiquen los recipientes y las instalaciones que conduzcan



este producto, deben tener suficiente ventilación para evitar concentración de vapores explosivos en caso de algún escape. (Ver Anexo C)

## 2.2 Características del G.L.P.

*Se produce en estado de vapor; pero se licúa con cierta facilidad, mediante compresión y enfriamiento.*

- *No tiene color; es transparente como el agua en su estado líquido.*
- *No tiene olor; cuando se produce y licúa, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante para detectarlo cuando se fugue, llamada etil mercaptano.*
- *No es tóxico; solo desplaza el oxígeno, por lo que no es propio para respirarlo mucho tiempo.*
- *Es muy inflamable; cuando se escapa y se vaporiza se enciende violentamente con la menor llama o chispa.*
- *Excesivamente frío; pasa rápidamente del estado líquido a vapor, por lo cual, al contacto con la piel producirá siempre quemaduras de la misma manera como producto del fuego.*
- *Es limpio; cuando se quema debidamente combinado con el aire, no forma hollín, ni deja mal sabor en los alimentos preparados con él.*
- *Es económico; por su rendimiento en comparación con otros combustibles.*
- *Es más pesado que el aire, por lo que al escaparse el gas, tenderá a ocupar las partes más bajas, como el piso, fosas y pozos que haya en el área.[4]*

Aunque en teoría el punto de ebullición de la gasolina es superior a la temperatura ambiental, también ésta se evapora, por lo que en los vehículos modernos se halla contenida en depósitos presurizados.

Según la Tabla 1, se observa que el punto de ebullición de la gasolina y del gasóleo es superior a la temperatura ambiental, mientras que el G.L.P. hierve a temperaturas inferiores. Esto significa que la gasolina y el gasóleo se pueden conservar en estado líquido en depósitos con presión atmosférica, mientras que respecto al G.L.P., es preciso someterlo a cierta presión.

Sondeando los valores del número de octano research (R.O.N.) y el motor (M.O.N.), se evidencia que el G.L.P. tiene un poder antidetonante mucho más alto que la gasolina súper.

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del propano y butano

Característica	Propano	Butano	Gasolina	Gasóleo
Densidad a 15° C (kg/l)	0.508	0.584	0.73 - 0,78	0,81 – 0,85
Tensión de vapor a 37.8° C (bar).	12.1	2.6	0,5 – 0,9	0,003
Temperatura de ebullición (°C).	43	-0.5	30 – 225	150 – 560
R.O.N.	111	103	96 - 98	-
M.O.N.	97	89	85 – 87	-
Poder calorífico inferior (Mj/Kg)	46.1	45.46	44,03	42,4
Poder calorífico inferior (Mj/l)	23.4	26.5	32,3	35,6
Relación estequiométrica (Kg/Kg)	15.8	15.6	14,7	-
Poder calorífico MIX.S. (kg/mc)	3414	3446	3482	-

**Fuente:** (Tomado del Manual de servicio para el instalador de gas, REGO, EngineerControls International, Inc.)

El poder calorífico del G.L.P. es superior al de la gasolina y al del gasóleo.

El consumo de gasolina y gasóleo de los vehículos es menor respecto al G.L.P. si consideramos Kg/masa del carburante, pero si comparamos el consumo respecto al volumen es todo lo contrario, debido a su diferente peso específico.

Se define como “coeficiente de equivalencia teórica” el volumen de combustible que contiene una cantidad de energía igual al poder calorífico inferior de la gasolina.

Como el G.L.P. se halla en estado gaseoso, éste se mezcla con el aire mucho más homogénea e uniformemente que la gasolina, la cual permanece de todos modos en forma de gotitas.

Por tanto el sistema de inyección puede aspirar más fácilmente la mezcla producida por el gas, lo que hace el motor trabajar mucho mejor.

En cuanto a emisiones, residuos de combustión de los motores a G.L.P. no llevan componentes venenosos como los hidrocarburos aromáticos, el bencol, los benzopirenos y los otros P.N.A (polímeros aromáticos) que contiene la gasolina sin plomo y que son peligrosos agentes cancerígenos.

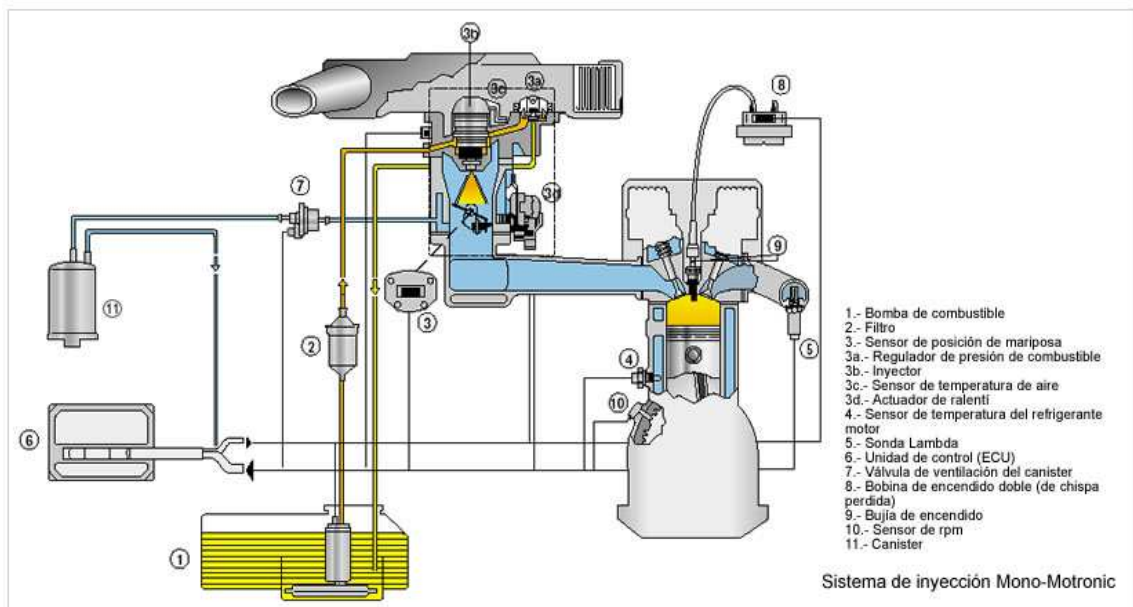
El G.L.P. es un combustible que posee elevadas propiedades antidetonantes, mantiene una potencia similar a la de los motores alimentados con gasolina, su rendimiento por lo que se refiere al consumo es mejor y los gases de escape son más limpios que los demás combustibles.

## 2.3 Sistemas Bi-fuel (gasolina-gas)

**2.3.1 Línea de Alimentación del sistema convencional. (Funcionamiento).** El sistema de alimentación del combustible de un motor de combustión interna a gasolina, inicia desde el reposo de la gasolina dentro del tanque de combustible que se encarga de almacenarlo para su uso posterior, en dicho tanque se encuentra una unidad que informa al instrumento de medición la cantidad de gasolina que se encuentra en el depósito. El dato se puede leer en el tablero de instrumentos del vehículo.

La bomba de combustible se puede encontrar instalada dentro del tanque de combustible así como puede estar en el recorrido de la vía de combustible en los autos de modelos anteriores.

Figura1. Sistema de Inyección Mono-Motronic



Fuente: <http://www.mecanicavirtual.com.ar/2010/03/carburadores-vs-inyeccion.html>

Independientemente de la ubicación de la bomba, ya sea en el tanque de combustible o en la carrocería a mitad del camino, ésta funciona usando electricidad de la batería del vehículo. Pero si la bomba se encuentra cerca del motor, se aprovecha el movimiento del mismo para bombear el combustible y lo consiguen mediante un acople mecánico.

Antes de ingresar el combustible hacia el motor, éste debe pasar por uno o varios filtros porque es indispensable tener un combustible limpio para la vida útil y el rendimiento del motor a combustión y evitar cualquier obturación en los inyectores.

El siguiente paso del combustible es hacia los inyectores los mismos que funcionan mediante pequeñas señales eléctricas, inyectando combustible cerca de la cabeza del cilindro para mezclarse con el aire de la admisión, atomizando el combustible en diminutas partículas de tal modo que se pueda quemar mejor cuando la ignición ocurre por la chispa de la bujía en cada cilindro del motor en el tiempo de la explosión.

Una vez ocurrida la combustión, se produce una reacción química que es aprovechada por el conjunto biela manivela para ser transmitido como movimiento hacia las ruedas, mientras que el producto de la combustión es expulsado hacia el exterior a manera de gases quemados.

**2.3.2 Línea de Alimentación del sistema G.L.P. (Funcionamiento).** El gas licuado de petróleo, se encuentra almacenado en un depósito, el cual contiene una válvula de transvase para que mediante un proceso se pueda cargar.

Figura 2. Válvula de llenado de G.L.P.



Fuente: Autora

El proceso de carga se realiza invirtiendo la posición del depósito o tanque de gas y conectándolo al depósito de gas del vehículo mediante una válvula de llenado, a continuación se abre la válvula de escape del depósito del vehículo para que se pueda desfogar la presión contenida, seguido de ello se abre la válvula de llenado del depósito para comience a circular el líquido desde el tanque hasta el depósito del vehículo, tomando en cuenta que debe sentirse en las tuberías que hay un flujo del líquido.

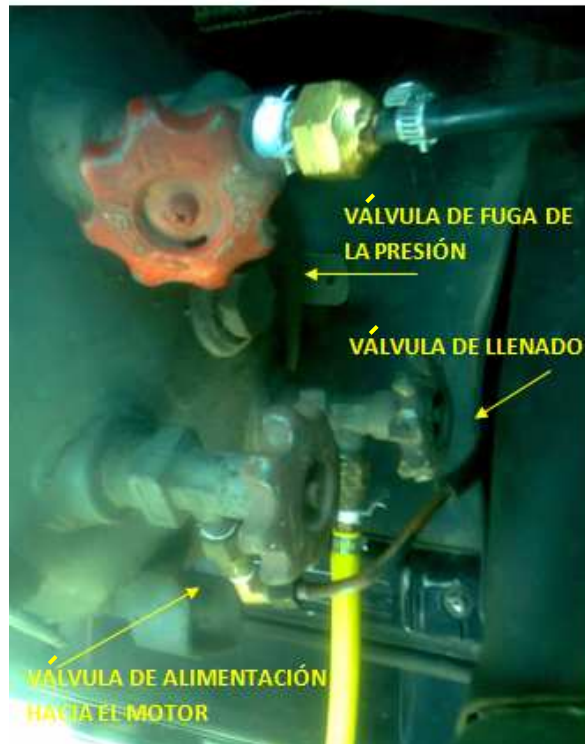
Una vez llenado el depósito se cierran las válvulas de llenado para obtener una hermeticidad completa y evitar cualquier tipo de fuga, el único paso que debe quedar abierto es el del paso del G.L.P. hacia el motor.

Figura 3. Depósito de G.L.P.



Fuente: Autora

Figura 4. Válvulas del depósito de G.L.P.



Fuente: Autora

La apertura de la válvula de servicio o de alimentación al motor es controlada mediante el conmutador que selecciona el combustible. Dicha válvula se cierra

automáticamente cuando el motor no gire (cualquiera que sea la posición del interruptor de encendido), permaneciendo cerrada mientras el motor siga sin girar.

Por medio de la tubería de gas se transporta el G.L.P. hasta el reductor de presión, el mismo que se encarga de reducir la presión hasta 90 kPa para que pueda ingresar al motor.

El calor necesario para la gasificación del G.L.P. en estado líquido se consigue haciendo circular el agua del circuito de refrigeración del motor a través de una cámara diseñada a tal efecto en el reductor-vaporizador.

Fijada al reductor de presión directamente se instala una electroválvula de corte de gas, accionada a distancia. Siendo su funcionamiento, de tal forma que la alimentación de G.L.P. al motor se corta:

- Cuando el encendido se interrumpe.
- Cuando el motor detiene la marcha.
- Cuando se selecciona el sistema de alimentación por otro combustible (gasolina).
- Cuando disminuye la presión del gas.

La centralita o unidad de mando electrónica AEB tiene la misión de mantener la relación estequiométrica aire / gas constante durante el funcionamiento del motor alimentado por el G.L.P.

Una vez calculado el tiempo de inyección, la centralita envía una señal eléctrica de una duración determinada (milisegundos) a los inyectores para que estos dejen pasar el gas al motor.

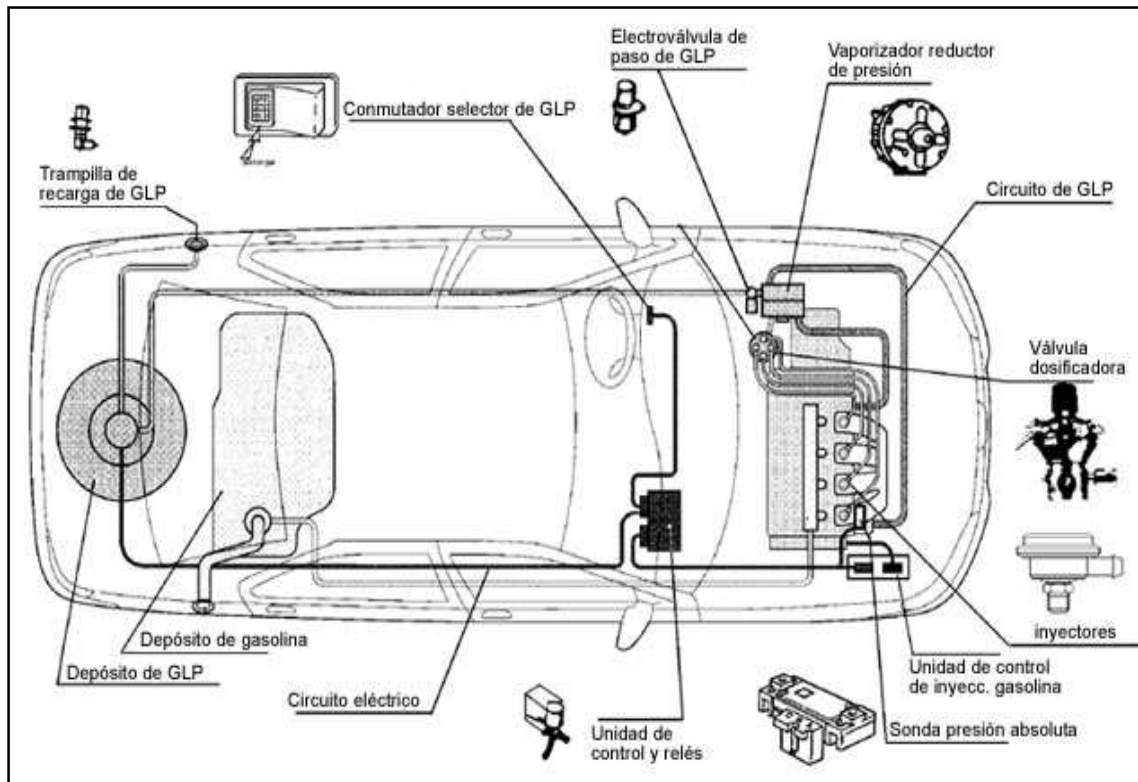
Para efectuar sus cálculos de duración de la inyección de gas, la centralita recibe las señales provenientes de:

- La unidad de mando electrónica original del motor para funcionamiento en modo gasolina.
- Los inyectores originales del motor para funcionamiento con gasolina.
- Presión en el reductor de presión de gas.
- Sensor de presión absoluto existente en el colector de admisión (MAP).
- Sensor de temperatura de G.L.P. (ubicado en el Distribuidor).
- La sonda o sondas lambda instaladas de fábrica en el sistema de escape de vehículo.

De acuerdo con estos parámetros la centralita electrónica envía una señal de regulación del paso de gas hacia el motor a los inyectores.

Por otro lado, el tipo de combustible a utilizar, gasolina o G.L.P.; pueden ser usados indistintamente simplemente accionando un pulsador que hay en el interior del vehículo, sin necesidad de que este se encuentre detenido y sin que se note ninguna alteración en la conducción del vehículo.

Figura 5. Sistema de Inyección de G.L.P.



Fuente: <http://motowebcr.com/gaslp/diagramajch.html>

Para que se pueda realizar la combustión, el ingreso de aire se da por el mismo sistema de admisión que en el sistema de gasolina, el mismo que debe pasar por el mezclador, que se encarga de hacer la mezcla entre el gas y el aire antes de ser ingresados a la cámara de combustión.

Una vez quemada la mezcla, se aprovecha el fenómeno químico para que mediante el juego biela-manivela se transforme en movimiento y pase a las ruedas haciendo mover al vehículo.

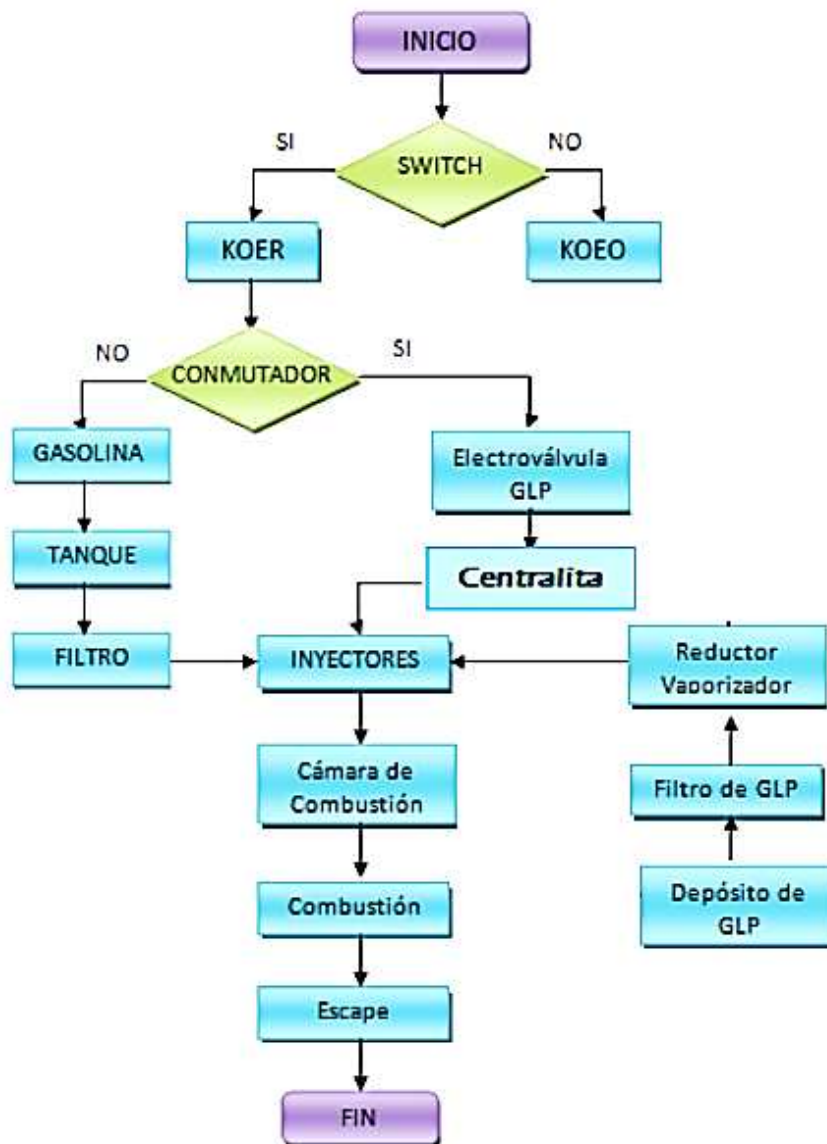
Así mismo, el residuo de la combustión, es expulsado por el tubo de escape en forma de gases quemados.

**2.3.3 Conmutación entre los dos sistemas.** Cuando el vehículo funciona con gasolina no tiene ninguna limitación, sin embargo la instalación del sistema Bi-fuel funciona en condiciones óptimas bajo ciertos parámetros.

La activación o desactivación del sistema está basado principalmente por los siguientes factores, y dependiendo de las condiciones ambientales y viales:

- Densidad del aire: 0,89 Kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura del aire: 38-45<sup>0</sup>C
- Presión atmosférica: 760mmHg
- Condiciones viales: vías planas y de preferencia en buen estado.

Figura 6. Flujograma de la Línea de Alimentación



Fuente: Autora



## 2.4 Componentes del sistema Bi-fuel

**2.4.1 Depósito para G.L.P.** Recipiente para almacenamiento de combustible (G.L.P. o gasolina), instalado de manera permanente en el vehículo y que puede ser llenado de acuerdo con la necesidad del usuario en estaciones de servicio. [5]

El Tanque para almacenamiento de combustible en los vehículos que emplean G.L.P. como combustible automotor debe ser diseñado de acuerdo con el código ASME para tanques horizontales, sección VII, divisiones 1 o 2 y la NTEINEN 2 261. (Ver Anexo D). Además debe cumplir con:

*Protección contra la corrosión.* Los tanques en acero deben protegerse contra la corrosión, luego de limpiarse hasta grado Sa 2 ½ según la norma ISO 8501-1, por medio del uso de anticorrosivos, pinturas especiales y recubrimientos.

*Soldadura.* La soldadura para la fabricación del tanque debe tener una penetración completa y estar libre de escorias, salpicaduras de soldadura, protuberancias o curvaturas. Los defectos tales como grietas, poros, fusión incompleta y defectos detectados en el ensayo hidrostático o en la inspección radiográfica de las soldaduras deben ser removidos por medios mecánicos después de lo cual la unión debe ser soldada nuevamente. Las reparaciones o alteraciones que se realicen al tanque de almacenamiento deben conducirse de acuerdo con los requisitos establecidos en el código con el cual fueron fabricados. Las soldaduras a realizar en los talleres de instalación calificados se limitarán a las que se realicen en los elementos de sujeción y las partes no sujetas a presión

*Accesorios del tanque.* Los tanques deben tener una multiválvula instalada la misma que debe contar con los siguientes elementos:

- Válvula de llenado
- Válvula de alivio.
- Válvula de máximo nivel de llenado.
- Válvula de servicio.
- Indicador de nivel de líquido.
- Guarda de protección de la multiválvula y los accesorios.

*Presión de diseño.* Todos los tanques construidos para ser utilizados en vehículos que transporten pasajeros o aquellos en donde el tanque se encuentre en sitios encerrados o confinados deben ser calculados con una presión mínima de diseño de 2,1 MPa, considerando una temperatura mínima de 50°C.

*Espesor mínimo de pared.* El espesor mínimo de los materiales empleados en la construcción del tanque debe estar de acuerdo con lo especificado en el código ASME, sección VIII divisiones 1 o 2.

*Capacidad de almacenamiento.* Los tanques para G.L.P. usados en vehículos que transporten pasajeros no deben exceder de 0,5 de capacidad agregada.

*Válvula de alivio.* La multiválvula debe contar con una válvula de alivio de presión con resorte interno. Su capacidad mínima de descarga debe ser a 2.1 MPa. No se permite la instalación de tapones fusibles como reemplazo o complemento de la válvula de seguridad.

*Placa de identificación.* Los tanques deben ser rotulados con una placa de acero inoxidable adherida al recipiente en forma permanente y de tal manera que sea completamente legible aún después de ser instalado. Ni la placa, ni los elementos empleados para hacer la fijación de la misma al tanque deben contribuir a la corrosión del mismo. La información contenida en la placa de identificación debe estar en español o en inglés y de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- Servicio para el cual fue diseñado.
- Nombre y dirección del fabricante.
- Capacidad del tanque en litros de agua.
- Presión de diseño en MPa.
- Temperatura de diseño en °C.
- Área superficial externa en  $m^2$  y entre paréntesis su equivalente en  $pies^2$ .
- Año de fabricación.
- Espesor de la lámina:

Cuerpo \_\_\_\_\_ Cabeza \_\_\_\_\_  
LT \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ DCE \_\_\_\_\_

Donde:

LT: longitud total.

DE: diámetro exterior.

DC: diámetro cabeza.

- Material del cuerpo y de las cabezas.
- Número de serie asignado por el fabricante.
- Fecha en que se realizó la última prueba hidrostática (año, mes).

- Valor de la presión con que se realizó la prueba hidrostática.
- Peso neto del tanque.

Figura 7. Placa de Identificación

PLACA DE IDENTIFICACIÓN- SISTEMA G.L.P.	
<b>Servicio para el cual fue diseñado:</b> _____	
<b>Nombre y dirección del fabricante:</b> _____	
<b>Capacidad del tanque en litros de agua</b>	
<b>Presión de diseño en MPa</b>	
<b>Temperatura de diseño en °C</b>	
<b>Área superficial externa en m<sup>2</sup> y entre paréntesis su equivalente en pies<sup>2</sup></b>	
<b>Año de fabricación</b>	
<b>Material del cuerpo y de las cabezas</b>	
<b>Número de serie asignado por el fabricante</b>	
<b>Fecha en que se realizó la última prueba hidrostática (año, mes)</b>	
<b>Valor de la presión con que se realizó la prueba hidrostática</b>	
<b>Peso neto del tanque.</b>	
<b>Espesor de la lámina:</b> <b>Cuerpo</b> _____ <b>Cabeza</b> _____ <b>LT</b> _____ <b>DE</b> _____ <b>DCE</b> _____	<b>Dónde:</b> LT: longitud total. DE: diámetro exterior. DC: diámetro cabeza

Fuente: Autora

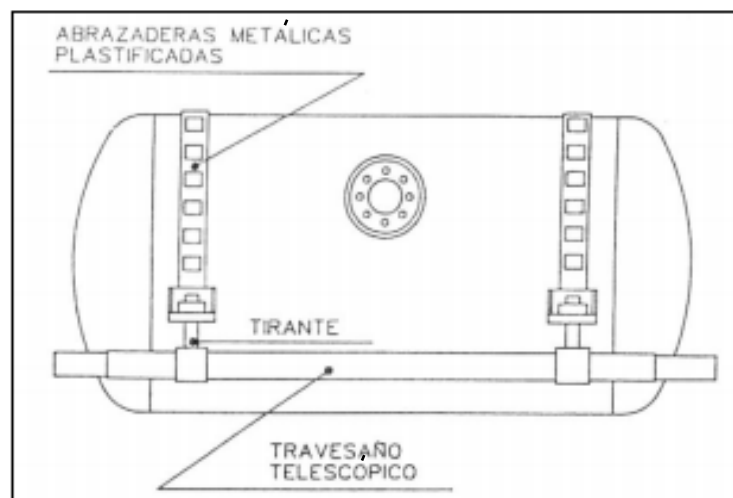
Los tanques para almacenar y transportar G.L.P., que se fabriquen, modifiquen o se reparen, deben ser diseñados, construidos y ensayados, de acuerdo con lo establecido en la norma NTEINEN 2 261. (Ver Anexo D).

Para su adaptación, dos abrazaderas deben estar fijadas rígidamente en la parte posterior y además protegidas con material aislante.

Es preciso que dichas abrazaderas estén en tensión para garantizar la completa inmovilidad del depósito, firmemente unido a las mismas y fijado al travesaño.

Los depósitos llevan una brida estándar dondese coloca una multiválvula que se utiliza para llenar y extraer el G.L.P. del depósito, bloquea además la reposición cuando se alcanza el 80% de la capacidad efectiva del depósito, interrumpe la salida en el caso de una rotura accidental de la tubería que va hasta el motor. Permite visualizar el porcentaje de G.L.P. líquido que queda en el depósito mediante un indicador de nivel con un cuadrante.

Figura 8. Ejemplo de sujeción del depósito



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

Para que la multiválvula funcione correctamente hace falta que el diámetro y la inclinación del depósito se conjugue perfectamente con los de la misma. El técnico debe por fuerza controlar en el primer llenado que la válvula funcione correctamente, en especial por lo que se refiere al nivel de la reposición.

Los tanques de combustible, deben ser instalados de manera permanente en el vehículo para el caso del G.L.P., en conformidad con lo indicado en la norma NTE INEN 2 311: 2008, y puede ser llenado de acuerdo con la necesidad del usuario en estaciones de servicio. (Ver Anexo E).

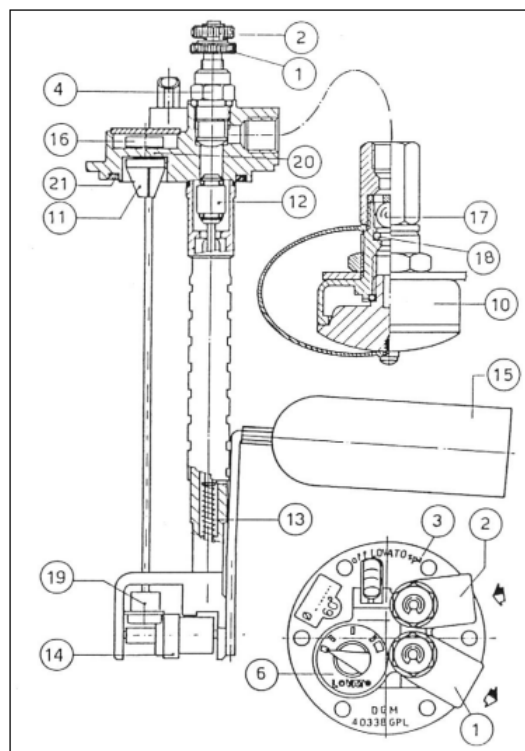
*Boquilla remota de llenado.* Dispositivo que se instala de manera permanente al tanque del vehículo con el fin de facilitar su llenado en los casos en que la instalación del recipiente de almacenamiento dificulta la conexión del dispositivo de llenado. [6]

**2.4.2 La multiválvula.** Dispositivo que por medio de una señal eléctrica permite activar o suspender el paso de un fluido de acuerdo con las necesidades del usuario.  
[7]

Se monta en el depósito y contiene en un solo cuerpo los dispositivos para el llenado y la extracción del carburante y el indicador de nivel.

Se construye en las versiones para el montaje a 60 grados y a 90 grados respecto al plano vertical, son de diferentes tamaños, apropiados para las dimensiones de los depósitos disponibles en el mercado.

Figura 9. Sección de la multiválvula



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

### **Componentes de la Multiválvula**

1) Cristal. 2) Grifo. 3) Aguja del Cuadrante. 4) Cuadrante. 5) Indicador de llenado. 6) Respiradero. 7) Varilla porta magneto. 8) Válvula. 9) Muelle de válvula. 10) Conducto inferior. 11) Flotador. 12) Guarnición del conducto. 13) Acople del respiradero. 14) Acople del respiradero. 15) Tubo de aspiración sumergido. 16) Cuerpo. 17) Tornillo fileteado.

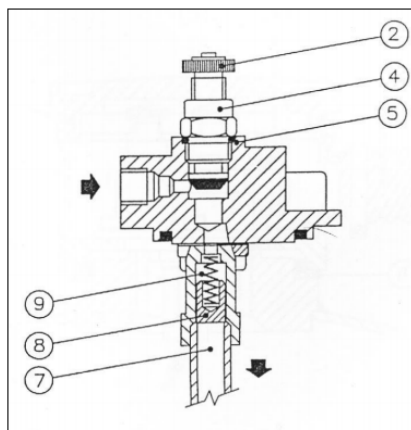
### **Partes de la multiválvula tipo exportación**

1). Llave de cierre manual de la boca de llenado. 2). Válvula de cierre del llenado. 4). Parte del tubo aspirador sumergido. 6). Cuadrante graduado. 7). Tubo aspirador sumergido. 8). Válvula. 9). Muelle de retorno. 10). Respiradores. 11). Imán permanente. 12). Válvula de retorno. 13). Muelle de llenado. 14). Piñón. 15). Flotador. 16). Aguja. 17). Acople del respiradero. 18). Acople del respiradero. 19). Engranaje. 20). Diafragma. 21). Guarnición de goma.

En el cuerpo de multiválvula se hallan el cuadrante graduado (6) y aguja (16), que se ven por un cristalito transparente. La sede del imán permanente (11) en el cuerpo de la multiválvula se halla separada del alojamiento del cuadrante por un diafragma metálico (20) que forma parte integrante del cuerpo principal.

Durante la reposición de carburante, el flotador (15), empujado por el líquido se mueve hacia arriba, haciendo girar así mediante el piñón (14) acoplado al engranaje (19) el imán permanente (11) en distintas posiciones conforme a la cantidad de líquido que hay en el depósito. El movimiento del imán (11) se transmite a la aguja (16), debido a la propiedad de atracción de los imanes, excluyéndose así pues en el modo más absoluto la posibilidad de pérdidas de gas.

Figura 10. Detalle de la llave de cierre de la multiválvula



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

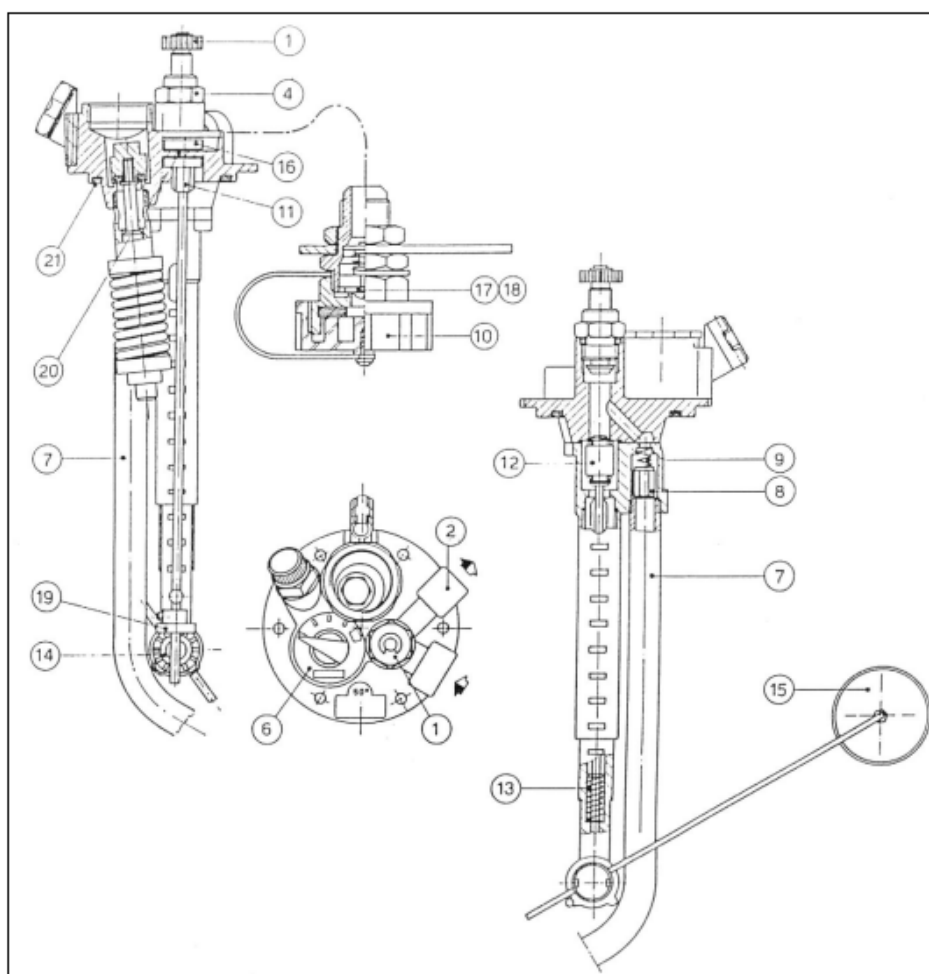
En la Figura 10. Se indican:

La llave de cierre (2) del conducto de extracción.

Parte del tubo aspirador sumergido.(4)

La válvula de retención contra el exceso de caudal (8).

Figura11. Sección de la multiválvula tipo exportación



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

### **Componentes de la llave de cierre de la multiválvula**

1). Llave de cierre. 4). Parte del tubo aspirador sumergido. 5). Cuerpo. 7). Tubo aspirador sumergido. 8). Válvula. 9). Muelle de la válvula.

El líquido que sale del tubo aspirador sumergido (7) ejerce una presión contra la valvulita (8) que viene accionada por el muelle regulado (9). Cuando el empuje sobrepasa la carga ejercida en sentido opuesto por el muelle de retorno (9), la válvula (8) se apoya sobre su asiento haciendo de esta manera que el caudal se pare inmediatamente.

Esto sucede solo en el caso se haya roto el tubo de cobre ya que el muelle (9) está ajustado para un flujo de cierre de unos 6 litros al minuto. La multiválvula se fija a la virola del depósito con los tornillos que la acompañan y la estanqueidad entre el depósito y el cuerpo de la multiválvula está garantizada por una guarnición de goma (21).

Durante el montaje está totalmente prohibido obstaculizar el funcionamiento de la varilla del flotador, ya que se puede perjudicar su movimiento limitando de esta manera el trabajo de la válvula de retención del llenado una vez que ha alcanzado el 80%, es decir, el volumen máximo consentido.

La multiválvula está cerrada en un contenedor hermético que la aísla del hueco donde está ubicada en el depósito.

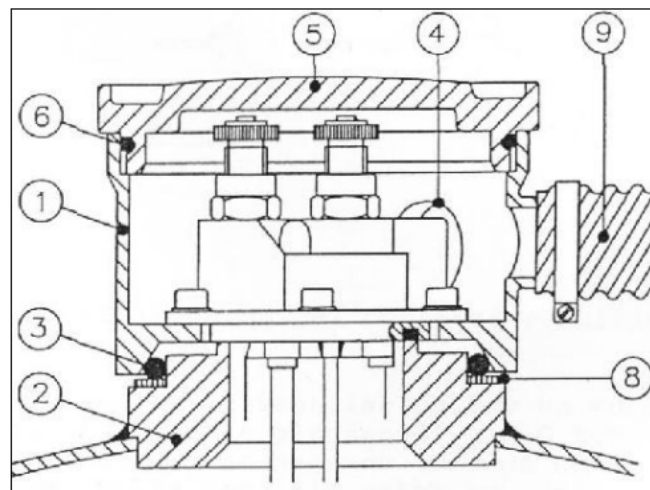
### 2.4.3 Contenedor hermético (partes)

1). Cuerpo del contenedor. 2). Brida del depósito. 3). Guarnición. 4). Conductos. 5). Tapa. 6). Junta tórica. 8). Espaciadores. 9). Tubos de ventilación interior.

El contenedor está sujeto a la brida del depósito mediante el cuerpo de la multiválvula que lo bloquea, asegurando de esta forma y mediante una guarnición (3) la estanqueidad entre el cuerpo del contenedor y la brida del depósito. Si hay holgura entre dicho cuerpo y la guarnición, es preciso poner espaciadores bajo ésta (8), a fin de lograr un sellado perfecto.

Para abrir la tapa (5) girarla en sentido antihorario por  $\frac{1}{4}$  de vuelta. La estanqueidad entre el cuerpo del contenedor (1) y la tapa viene asegurada empleando una segunda junta (6). En el cuerpo del contenedor hay dos conductos (4) en los que se meten los tubos (9) para su ventilación interior (Figura12).

Figura 12. Contenedor hermético para la multiválvula



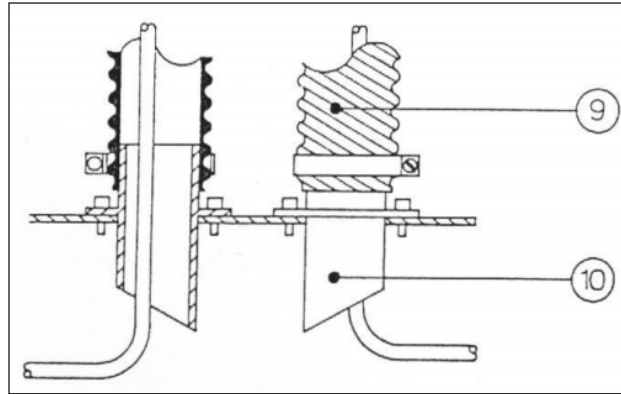
Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

Dentro de los tubos de la ventilación hay un tubo de cobre que conecta la multiválvula a la electroválvula G.L.P. en el hueco del motor; en la otra tubería un segundo tubo de cobre une la boca de llenado que se halla en el exterior del vehículo a la multiválvula.



Hay que instalar en el maletero dos respiraderos (10) orientados como en la figura 15, que sirven para ventilar el interior del contenedor. En los automóviles con 3 compartimientos se montarán otros dos orificios suplementarios para la ventilación del maletero.

Figura 13. Respiraderos del contenedor multiválvula



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

9. Tubos de ventilación interior, 10. Respiradero.

**2.4.4 Líneas de conducción de combustible.** Las líneas de conducción de G.L.P. deben soportar alta presión en la zona de líquido y baja presión en la zona de gases.  
**[8]**

Los materiales más comúnmente utilizados son las mangueras reforzadas con malla de acero inoxidable, y las tuberías semirrígidas de cobre sin costura, tipo K o L.

Las líneas para conducción de combustible líquido a alta presión desde el tanque hasta el vaporizador-regulador, deben ser construidas con materiales resistentes a la corrosión de fácil instalación y lo suficientemente fuertes para trabajar a presiones de hasta 2,1 MPa en el caso de las tuberías, y de 2,41 Mpa para el caso de mangueras.

*Mangueras.* En la instalación de los equipos para carburación con G.L.P. se emplean dos tipos de mangueras, las de alta presión, empleadas en fase líquida y gaseosa y las de baja presión empleadas en fase gaseosa:

*Alta presión.* Las conexiones flexibles y las mangueras para alta presión se emplean para realizar conducción de G.L.P. a presiones superiores a los 34, 5 KPa, bien sea en estado líquido o gaseoso y deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser construidas con capa de alambre trenzado de acero inoxidable.

- Estar diseñadas para una presión de trabajo no menor a 2,41 MPa, con un factor de seguridad 5 a 1.
- Tener una presión de ruptura no menor a 12,1 MPa.
- Ir rotuladas a todo lo largo de su extensión con inscripciones que especifiquen la presión de trabajo, las letras “G.L.P.” y nombre del fabricante. Cada tramo de manguera instalada debe tener al menos una de tales marcaciones.
- El material debe ser resistente a la acción del G.L.P. tanto en estado líquido como gaseoso.
- El ensamble de la manguera en el punto de la conexión con el accesorio debe tener una capacidad para soportar una presión de 4,8 MPa.
- En las instalaciones de alta presión no se permite el empleo de conexiones rápidas.
- Las mangueras instaladas con conectores deben diseñarse para soportar una presión 4,8 MPa.

*Baja presión.* Las mangueras usadas para servicio a baja presión deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Soportar presiones de trabajo de por lo menos 70 kPa.
- Deben estar construidas en materiales resistentes a la acción del G.L.P. en estado gaseoso.
- Ir rotuladas a todo lo largo de su extensión con inscripciones que especifiquen la presión de trabajo, las letras “G.L.P.” y nombre del fabricante.

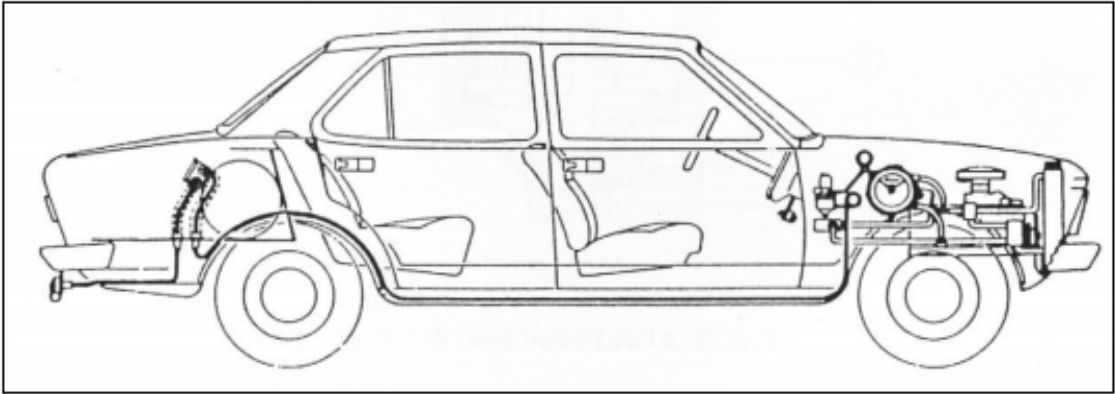
El tubo de alta presión puede ser de cobre recocido, apropiado para una máxima presión de trabajo de 45 bar, pudiéndose doblar, si es necesario, con la ayuda de los instrumentos adecuados.

Conecta el depósito a la electroválvula y ésta al reductor.

Antes de llevar a cabo la unión mediante los empalmes necesarios, hay que examinar que los tubos estén correctamente alineados a fin de evitar tensiones en los puntos de unión.

El tubo que va desde el depósito a la electroválvula debe ser sujetado en la parte inferior de la carrocería, lejos de los tubos de escape y de los nervios de refuerzo de la carrocería. Hay que usar sujeciones (abrazaderas fijadas con tornillos fileteadores) cada 80 cm. Todas las conexiones sometidas a vibraciones tienen que ser realizadas con serpentinas o volutas elásticas (Figura 14).

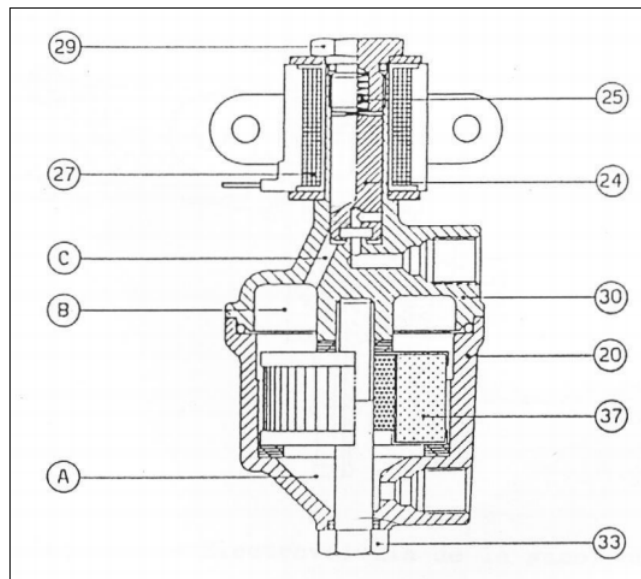
Figura 14. Tuberías de la presión alta



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

**2.4.5 Electroválvula del G.L.P.** Dispositivo electromagnético que impide que pase el G.L.P. al pararse el motor o cuando este funciona con gasolina. El G.L.P. en estado líquido que llega del depósito, entra en la cámara de decantación (A) situada en la cubeta (20), que se halla unida al cuerpo de la electroválvula (30) mediante el perno (33).

Figura 15. Electroválvula para G.L.P.



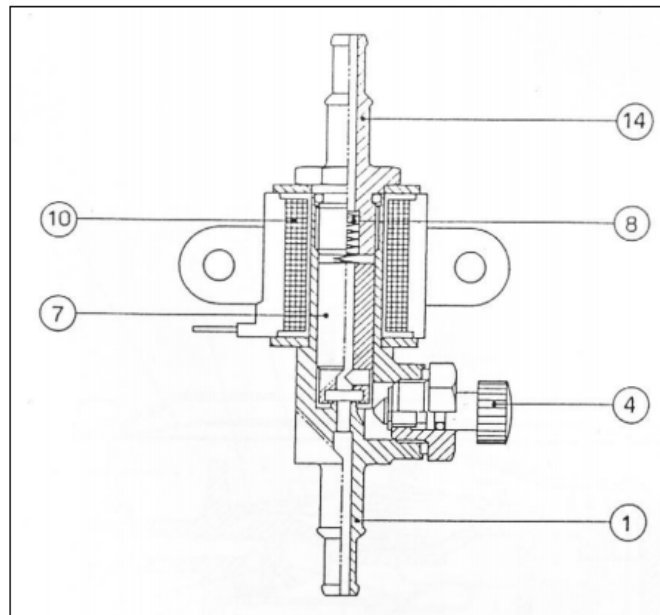
Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

Desde aquí el fluido pasa a la cámara (B), se depura trámite el filtro (37) y pasando por el orificio (C) entra en la parte superior de la electroválvula, donde se encuentra el electroimán que acciona la apertura del orificio de salida. Si la llave de contacto no está conectada o si el conmutador se halla en la posición "gasolina" la bobina (27) está desconectada y no ejerce ninguna atracción sobre la valvulita (24), que empujada por el muelle (25), cierra el orificio de paso del G.L.P.

Si se cierra el circuito eléctrico, la corriente crea un campo electromagnético cuya fuerza abre la válvula que viene atraída por el polo (29), dejamos que el G.L.P. pase libremente en el reductor.

**2.4.6 Electroválvula de la gasolina.** Es un dispositivo electromagnético que se pone en la tubería de la gasolina entre la bomba y el carburador que impide que pase la gasolina cuando el motor funciona con G.L.P.

Figura 16. Electroválvula de la gasolina



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

#### **Partes de la electroválvula de la gasolina**

1). Agujero de salida. 4). Polo. 7). Válvula. 8). Muelle. 10). Bobina. 14). Unión.

La gasolina impulsada por la bomba entra en la electroválvula a través de la unión (14), pasa por el orificio central de la válvula (7) y sale por el agujero (1). Cuando se desconecta la llave de contacto o cuando el conmutador se halla en la posición de gas, la válvula (7), empujada por el muelle (8) impide que pase la gasolina.

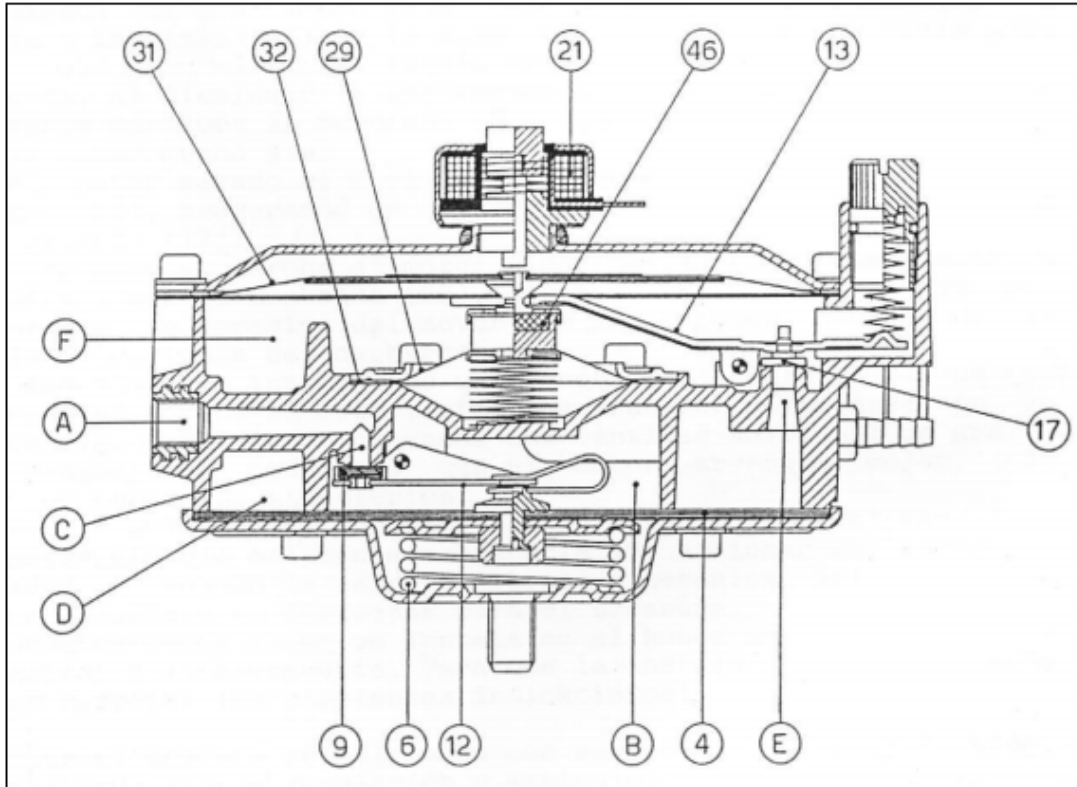
Al conectar la llave de contacto con el conmutador en la posición de "gasolina", la bobina se excita (10), creando un campo electromagnético cuya fuerza abre la válvula (7) que es atraída por el polo (14), dejando que la gasolina pase libremente.

**2.4.7 Reductor –vaporizador G.L.P.** Permite que el G.L.P. pase del estado líquido al estado gaseoso. Prácticamente se trata de un contenedor dividido en compartimientos

mediante membranas. La reducción de la presión que se produce en la cámara de 1º fase (B) comporta una notable disminución de la temperatura.

El calor que se precisa para la gasificación del G.L.P. proviene del agua caliente de la instalación de refrigeración del motor que circula por el reductor – vaporizador.

Figura 17. Reductor-Vaporizador en sección



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

**Partes del Reductor-vaporizador en sección**

A. Conducto de alimentación. B. Cámara de primera fase de reducción. C. Orificio de alimentación. D. Cámara de circulación. E. Orificio de entrada a la segunda cámara. F. Cámara de segunda fase. 6. Muelle regulado. 9. Válvula de cierre. 12. Palanca de cierre. 13. Palanca. 17. Válvula. 21. Arrancador eléctrico. 4, 29 y 31. Membrana. 32. Muelle.

El G.L.P. en estado líquido que llega de la electroválvula, empujado por la presión del depósito pasa por el conducto de alimentación (A) de la Figura 17 y entra en la cámara de la 1º fase de reducción (B), donde su presión baja a aproximadamente 0,45 + 0,65 bar. Esta disminución de presión se logra utilizando la presión que el gas ejerce sobre la membrana (4) que está conectada a la palanca (12) del cierre del orificio de alimentación (C). De hecho, cuando la presión sobrepasa dentro de la cámara (B) el

valor establecido, la membrana (4) contrarresta la oposición del muelle regulado (6) arrastrando con su movimiento la palanca (12), en cuya extremidad está situada la válvula (9) de cierre del orificio (C). Con el fin de compensar la pérdida de calor debido a la expansión del gas, se hace circular en la cámara (D), que rodea toda la cámara (B), el agua caliente del circuito de refrigeración del motor.

Pasando por el orificio (E) el G.L.P. llega a la cámara de la 2º fase (F) que se ajusta con la válvula (17). Esta se halla conectada al mezclador ubicado en el carburador, reaccionando a la aspiración provocada por el motor en marcha.

La membrana (31), a consecuencia de dicha aspiración se desplaza hacia el interior del reductor arrastrando con su movimiento la palanca (13), donde se encuentra la válvula (17), permitiendo así que el gas pase de la 1º a la 2º fase.

Si aumenta la aspiración en el mezclador ésta se transmite en seguida a la cámara (F), y la membrana (31), aspirada todavía más, permite que pase más gas a través del orificio (E). Al disminuir la aspiración en el mezclador, se crea una contrapresión sobre la membrana (31), que moviendo la palanca (13) no deja pasar mucho gas.

Con el motor parado el muelle (32) descarga su fuerza sobre la palanca (13), asegurando de esta manera la perfecta estanqueidad de la válvula (17).

Cuando se pone en marcha el motor el muelle viene comprimido en su asiento por la membrana (29), que a su vez viene aspirada por la pérdida de presión del motor que se produce debajo de la válvula de mariposa del carburador.

En la membrana hay incorporado un magneto (46); éste, cada vez que se pone en marcha el motor, crea una tracción momentánea en la palanca (13) permitiendo que pase una cantidad adicional de gas. Este dispositivo consciente que el motor arranque mejor, con cualquier condición atmosférica.

El reductor marca LOVATO está equipado con un arrancador eléctrico (21) de emergencia que solamente se tendría que accionar en casos de necesidad y cuando la parte eléctrica o mecánica del motor no estén en condiciones perfectas para el arranque.

El reductor-vaporizador se instala en el compartimiento del motor y se sujeta firmemente a la carrocería. Para que la instalación sea correcta hay que respetar las siguientes indicaciones:

Colocar el aparato de tal modo que se pueda acceder a él, facilitando su regulación y mantenimiento.

Ponerlo en la posición más baja respecto al nivel del agua del radiador.

El tapón de purga del aceite no debe estar situado sobre el delco o sobre la bobina de encendido.

El arrancador para el funcionamiento con gas se debe poder mover libremente.

Con el fin de evitar que entren impurezas en el reductor, limpiar la tubería del G.L.P antes de conectarla.

Controlar, con el cuadro encendido, que no haya pérdidas en las tuberías del gas a través de las uniones. Controlar el funcionamiento del termostato verificando que el reductor- vaporizador se caliente rápidamente.

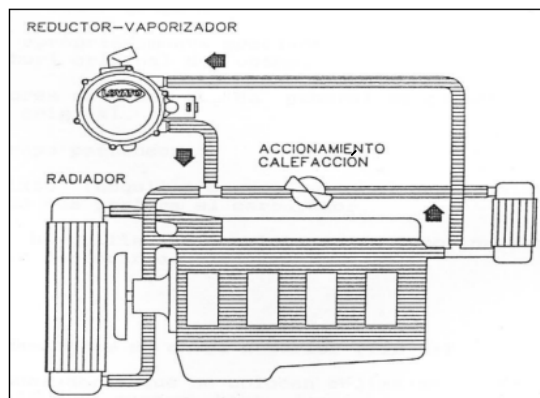
En invierno poner anticongelante en el circuito.

Cada vez que se vacíe el circuito de refrigeración del motor habrá que reponer el nivel del líquido teniendo cuidado en eliminar completamente eventuales burbujas de aire que podrían impedir la circulación del agua de calefacción en el reductor.

La salida del gas debe estar dirigida hacia arriba. El mezclador, situado en el carburador, debe estar conectado con una tubería de goma recubierta con una funda metálica, siguiendo el recorrido más corto posible, evitando curvas demasiado cerradas que no dejarían pasar el gas normalmente.

El regulador es un elemento que reduce la presión para entrega de combustible al sistema de carburación. [9]

Figura 18. Esquema de conexión del reductor-vaporizador con las tuberías del agua



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

**2.4.8 Mezcladores.** Es un dispositivo utilizado en los sistemas de carburación con G.L.P. cuya función es realizar, en forma correcta y proporciones adecuadas, la mezcla aire/ gas combustible. **[10]**

El mezclador es la parte de la instalación de G.L.P. que dosifica proporcionalmente el carburante con el aire de aspiración en cantidades correctas para alimentar el motor. Está unido al reductor mediante un tubo por donde pasa el gas y está equipado con un registro para dosificar el gas.

Constituye un verdadero carburador su construcción y correcto posicionamiento en una instalación de G.L.P. son muy importantes.

Dado el nivel de especialización y de funcionalidad que se ha logrado en el sector automovilístico, es una cuestión bastante clara que los mezcladores están sujetos a constantes innovaciones a fin de adaptarlos a las exigencias y características tanto de los nuevos motores como de los nuevos carburadores ofrecidos por el mercado.

Por tanto se puede decir que por cada clase de automóvil hay un modelo diferente de mezclador.

Considerando su funcionamiento, sus características y su posicionamiento, los mezcladores pueden ser subdivididos en dos grupos.

Corresponden al primer grupo:

Los llamados apropiadamente mezcladores, que se colocan después del tubo Venturi original del automóvil.

Los mezcladores de placa que en general se colocan antes del tubo Venturi original.

Y al segundo grupo pertenecen:

El sistema mixto (boquilla o acoplamiento) que consiste en un tubo insertado que perfora el carburador.

El sistema a horquilla que consiste en un tubo insertado en el carburador sin perforarlo.

El objetivo de ambos dispositivos (carburador – mezclador) es el de garantizar una relación constante (en masa) entre la cantidad de aire y la cantidad de carburante, cosa que es necesaria a fin de que el motor funcione bien. Por tanto, hay que cumplir dos funciones:



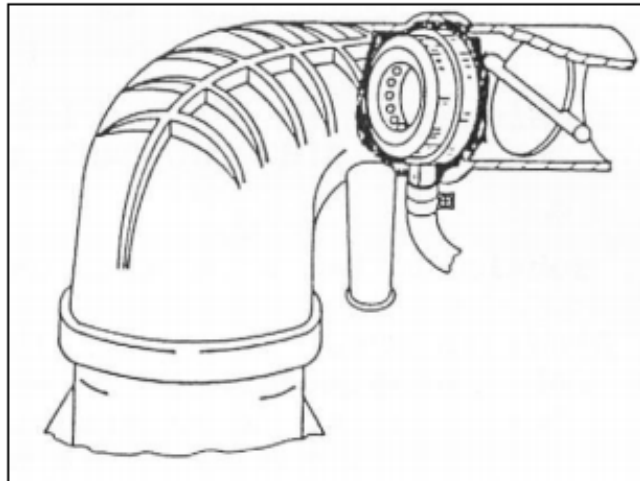
1. Medir el caudal del aire.
2. Dosificar el combustible.

El tubo Venturi desempeña la primera función: la caída de presión que se crea en su sección estrecha está vinculada al caudal de masa.

La segunda función, o sea la dosificación, se produce porque la caída de presión en el tubo Venturi atrae una cierta cantidad de gas, vinculada a la pérdida de presión.

### ***Montaje del mezclador entre el filtro y el carburador y para automóviles a inyección***

Figura 19. Montaje del mezclador



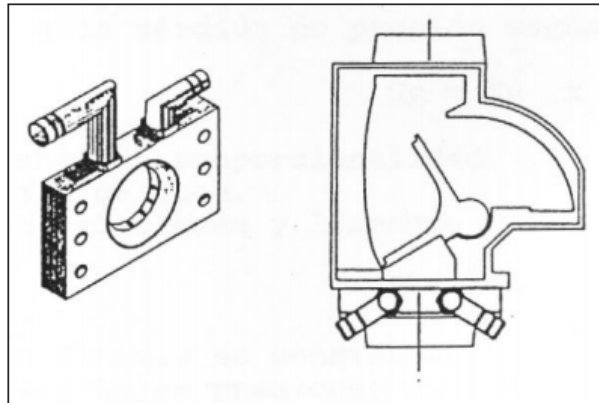
Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

Se trata de mezcladores adecuados para los sistemas de inyección K-Jetronic y turbo que se ponen entre el filtro del aire y el carburador. No son difíciles de montar, de hecho es suficientemente desmontar la caja del filtro del aire o el tubo que une éste al carburador y colocar el mezclador dentro del tubo que conecta el carburador.

### ***Mezcladores para sistemas de inyección L-jetronic, Motronic, Mono-jetronic***

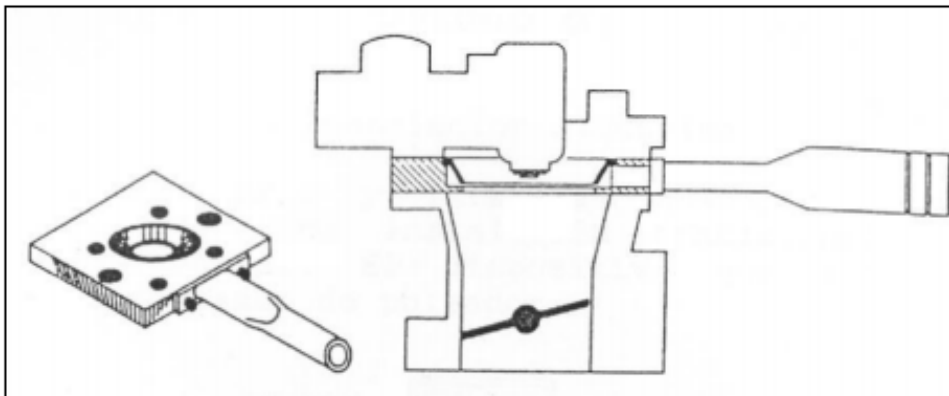
Son mezcladores del tipo de chapa y se colocan, en los sistemas L-Jetronic y Motronic, después de los inyectores, entre el caudalímetro (medidor del caudal de aire) y el tubo de aspiración de aire. No es difícil de montar, es suficientemente desmontar la brida de empalme al caudalímetro e insertar el mezclador, que lleva para poder fijarlo, unos tornillos que se usan en lugar de los originales. En el sistema mono-jetronic el mezclador se monta antes del mono inyector, entre éste y el cuerpo de la válvula de mariposa, sujetándolo con los tornillos suministrados en el kit de montaje.

Figura 20. Montaje de un mezclador para sistemas de inyección L-Jetronic y Motronic



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

Figura 21. Montaje de un mezclador para sistemas de inyección Mono-Jetronic



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

**2.4.9 Accesorios.** La instalación de un sistema de carburación requiere, además de los accesorios ya especificados para tuberías, el empleo de otros elementos tales como el filtro de combustible para G.L.P. Las válvulas de corte (solenoides) y los adaptadores para el sistema de carburación:

*Adaptadores.* Es un accesorio que se acopla al carburador de gasolina en los casos de realizar conversiones duales G.L.P./ gasolina. El adaptador no debe restringir el paso de aire ni de la mezcla aire / combustible de tal manera que perjudique el normal funcionamiento del motor.

*Accesorios de unión de tuberías rígidas, semirígidas y tubos.* No se deben emplear accesorios de unión de hierro fundido tales como codos, tes, cruces, acoples, uniones, bridas, o tapones. Los accesorios deben ser de acero o cobre.

*Filtros.* El filtro se emplea para detener las impurezas sólidas contenidas en el G.L.P. líquido. Debe estar capacitado para retener partículas de un tamaño mayor de 50 $\mu$ .

Debe estar en la capacidad de operar a una presión de 2,1 MPa. El filtro no debe presentar ningún tipo de deformación visible al ser sometidos a una presión hidrostática de 3,5 MPa durante un tiempo de tres minutos. El filtro no debe ser afectado al contacto con G.L.P.[11]

## **2.5 Elementos contaminantes**

**2.5.1 Hidrocarburos no combustionados, HC.** Están formados por partículas de carburante no quemado provenientes de áreas de la cámara de combustión difíciles de alcanzar por el frente de la llama.

En cantidades elevadas puede causar irritaciones en las vías respiratorias, se sospecha que son cancerígenos.

**2.5.2 Óxidos de nitrógeno (NOX).** Pueden ser el monóxido NO y el bióxido NO<sub>2</sub>. Se forman durante el proceso de combustión al mezclarse el nitrógeno con el oxígeno. Su concentración depende:

- De la temperatura que alcanza la combustión.
- Del contenido de oxígeno de la mezcla de alimentación.

Ambos son tóxicos para la sangre, pero las concentraciones actuales contenidas en la atmósfera debido a los gases de escape no parecen ser perjudiciales para el organismo humano.

**2.5.3 Óxido de carbono (CO).** Se produce combinándose el carbono del carburante (C<sub>6</sub> H<sub>14</sub>) con el oxígeno del aire de la mezcla.

Su concentración depende sustancialmente de la relación aire – carburante.

Es muy tóxico, debido a que se combina fácilmente con la hemoglobina de la sangre, formando la carboxihemoglobina.

Si la concentración de carboxihemoglobina en la sangre alcanza el 50% la asimilación del oxígeno se interrumpe y sobreviene la muerte por asfixia.

**2.5.4 Anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>).** Es un gas incoloro, con un olor un poco irritante y de sabor ácido. No es venenoso, pero es asfixiante en el caso de respirado.

El anhídrido carbónico es el resultado de todos los procesos de combustión del carbono, por consiguiente es un componente de los productos de combustión de los hidrocarburos y se expulsa por los tubos de escape del motor.

Cuanto más completa es la combustión del carbono, más alta es la cantidad del anhídrido carbónico contenido en los gases de escape; así que es importante que el porcentaje de anhídrido carbónico sea el más alto posible, casi igual al valor teórico del 13% en volumen.**[12]**

### CAPÍTULO III

## 3. ADAPTACIÓN DEL SISTEMA BI-FUEL (GASOLINA- G.L.P.), A UN MOTOR ESTÁNDAR

### 3.1 Características del motor Vitara estándar

Tabla 2. Características del Motor Chevrolet- Vitara 2003

Motor	1.6
Alimentación	Inyección monopunto
Desplazamiento (cc)	1,590
Dirección	Hidráulica de bolas recirculantes relación 15,8:1
Frenos De Mano	Mecánico sobre ruedas posteriores
Frenos Delanteros	Discos
Frenos Posteriores	Tambor
Frenos Tipo	Hidráulicos
Llantas	205/75 R15
No. Cilindros	4 en línea
No. Valvulas	16
Posición	Longitudinal
Potencia (Hp @ RPM)	94,7 @ 5,600
Radio de Giro m	4.9
Relación de Compresión	9,5:1
Relación Final	5.125
Relaciones 1º	3.652
Relaciones 2º	1.947
Relaciones 3º	1.379
Relaciones 4º	1
Relaciones 5º	0.864
Reversa	3.67
Suspensión Amortigua.	hidráulicos de doble acción
Suspensión Delantera	Independiente con resortes helicoidales
Suspensión Posterior	Articulación libre con horquilla central resortes helicoidales
Tipo	SOCH
Torque (Nm @ RPM)	13,5 @ 4,000
Transmisión Tipo	Mecánica

Fuente:<http://www.chevrolet.com.ec/vehiculos/modelos-showroom/todo-terreno/vitara/especificaciones-tecnicas/caracteristicas.html>

### **3.2 Montaje e instalación de los componentes eléctricos y mecánicos**

Debe realizarse antes de hacer la instalación de cualquier componente del nuevo sistema de carburación para dictaminar la conveniencia o no de realizar la conversión.[13]

#### ***Revisión general del vehículo***

Antes de realizar la conversión de un motor para funcionamiento con el sistema BI-fuel, se realiza el diagnóstico inicial al motor que consta de una inspección general para determinar sus condiciones operativas, las cuales deben ajustarse a las recomendaciones del fabricante de acuerdo a la norma NTE INEN 2 311: 2008. (Ver Anexo E).

Para realizar la conversión se tomó en cuenta que el tanque de gasolina, las líneas de conducción de esta, la bomba, el filtro y el sistema de inyección se mantuvieron originales de acuerdo a lo estipulado en la norma INEN NTE 2 311:2008.

En un principio, encontramos al motor en condiciones estándar sin ninguna adaptación del sistema Bi-Fuel.

Cabe recalcar que la implementación de un sistema de alimentación de un vehículo de gasolina a G.L.P. no implica modificaciones de orden mecánico en el motor.

El sistema G.L.P. a instalarse, requiere de ciertas partes que se deberán colocar como se sugiere a continuación:

**3.2.1 Depósito de G.L.P.** Para realizar la instalación del tanque de G.L.P. se deben tener en cuenta los siguientes aspectos.

Determinación del punto de instalación. Se debe ubicar el punto que brinde las mejores condiciones de seguridad y las mayores facilidades para realizar la instalación en el vehículo. Para ello se debe tener en cuenta que:

El tanque debe estar ubicado de tal manera que se encuentre protegido contra daños de colisión y que no cause molestias al realizar el movimiento normal del vehículo.

El tanque no debe estar montado sobre el techo del vehículo, delante del eje de las ruedas directrices o atrás del parachoques posterior.

Las válvulas y los accesorios del tanque tampoco deben sobresalir por el techo, el piso o las partes laterales del vehículo.

El tanque se debe localizar alejado del sistema de gases de escape o de otras fuentes de calor. El espaciamiento mínimo debe ser de 20 cm. Si el cumplimiento de esta distancia presenta inconvenientes, se pueden instalar pantallas de elemento aislante.

Los tanques no deben ser instalados por debajo de la estructura del chasis o del punto más bajo de la carrocería para los vehículos compactos.

*Instalar los soportes del tanque.* Dichos soportes deben estar capacitados para resistir como mínimo cuatro veces el peso del tanque completamente lleno de combustible. No debe presentar distorsiones en ninguna dirección. Cuando la unión se realiza a la lámina del chasis se requiere el uso de platinas de refuerzo, en cuyo caso se deben emplear al menos cuatro elementos de fijación, adecuadamente seleccionados para el trabajo a desempeñar, por platina instalada.

*Asegurar el tanque de combustible en su lugar.* Al realizar el aseguramiento del tanque se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El tanque debe estar correctamente orientado y nivelado de tal manera que la multiválvula se encuentre adecuadamente posicionada.
- La placa de identificación del tanque debe ser visible para poder consultar su información.
- El tanque debe asegurarse de manera que se impida su deslizamiento y/o rotación.
- Se debe instalar un elemento aislante que absorba la vibración. Este elemento no debe contribuir a la corrosión del tanque.

Figura 22. Instalación del depósito de G.L.P.



Fuente: Autora

*Instalar y/o inspeccionar la válvula de llenado y la multiválvula.* Estos componentes deben ser revisados para asegurar que estén correctamente instalados y en condiciones óptimas de funcionamiento.

Los tanques cuyo montaje se realice dentro del compartimiento de pasajeros del vehículo, en cabinas encerradas de camionetas tipo platón o en la sección de carga de las camionetas tipo furgoneta, deben estar equipados con una válvula remota de llenado, una multiválvula comunicadas del tanque a la parte exterior del vehículo. La válvula de alivio conectada debe estar en capacidad de soportar las presiones de descarga y debe estar instalada de manera que la descarga se realice con 45° respecto a la vertical en carros de pasajeros y a 15° para cualquier otro tipo de vehículo. Esto con el fin de prevenir que cualquier descarga que ocurra quede en el interior del vehículo. La salida de la válvula de alivio debe encontrarse protegida por medio de un tapón o cubierta protectora.

Figura 23. Instalación de las válvulas del depósito de G.L.P.



Fuente: Autora

Los tanques montados en el interior de vehículos deben instalarse de modo que el G.L.P. liberado como consecuencia de la operación, fugas o conexión de los accesorios, no se disipe a un área que conecte directamente con el compartimiento del conductor o de los pasajeros o con algún espacio que contenga transmisores de radio u otros equipos que pudieran producir chispas.



Figura 24. Válvula de llenado de G.L.P.



Fuente: Autora

**3.2.2** *Electroválvula de gasolina.* Debido a que esta electroválvula es la encargada del cambio inmediato de gas a gasolina, su instalación se realiza en la cañería de salida de la bomba de gasolina hacia el inyector (tomando en cuenta que el motor tiene un sistema de inyección monopunto).

Es importante que la electroválvula quede bien fija.

**3.2.3** *Electroválvula de G.L.P.* La electroválvula se sujeta al motor de tal forma que esta quede fija al mismo tomando en cuenta que debe estar en posición vertical y con la cubeta de decantación abajo.

Ya que es un dispositivo electromagnético que impide que pase el G.L.P. al detenerse el motor o cuando este funciona con gasolina, se debe considerar que no es recomendable montarla cerca de fuentes de calor ya que el sobrecalentamiento podría causar que la electroválvula perdiese la necesaria fuerza magnética para abrir la válvula móvil.

**3.2.4** *Reductor - vaporizador de G.L.P.* Considerando que en el reductor vaporizador se realiza el cambio de estado líquido a gaseoso del G.L.P., la energía que se necesita para realizar este proceso se obtiene del agua caliente que se halla en el sistema de refrigeración del motor, el montaje de este componente se realiza bajo los siguientes términos:

- Se coloca el vaporizador de tal forma que se pueda acceder al mismo con facilidad, para que de esta manera se pueda controlar su regulación y mantenimiento.

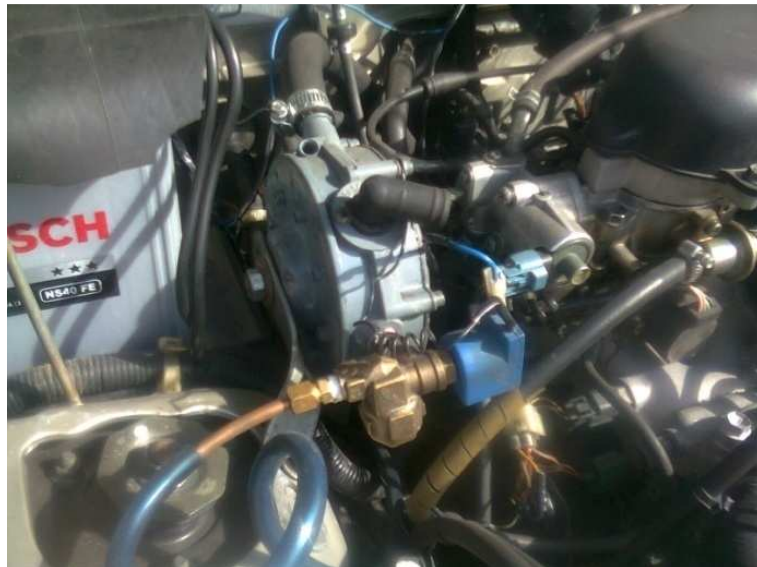
- Se debe procurar que el reductor vaporizador se encuentre en una posición más baja respecto al nivel del agua del radiador.
- La posición del reductor vaporizador del G.L.P. debe encontrarse lo más cerca posible de la inyección de combustible, ya que de esta forma se aprovecha mejor la potencia del vehículo.

Figura 25. Reductor vaporizador de G.L.P.



Fuente: Autora

Figura 26. Instalación del reductor - vaporizador de G.L.P.



Fuente: Autora

### ***Cañerías del reductor vaporizador***

Las cañerías que proporcionan la temperatura para la gasificación en el reductor vaporizador son tomadas del sistema de refrigeración del motor, tomando la salida de agua caliente del motor hacia la entrada del agua caliente del reductor y la cañería de salida del reductor a la circulación hacia el radiador.

Para la instalación de la línea de combustible se deben tener en cuenta los siguientes criterios[14]

La línea de conducción debe estar ubicada lejos del sistema de escape de gases quemados del motor o de cualquier otra fuente de calor. Si la distancia entre el tubo de conducción y el tubo de gases es de menos de 20 cm se deben emplear barreras aislantes.

Emplear solo materiales de acuerdo con lo especificado en la norma INEN NTE 2 310: 2000. (Ver Anexo A)

Instalar la línea de conducción empleando anillos de protección si la línea pasa a través de cubiertas o del chasis. La línea de conducción de combustible debe estar firmemente sujeta de manera que se evite la vibración y los esfuerzos inducidos. La tubería de cobre debe ir protegida con una cubierta.

Emplear compuestos sellantes en todas las uniones roscadas con el fin de prevenir pérdidas o fugas de G.L.P.

La instalación de la línea de conducción del G.L.P. no debe realizarse sobre el piso del vehículo.

Cuando existan tanques interconectados se debe instalar una válvula de cierre en la salida de cada uno de ellos de tal manera que el G.L.P. de un tanque no ingrese al otro.

**3.2.5 Mezclador.** La correcta selección del mezclador, depende del consumo que requiera el motor. Para su instalación deben tenerse en cuenta los factores de seguridad que cada fabricante debe suministrar, de acuerdo con el tipo de trabajo realizado por el motor. Cuando el sistema de control de combustión a instalar es electrónico, debe venir con accesorios para trabajo en sistema cerrado (retroalimentado), e incluir como mínimo los siguientes accesorios:

- La unidad central de control lógico.
- La válvula de control de combustible.
- El sensor de oxígeno.

Al realizar una conversión dual, el mezclador aire/ combustible debe montarse sobre la parte superior del carburador o múltiple de admisión de gasolina, empleando los adaptadores que se requieran. [15]

La función del mezclador es dosificar proporcionalmente el carburante con el aire de aspiración en cantidades correctas para la alimentación del motor.

Figura 27. Mezclador



Fuente: Autora

**3.2.6 Conmutador G.L.P.-gasolina.**El conmutador eléctrico tiene la función de transformar o pasar del uso de gas a gasolina y viceversa.

Se debe colocar en el tablero de mando del automóvil de forma que sea de fácil acceso para el conductor.

El conmutador eléctrico contiene tres bornes contramarcados con letras y se deben colocar de la siguiente manera:

- El borne + con el borne + de la bobina.
- El borne B con la electroválvula de la gasolina.
- El borne G con la electroválvula del gas.

En la fase de montaje se deben asegurar los cables eléctricos quedando alejados de fuentes de calor y evitar que los mismos se rocen contra paredes o superficies metálicas.

### **3.3 Arranque del equipo**

Luego que todos los componentes del sistema han sido instalados, ensayados contra fugas y se ha modificado el sistema de ignición, se debe proceder de la siguiente manera:

- a. Purga del aire y gas existente en el tanque de combustible.

- b. Calibración del tiempo de ignición. Operación que debe ser realizada cuando el motor alcance la temperatura normal de operación.
- c. Ajustar la marcha mínima y la mezcla mínima. Se debe emplear un analizador de cuatro gases que especifique como mínimo: O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO e hidrocarburos.
- d. Ajuste del sistema cerrado o abierto según el caso.
- e. Calibración del tiempo de ignición y verificación de los tiempos de avance de encendido.

Además de observar los procedimientos anteriormente descritos se recomienda realizar una revisión al motor cada 1500 km de recorrido a las dos semanas, lo que primero ocurra. Dicha revisión debe incluir como mínimo:

- a. Revisión de las características básicas del desempeño del motor trabajando con cada uno de los combustibles de la conversión dual.
- b. Revisión de las bujías y reemplazo en caso que se requiera
- c. Revisar la integridad de los sistemas de combustible para asegurar que no existen pérdidas.
- d. Revisión del sistema de refrigeración y del aceite del motor.[16]

### **3.4 Rotulado del vehículo**

De acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 2 311: 2008., el vehículo debe contar con una etiqueta en forma de rombo, construida en material resistente a la intemperie. (Ver Anexo A).

La ubicación es en una superficie vertical, en los dos lados posteriores del vehículo, para facilitar la visibilidad.

La etiqueta debe tener una diagonal mayor de 120 mm y una diagonal menor de 85 mm; en el interior y centradas deben ir las letras G.L.P., las cuales deben tener una altura de 30 mm.

Las franjas y las letras deben ser pintadas en color azul marino sobre fondo blanco o plateado, aplicando un material reflectivo a la pintura de fondo. Las franjas y las letras tienen un ancho de 5 mm.

Adicionalmente se instala bajo el capó una etiqueta con la siguiente información: Cualquier modificación que se realice al sistema de carburación con G.L.P. debe ser certificada por la autoridad de control.

Diseño del rotulado. (Ver AnexoH)

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MOTOR CON Y SIN EL SISTEMA BI-FUEL

Para la realización de las pruebas de rendimiento del motor en CORPAIRE, se siguieron las especificaciones del fabricante del Banco Dinamométrico de potencia y de funcionamiento LPS 3000 LKW, ya que no se hace uso de una normativa específica.

#### 4.1 Línea base del vehículo

La línea de base es la primera medición de todos los indicadores contemplados en el diseño de un proyecto o investigación y, por ende, permite conocer el valor de los indicadores al momento de iniciarse las acciones planificadas, es decir, establece el 'punto de partida' del proyecto o intervención.

La línea de base suele tener un carácter cuantitativo.

Dentro del ciclo del proyecto, la línea de base debe realizarse cuando éste se inicia; de lo contrario, no se contará con datos que permitan establecer comparaciones posteriores e indagar por los cambios ocurridos conforme el proyecto se vaya implementando.

El resultado de la línea base se expresa en un informe que describe la situación del problema identificado antes de la intervención del proyecto y la información elaborada se conoce como año base, punto de referencia o año cero.[17]

Para la adquisición de los datos del vehículo en condiciones normales de funcionamiento, se hizo uso de las instalaciones del departamento de Investigación de CORPAIRE (Corporación municipal para el mejoramiento del aire en Quito).

**4.1.1 Banco de pruebas. Dinamómetro.** Para realizar las pruebas de obtención de Potencia y Par motor se empleó un Banco Dinamométrico de potencia y de funcionamiento LPS 3000 LKW de procedencia alemana. Este banco pertenece a la empresa CORPAIRE de la ciudad de Quito ubicado en el Centro de Revisión del sector de Guamaní; posee un escritorio de comunicaciones, equipado con PC, pantalla LCD, teclado, ratón, un control remoto y un juego de rodillos.

El equipo de medición de potencia, torque y emisiones LPS 3000 hace posible la medición de potencia en turismos / vehículos ligeros con motores Otto o Diésel.

Aplicando el juego de rodillos adecuado, y junto con la electrónica reguladora correspondiente, también es posible el ensayo de vehículos 4x4.

El Banco Dinamométrico de potencia consta además, con una caja de interfaces que sirve para registrar el número de revoluciones del motor, datos del medio ambiente, datos OBD, temperaturas, presiones y señales analógicas. Este proceso de registro se realiza mediante módulos o para lo cual se emplea diferentes sensores. Como máximo pueden montarse 4 módulos en la caja de interfaces.

El banco de potencia LPS 3000 permite efectuar una simulación exacta de unas condiciones de marcha definidas en el banco de pruebas. Además pueden llevarse a cabo mediciones del consumo de carburante y el análisis de los gases de escape, así como inspecciones en serie de vehículos. Para llevar a cabo las diferentes tareas de medición pueden seleccionarse los modos de servicio siguientes:

### ***Simulación de carga***

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

### ***Medir la potencia del motor***

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

### ***Medición de la elasticidad***

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

### ***Control del tacómetro***

Mediante este punto del menú puede comprobarse el tacómetro del vehículo. A la vez puede comprobarse la velocidad. Adaptación de carga (opción). A través de este punto del menú pueden calcularse diferentes coeficientes del banco de pruebas. La adaptación interactiva de los coeficientes puede efectuarse según ECE o SAE J2264.

**4.1.2 Proceso de ejecución de pruebas y dispositivos utilizados.** Además de la utilización del equipo de pruebas Dinamómetro, se empleó también un ventilador que contribuye con la refrigeración del motor y de sus componentes para evitar que el motor del vehículo se sobrecaliente en el proceso de las pruebas.

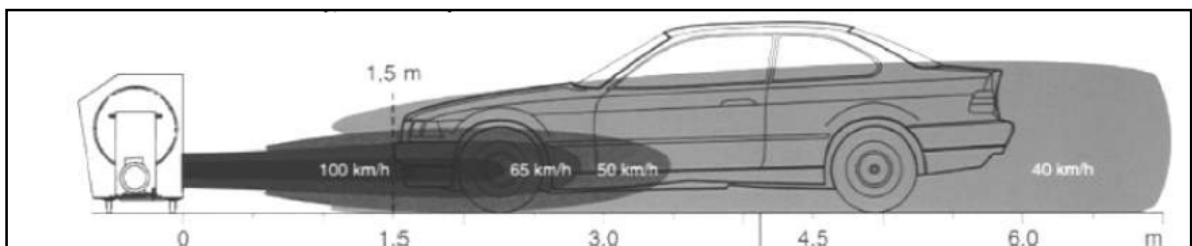
El aire refrigerante es de especial importancia porque los sistemas modernos de regulación del motor disponen de dispositivos de regulación que reducen la potencia del motor si las temperaturas de aspiración son demasiado altas. Sin embargo, en el banco de pruebas debe medirse la potencia total del motor.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

- Potencia de aire > 25 000 m<sup>3</sup>/ s
- Velocidad de soplado > 90 km/h
- Garantizar el soplado de la parte inferior de la carrocería (catalizador).

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

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

Figura 28. Disposición del Sistema de Ventilación



Fuente: Manual del Usuario del Banco de Potencia LPS 3000  
MAHAMaschinenbauHaldenwang

Se empleó también un módulo de revoluciones que sirve para registrar el número de revoluciones y de la temperatura del aceite, con las pinzas trigger se registra la señal del número de revoluciones en el cable de encendido (Bujía de encendido o bobina de encendido del distribuidor). Las pinzas trigger captan de forma inductiva la señal de alta tensión que se transmite del distribuidor a cualquier cilindro. Los impulsos se transmiten de las pinzas trigger a la caja de interfaces donde son convertidos en una



señal de r.p.m. Las pinzas trigger se deben colocar lo más lejos posible del cable de encendido más próximo.

Figura 29. Pinzas trigger



Fuente: Manual del Usuario del Banco de Potencia LPS 3000  
MAHAMaschinenbauHaldenwang

## **4.2 Pruebas de rendimiento del vehículo**

### **4.2.1 Inspección y mantenimiento previo del vehículo a prueba**

#### ***Inspección visual***

Los niveles de aceite y refrigerante del motor del vehículo deben ser los adecuados, para evitar cualquier contratiempo en el momento de las pruebas.

El tanque de gasolina del vehículo debe tener una carga suficiente para abastecer al motor durante todas las fases de la prueba, es preferible que se encuentre con un mínimo del 80% de llenado.

Para realizar las pruebas en el sistema Bi-fuel, se requiere que el tanque de G.L.P. tenga una carga no máxima al 85%, tomando en cuenta que si se llena demasiado se podría tener cualquier tipo de accidente debido a la subida de presión dentro del mismo.

#### ***Mantenimiento preventivo***

El vehículo a ser usado en las pruebas, debe encontrarse en estados óptimos de temperatura, ya que dentro de las pruebas se maneja un margen alto de temperatura que pueden conducir al vehículo a un sobrecalentamiento del motor.

#### 4.2.2 Especificaciones técnicas del motor estándar

El vehículo Chevrolet- Vitara, en condiciones nuevas de uso posee un motor tipo DLX, con las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 3. Especificaciones Técnicas Chevrolet- Vitara 2003

<b>Motor</b>	<b>1.6 4x4 DLX</b>
Alimentación	MPFI
N° Cilindros	4 en línea
N° Válvulas	16
Posición	Longitudinal
Potencia (Hp @RPM)	94,7 @ 5,600
Radio mínimo de Giro (mts)	4,7
Rel. Compresión	9,3:1
Relación final	4,875
Relaciones 1°	3,652
Relaciones 2°	1,947
Relaciones 3°	1,379
Relaciones 4°	1,00
Relaciones 5°	0,795
Reversa	5,125
Tipo	SOHC
Torque (Nm @RPM)	13,5 @ 4,000

Fuente: <http://www.chevrolet.com.ec/vehiculos/modelos-showroom/todo-terreno/vitara/especificaciones-tecnicas/caracteristicas.html>

**4.2.3 Medición de la potencia del vehículo en el banco dinamométrico.** Para realizar el trazado de las curvas el vehículo debe encontrarse en temperaturas óptimas de funcionamiento para luego ubicarlo en el banco dinamométrico, con un previo ajuste del banco de pruebas con el vehículo, esto se efectúa a las 2000 rpm, en este momento se inicia el programa y así el banco puede captar exactamente las revoluciones a las que las ruedas traseras del vehículo están girando, se coloca el vehículo de acuerdo al tipo de tracción que pueda tener.

Figura 30. Colocación del vehículo en el dinamómetro



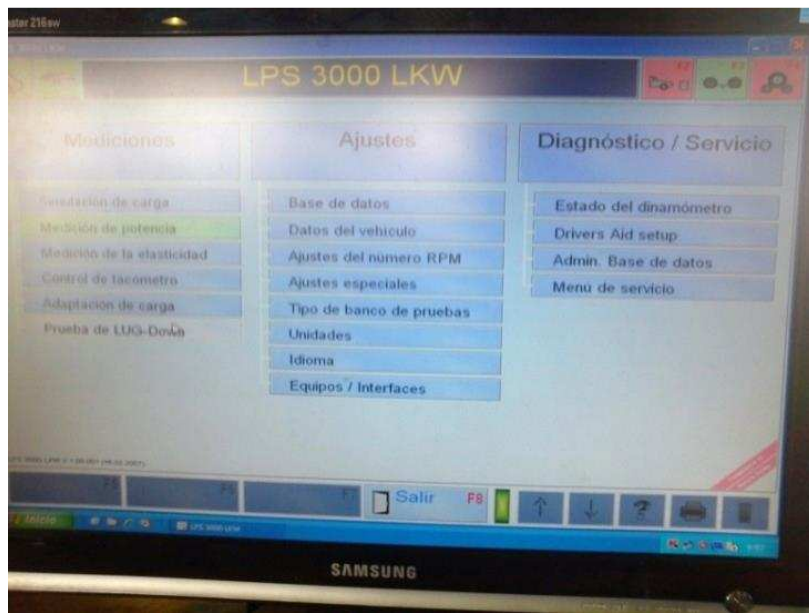
Fuente: Autora

Figura 31. Instalación de las pinzas trigger



Fuente:Autora

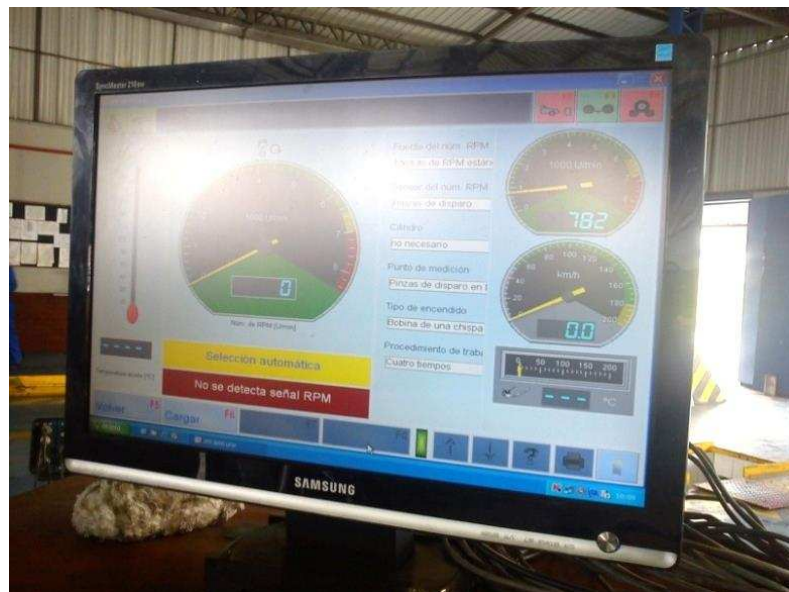
Figura 32. Selección de medición en el dinamómetro



Fuente: Autora

Una vez obtenidos los datos, el equipo se encarga de trazar la curva de potencias. Sobre ella se determina el régimen y la potencia óptimos.

Figura 33. Datos en pantalla del Dinamómetro



Fuente: Autora

Figura 34. Hardware del Banco Dinamómetro



Fuente: Autora

En la realización de las pruebas para obtener la potencia y el par motor, la relación de transmisión con la que se trabaja es con la marcha que da la relación 1:1 esto se debe a que la potencia y el torque que nos brinda el motor pasa directamente por la caja de velocidades y a su vez a las ruedas del vehículo sin tener que pasar por relaciones de multiplicación o desmultiplicación; es así que la potencia y el par que se obtiene es la del motor. Para el caso de éste vehículo se utilizó la relación de cuarta marcha en la caja de cambios.

El motor debe llegar a las revoluciones en marcha en la relación de cuarta velocidad durante las pruebas, deben ser las máximas, de esta manera el Dinamómetro se encarga de obtener la potencia, el par y de realizar las curvas correspondientes, de acuerdo al aumento progresivo de las r.p.m, obteniendo además la potencia y el par máximo.

### ***Resultados obtenidos del banco dinamométrico del motor sin el sistema***

La prueba en el banco Dinamométrico dura alrededor de dos minutos, durante la cual se forman las curvas de potencia y torque.

Para un mejor análisis de los datos, se realizaron 3 pruebas con el fin de obtener valores promedios de los resultados, obtenidos los siguientes datos:

**Prueba 1:4ta Marcha Continua**

Tabla 4. Prueba 1. Condiciones iniciales

T-ambiente	23.1	°C
T-aspiración	14.3	°C
H-aire	38.1	%
p-aire	717.7	hPa
p-vapor	10.8	hPa

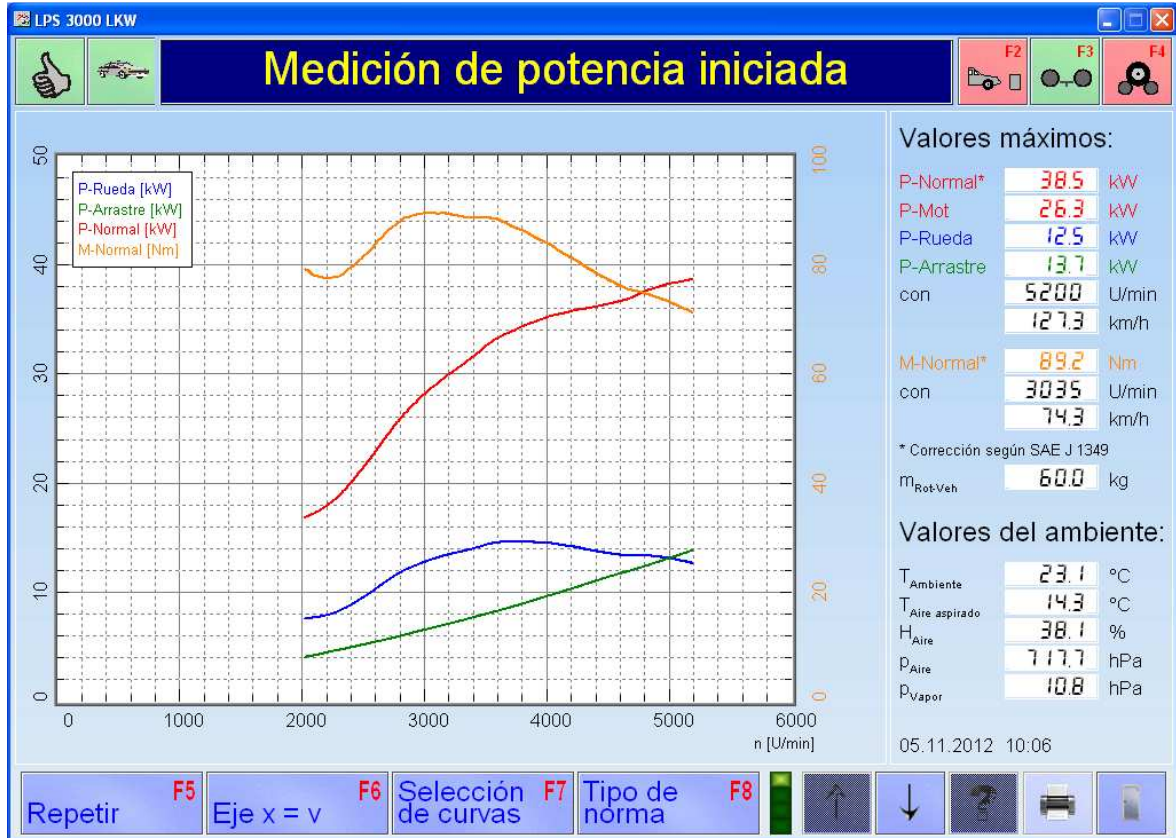
Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

Tabla 5. Prueba 1. Resultados de potencia y par motor

Parámetro	Unidades	Valor
Potencia normal	Hp(kW) / rpm	51.6 (38.5)/5200
Potencia motor	Hp(kW) / rpm	35.3 (26.3)/5200
Potencia rueda	Hp(kW) / rpm	16,8 (12.5)/5200
Potencia arrastre	Hp(kW) / rpm	18. 4 (13.7)/5200
Par	Nm / rpm	89.2/3035

Fuente: Autora

Figura 35. Prueba 1. Diagrama de potencias y par motor (Sistema Internacional)



Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

El gráfico muestra que la primera curva de Potencia de arrastre (verde) es directamente proporcional a las revoluciones del motor, con un alcance máximo de 13,7 kW a las 5200 rpm. La curva de la Potencia de la rueda (azul) asciende hasta llegar a las 3800 rpm alcanzando un máximo de 12,5 kW y a continuación comienza a descender. La curva de la Potencia normal (rojo) se muestra directamente proporcional con respecto a las rpm alcanzando un máximo de 38,5 kW a las 5200 rpm. La curva del Momento normal (naranja) se muestra irregular, alcanza una potencia máxima de 98,2 Nm con 3035 rpm y a continuación comienza a descender.

**Prueba 2:**4ta Marcha Continua

Tabla 6. Prueba 2. Condiciones iniciales

T-ambiente	23.6	°C
T-aspiración	14.4	°C
H-aire	38.3	%
p-aire	717.9	hPa
p-vapor	11.2	hPa

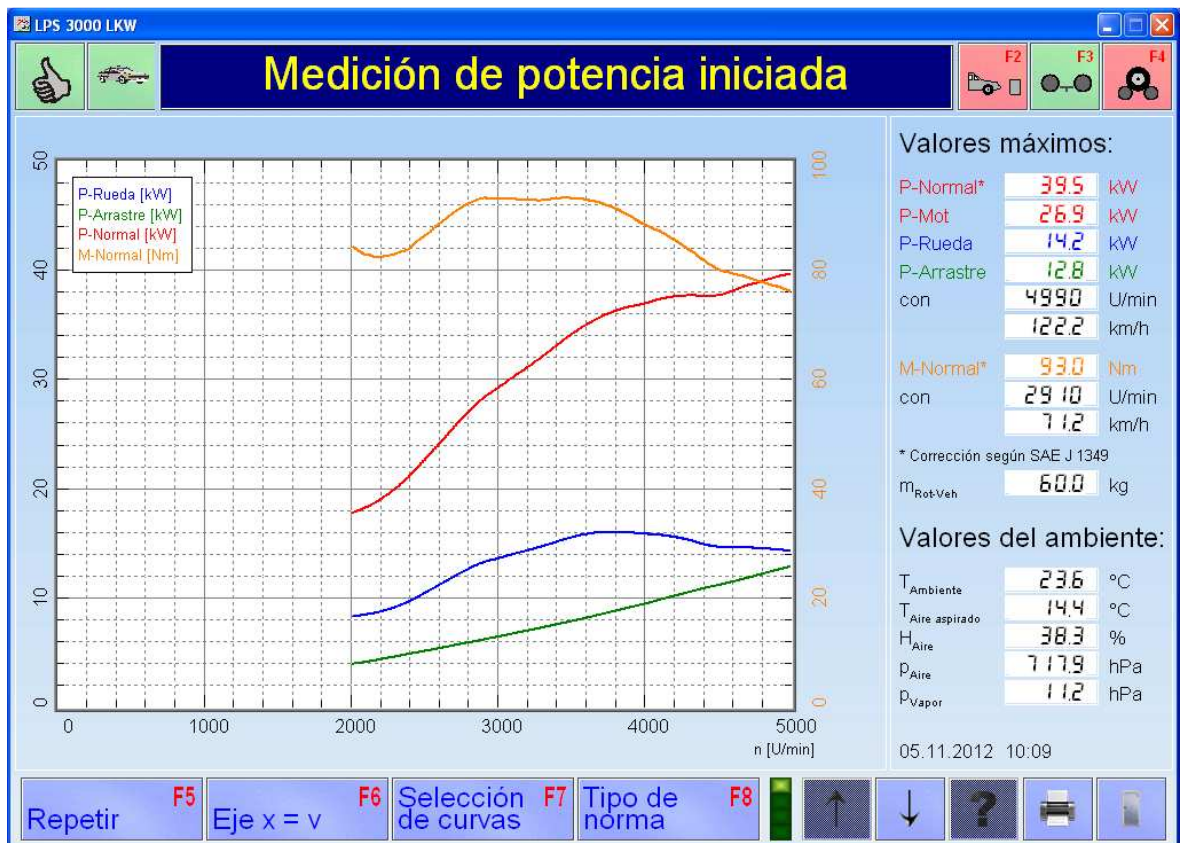
Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

Tabla 7. Prueba 2. Resultados de potencia y par motor

Parámetro	Unidades	Valor
Potencia normal	Hp(kW) / rpm	52.9 (39.5)/4990
Potencia motor	Hp(kW) / rpm	36.1 (26.9)/ 4990
Potencia rueda	Hp(kW) / rpm	19.0 (14.2)/ 4990
Potencia arrastre	Hp(kW) / rpm	17.2 (12.8)/ 4990
Par	Nm / rpm	93/2910

Fuente: Autora

Figura 36. Prueba 2. Diagrama de potencias y par motor (Sistema Internacional)



Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA.

El gráfico muestra que la primera curva de Potencia de arrastre (verde) es directamente proporcional a las revoluciones del motor, con un alcance máximo de 12,8 kW a las 4990 rpm. La curva de la Potencia de la rueda (azul) asciende hasta llegar a las 3800 rpm aproximadamente alcanzando un máximo de 12,8 kW y a continuación comienza a descender. La curva de la Potencia normal (rojo) se muestra directamente proporcional con respecto a las rpm alcanzando un máximo de 39,5 kW a las 4990 rpm. La curva del Momento normal (naranja) se muestra irregular, alcanza una potencia máxima de 93Nm con 2910 rpm y a continuación comienza a descender.

**Prueba 3:** 4ta Marcha Continua

Tabla 8. Prueba 3. Condiciones iniciales

T-ambiente	23.9	°C
T-aspiración	14.6	°C
H-aire	37.2	%
p-aire	717.9	hPa
p-vapor	11.0	hPa

Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

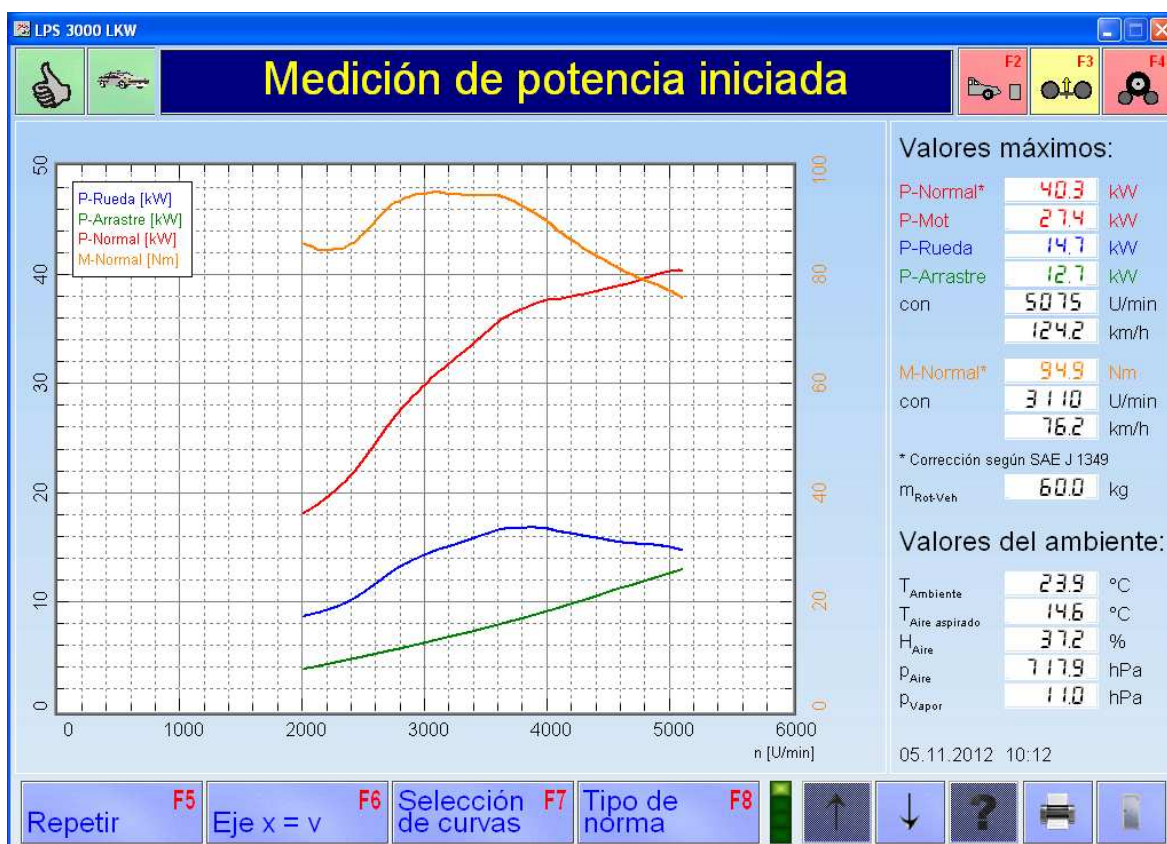


Tabla 9. Prueba 3. Resultados

Parámetro	Unidades	Valor
Potencia normal	Hp(kW) / rpm	54.0 (40.3)/5075
Potencia motor	Hp(kW) / rpm	36.7 (27.4)/ 5075
Potencia rueda	Hp(kW) / rpm	19.7 (14.7)/ 5075
Potencia arrastre	Hp(kW) / rpm	17.0 (12.7)/ 5075
Par	Nm / rpm	94.9/3110

Fuente: Autora

Figura 37. Prueba 3. Diagrama de potencias y par motor (Sistema Internacional)



Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

El gráfico se muestra que la primera curva de Potencia de arrastre (verde) es directamente proporcional a las revoluciones del motor, con un alcance máximo de 12,7 kW a las 5070 rpm. La curva de la Potencia de la rueda (azul) asciende hasta llegar a las 3800 rpm aproximadamente alcanzando un máximo de 14,7 kW y a continuación comienza a descender. La curva de la Potencia normal (rojo) se muestra directamente proporcional con respecto a las rpm alcanzando un máximo de 40,3 kW a las 5070 rpm. La curva del Momento normal (naranja) se muestra irregular, alcanza una potencia máxima de 94,9 Nm con 3110 rpm y a continuación comienza a descender.

**Nota:**

Los datos de la Potencia Normal y los datos del Momento Normal, se realizaron bajo la Certificación según SAE J 1349.

**Resultados obtenidos del banco dinamométrico del motor con el Sistema Bi-fuel**

**Prueba 1:4ta Marcha Continua**

Tabla 10. Prueba 1 con G.L.P. Condiciones iniciales

T-ambiente	24	°C
T-aspiración	14,4	°C
H-aire	39,7	%
p-aire	717,1	hPa
p-vapor	11,8	hPa

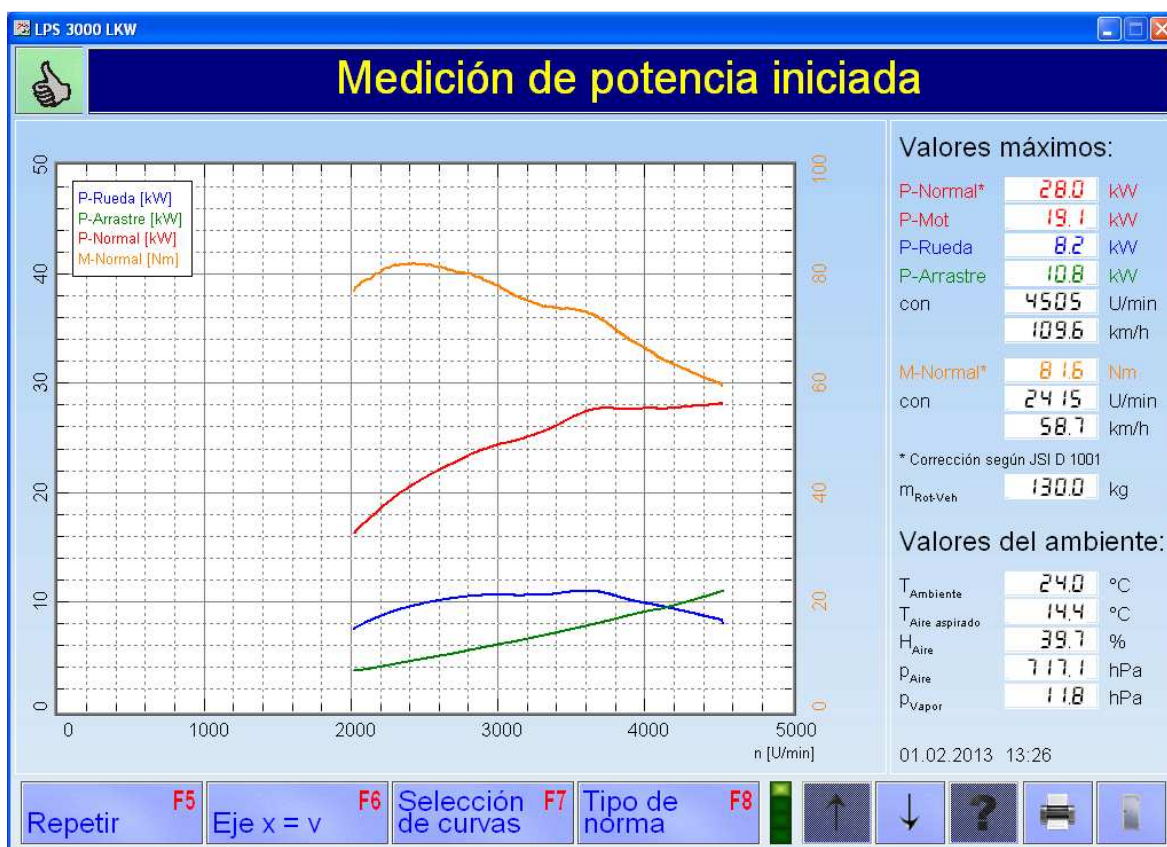
Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

Tabla 11. Prueba 1 con G.L.P. Resultados

Parámetro	Unidades	Valor
Potencia normal	Hp(kW) / rpm	37.5 (28.0)/4505
Potencia motor	Hp(kW) / rpm	25.6 (19.1)/ 4505
Potencia rueda	Hp(kW) / rpm	11.0 (8.2)/ 4505
Potencia arrastre	Hp(kW) / rpm	14.5 (10.8)/ 4505
Par	Nm / rpm	81.6/2415

Fuente: Autora

Figura 38. Prueba 1 con G.L.P. Diagrama de potencias y par



Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

El gráfico muestra que la primera curva de Potencia de arrastre (verde) es directamente proporcional a las revoluciones del motor, con un alcance máximo de 10,8 kW a las 4505 rpm. La curva de la Potencia de la rueda (azul) se muestra irregular llegando a un máximo de 8,2 kW con 3600 rpm aproximadamente. La curva de la Potencia normal (rojo) se muestra directamente proporcional con respecto a las rpm alcanzando un máximo de 28,0 kW a las 4505 rpm. La curva del Momento normal (naranja) se muestra irregular, alcanza una potencia máxima de 81,6 Nm con 2415 rpm y a continuación es inversamente proporcional a las rpm.

### Prueba 2:4ta Marcha Continua

Tabla 12. Prueba 2 con G.L.P. Condiciones iniciales

T-ambiente	23.9	°C
T-aspiración	14.6	°C
H-aire	39.5	%
p-aire	716.8	hPa
p-vapor	11.7	hPa

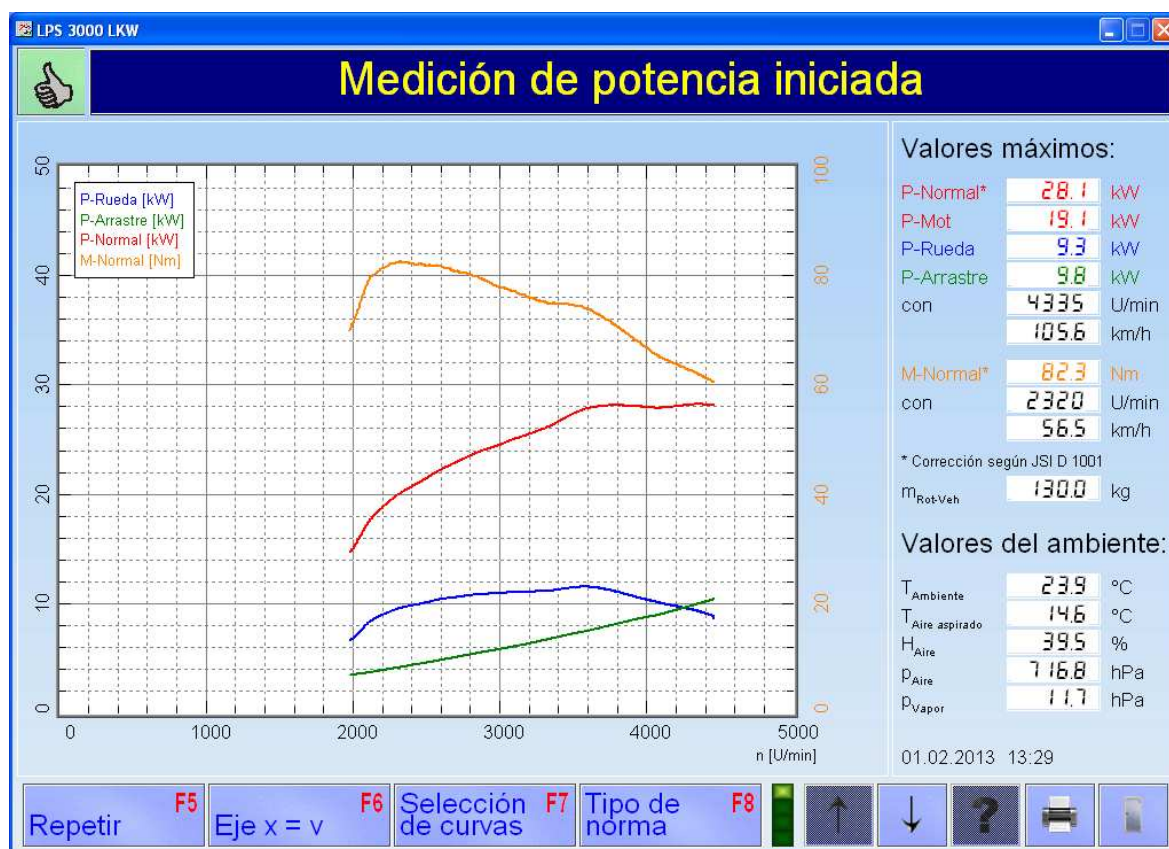
Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

Tabla 13. Prueba 2 con G.L.P. Resultados

Parámetro	Unidades	Valor
Potencia Normal	Hp(kW) / rpm	37.5 (28.1)/4335
Potencia Motor	Hp(kW) / rpm	25.6 (19.1)/ 4335
Potencia Rueda	Hp(kW) / rpm	11.0 (9.3)/ 4335
Potencia Arrastre	Hp(kW) / rpm	14.5 (9.8)/ 4335
Par	Nm / rpm	81.6/2320

Fuente: Creación del Autora

Figura 39. Prueba 2 con G.L.P. Diagrama de potencias



Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

El gráfico muestra que la primera curva de Potencia de arrastre (verde) es directamente proporcional a las revoluciones del motor, con un alcance máximo de 9,8 kW a las 4335 rpm. La curva de la Potencia de la rueda (azul) se muestra irregular llegando a un máximo de 9,3 kW con 3600 rpm aproximadamente. La curva de la Potencia normal (rojo) se muestra directamente proporcional con respecto a las rpm alcanzando un máximo de 28,1 kW a las 4335 rpm. La curva del Momento normal (naranja) se muestra irregular, alcanza una potencia máxima de 82,3 Nm con 2320 rpm y a continuación es inversamente proporcional a las rpm.

**Prueba 3:4ta Marcha Continua**

Tabla 14. Prueba 3 con G.L.P. Condiciones iniciales

T-ambiente	23,8	°C
T-aspiración	14,7	°C
H-aire	39,4	%
p-aire	716,8	hPa
p-vapor	11,6	hPa

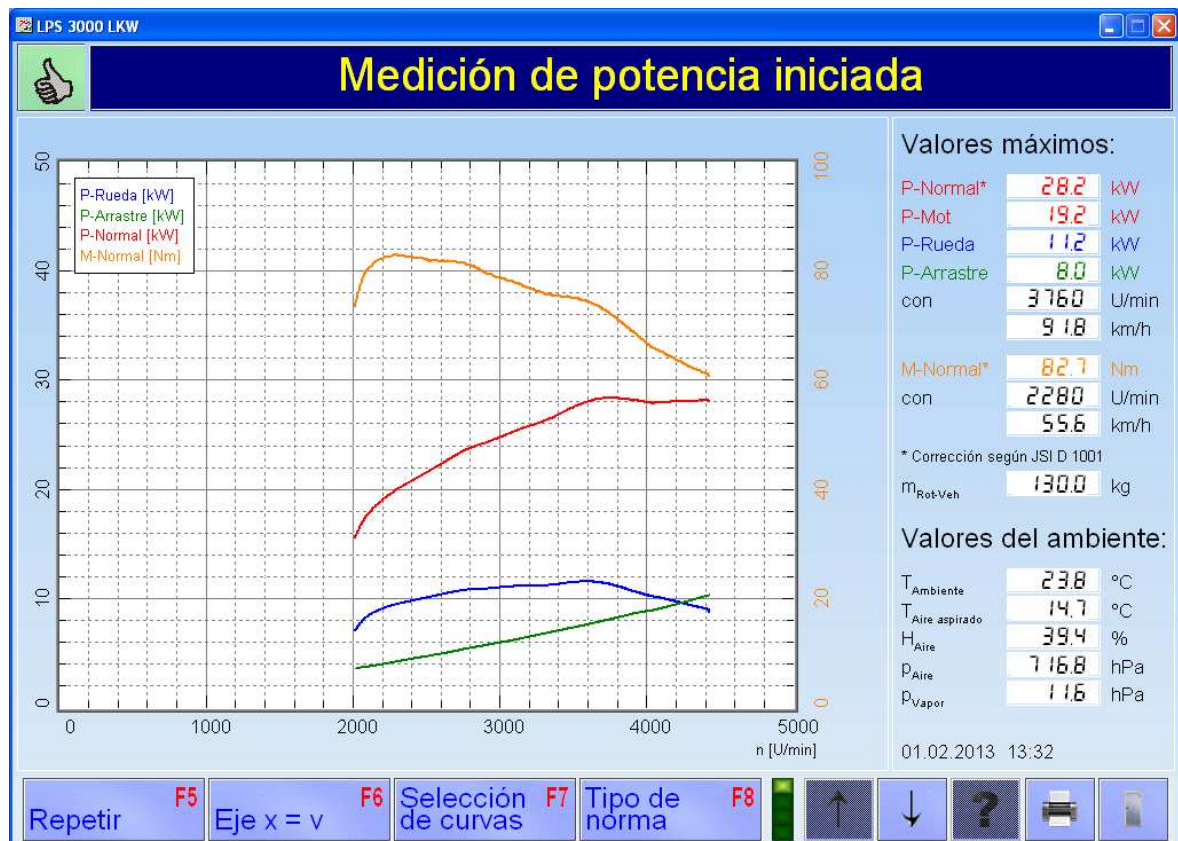
Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

Tabla 15. Prueba 3 con G.L.P. Resultados

Parámetro	Unidades	Valor
Potencia Normal	Hp(kW) / rpm	37.5 (28.2)/3760
Potencia Motor	Hp(kW) / rpm	25.6 (19.2)/ 3760
Potencia Rueda	Hp(kW) / rpm	11.0 (11.2)/ 3760
Potencia Arrastre	Hp(kW) / rpm	14.5 (8.0)/ 3760
Par	Nm / rpm	82.7/2280

Fuente: Creación delaAutora

Figura 40. Prueba 3 con G.L.P. Diagrama de potencias



Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

El gráfico muestra que la primera curva de Potencia de arrastre (verde) es directamente proporcional a las revoluciones del motor, con un alcance máximo de 8 kW a las 3760 rpm. La curva de la Potencia de la rueda (azul) se muestra irregular llegando a un máximo de 11,2 kW con 3600 rpm aproximadamente. La curva de la Potencia normal (rojo) se muestra directamente proporcional con respecto a las rpm alcanzando un máximo de 19,2 kW a las 3760 rpm. La curva del Momento normal (naranja) se muestra irregular, alcanza una potencia máxima de 82,7 Nm con 2280 rpm y a continuación es inversamente proporcional a las rpm.

La Potencia Normal que se observa en el gráfico es la Potencia indicada que se obtuvo mediante las pruebas realizadas; además, se observa que existe el valor de la Potencia del motor o Potencia efectiva que es la suma de la Potencia de la rueda y la Potencia de arrastre, siendo ésta última la potencia que se pierde por la fricción que se crea y por la fuerza necesaria para vencer la inercia inicial.

Como se muestra en la figura, las curvas de potencia y de par motor se forman desde el régimen de giro de los 2000 rpm hasta el máximo de r.p.m que da el vehículo y que el software requiere durante el proceso de la prueba.

**4.2.4 Análisis y comparación de resultados.** Antes de realizar un análisis, es necesario conocer la nomenclatura aplicada para el análisis y estudio tecnológico:

#### ***Nomenclatura***

Vu:	Volumen o cilindrada unitaria
S:	Superficie del pistón
L:	Carrera
D:	Diámetro
Vt:	Volumen o cilindrada total.
N:	Número de cilindros
Rc:	Relación de compresión
Vc:	Volumen de la cámara de combustión
Y:	Relación carrera a diámetro
Vm:	Velocidad media del pistón
Vr:	Velocidad de rotación del pistón
Pi:	Potencia indicada.
pi:	Presión media indicada
n:	Número de revoluciones
F:	Fuerza sobre la cabeza del pistón

Pe: Potencia efectiva  
Md: Par motor  
PME: presión media efectiva  
Pa: Potencia absorbida

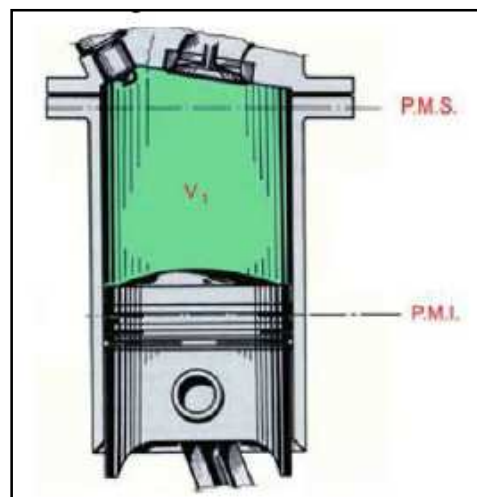
Para este análisis se utilizó los datos teóricos del fabricante del motor del vehículo Chevrolet –Vitara, además, también se usó datos obtenidos de las distintas pruebas realizadas durante la Línea base para establecer el estado actual del motor; esto se debe a que para obtener datos reales por medio de los cálculos, es necesario trabajar con datos existentes.

Los cálculos técnicos realizados, entre otras cosas, nos permitirán establecer una relación del motor en condiciones estándar y una vez implementado el sistema Bi-fuel de forma que se determine el porcentaje de potencia aumentada o reducida en el motor. A continuación se muestran algunos parámetros a analizar:

### ***Volumen o cilindrada unitaria***

El recorrido (L) que efectúa el émbolo entre el PMS y el PMI se denomina carrera, que multiplicada por la superficie (S) del pistón, en función de su diámetro denominado calibre, determina el volumen o cilindrada unitaria ( $V_u$ ), que corresponde al volumen de la mezcla aspirada durante la admisión. [18]

Figura 41. Cilindrada unitaria.



Fuente: FIAT BUSINESS UNIT, *Automoción: Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares*

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

$$V_u = S * L \quad (1)$$

$$V_u = \frac{\pi * d^2}{4} * L$$

$$V_u = \frac{\pi * (7,5 \text{ cm})^2}{4} * (9,0 \text{ cm})$$

$$V_u = 397,608 \text{ cm}^3$$

### **Relación de compresión**

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

Debido a los combustibles utilizados (gasolina y G.L.P.), la relación de compresión en los motores de combustión interna no puede ser elevada, ya que está limitada por la temperatura alcanzada por la mezcla durante la compresión en el interior del cilindro, la cual no puede ser superior a la temperatura de autoinflamación de la mezcla fuera del cilindro, con tiempo suficiente durante la aspiración y la compresión para obtener una buena carburación de la misma, permite una rápida combustión, con lo que se puede obtener un elevado número de revoluciones en el motor.[19]

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

Como se indicó anteriormente, la relación de compresión de un motor viene dado por el fabricante por lo que para nuestro caso el valor que tenemos es de 9,3 /1

### **Volumen de la cámara de combustión**

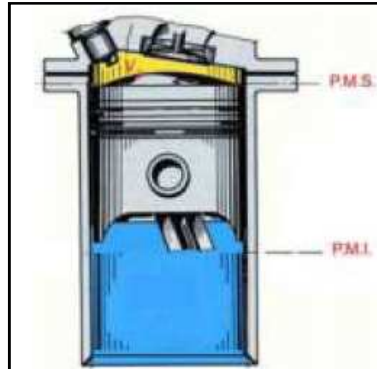
Es el volumen comprendido entre la cabeza del pistón cuando se encuentre en PMS y la superficie de la culata. En los motores de combustión interna se considera como el espacio en donde tiene lugar la combustión de la mezcla de aire combustible.

La cámara de combustión no es totalmente plana, sino que debe cumplir con algunos requisitos, para ser eficiente, como el hecho de ser pequeña para reducir al mínimo la superficie absorbente del calor generado por la inflamación de la mezcla, no tener grietas o rincones que causen combustión espontánea o cascabeleo y debe poseer un espacio para la ubicación de la bujía, la cual preferiblemente debe estar en el centro geométrico de la cámara. La forma de la cámara de combustión está estrechamente



ligada al rendimiento del motor, por esto es que existen diferentes formas y tamaños que dependen también de la relación carrera / diámetro.[20]

Figura 42. Volumen de la cámara de combustión



Fuente: FIAT BUSINESS UNIT, *Automoción: Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares*

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

$$V_c = \frac{V_u}{R_c - 1}$$
$$V_c = \frac{397,608 \text{ cm}^3}{9,3 - 1}$$
$$V_c = 47,9 \text{ cm}^3$$

### ***Volumen o cilindrada total***

El Volumen o Cilindrada Total ( $V_t$ ), es el volumen de mezcla (aire-combustible) multiplicado por el número de cilindros que posee el motor de combustión interna. De esta manera, partiendo de la siguiente ecuación obtenemos el siguiente valor de la cilindrada total [21]

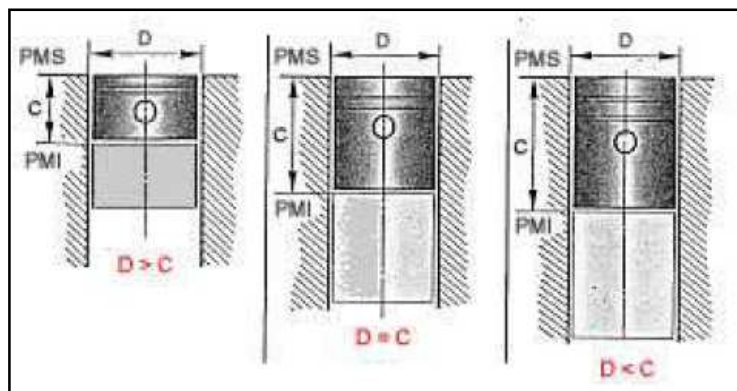
$$V_t = V_u * N \tag{3}$$
$$V_t = 397,608 \text{ cm}^3 * 4$$
$$V_t = 1590,4 \text{ cm}^3$$

### **Relación de carrera a diámetro**

Teniendo en cuenta que para conseguir un cierto volumen del cilindro solo es posible jugar con su calibre y su carrera, existen diversas razones por las cuales se construyen los motores de un tipo o de otro. La relación entre la carrera y el diámetro en los motores puede ser de tres tipos [22]

- Motores cuadrados.
- Motores súpercuadrados o de carrera corta.
- Motores de carrera larga.

Figura 43. Relación de carrera a diámetro en un motor



Fuente: [www.mecanicavirtual.org/cur\\_mec\\_cilindrada.htm](http://www.mecanicavirtual.org/cur_mec_cilindrada.htm)

### **Motores de carrera larga**

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

### **Ventajas de los Motores de Carrera Larga**

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

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

- Más disipación del calor.

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

$$\theta = \frac{L}{D} \quad (4)$$

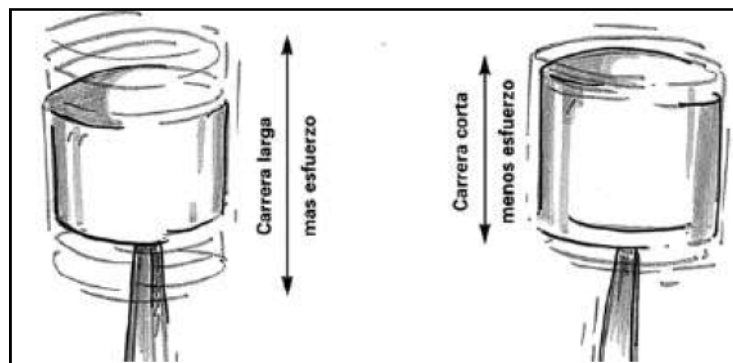
$$\theta = \frac{9,0 \text{ cm}}{7,5 \text{ cm}}$$

$$\theta = 1,2$$

### **Velocidad del émbolo**

Por cada revolución del cigüeñal, el pistón recorre un espacio que corresponde a dos carreras del mismo. En los motores para automóviles el valor de la velocidad media del pistón es aproximadamente de 1.5 a 15 m/s (metros por segundo) y difícilmente se superan los 20 a 22 m/s incluso en el caso de coches de competición, a causa del elevado esfuerzo mecánico que se deriva.[23]

Figura 44. Velocidad de los pistones en función de la carrera



Fuente: FIAT BUSINESS UNIT, *Automoción: Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares*

Las fuerzas alternas de inercia (que derivan del movimiento alterno del pistón) y las fuerzas centrífugas (que origina la rotación del cigüeñal) son las que provocan las fuerzas mecánicas que se pierden al aplicarse contra el bloque del motor en lugar de aprovecharse sobre el cigüeñal. Las fuerzas alternas de inercia se consideran proporcionales a la velocidad media del pistón y a la cilindrada unitaria. Por lo tanto entre dos motores con igual cilindrada unitaria y que funcionen con el mismo régimen de rotación, el motor con mayor velocidad media del pistón (mayor carrera) está sujeto a fuerzas de inercia más elevadas y por lo tanto a un mayor esfuerzo perdido sobre el bloque, o lo que es lo mismo, a igual velocidad media del pistón el motor con mayor

cilindrada es el que pierde más esfuerzo sobre el bloque por poseer mayor masa los pistones.

Cuando el émbolo llega al PMS se detiene para cambiar el sentido de su movimiento, por lo que en este punto su velocidad es nula, a medida que baja va aumentando su velocidad, y poco antes de llegar al centro de su carrera alcanza la velocidad máxima, que va disminuyendo para ser nula en el PMI.

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

$$Vm = \frac{Vr * 2 * L}{60} \quad (5)$$

$$Vm = \frac{1000 \text{ rpm} * 2 * 0,09 \text{ m}}{60}$$

$$Vm = 3,0 \text{ m/s}$$

### ***Cálculos de potencia y presiones para el motor Vítara 2003***

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

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

En un motor, cuanto mayor sea su cilindrada, mayor puede ser la cantidad de mezcla de aire y gasolina que se puede introducir en sus cilindros y por consiguiente mayor será la fuerza generada cuando se produce la explosión de la mezcla por el efecto de la chispa en la bujía. De esta forma la potencia que nos da el motor será mayor. Si aumenta el número de explosiones por unidad de tiempo para una misma cilindrada y para un mismo llenado de los cilindros, entenderemos que la potencia aumentará. Así

la potencia dependerá directamente de la cilindrada y del número de revoluciones del motor.

### **Potencia indicada**

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

La potencia indicada para este caso fue obtenida en el banco de pruebas:  $p_i = 39,5$  kW(52,8 Hp) para el vehículo con el motor estándar y  $p_i = 28,1$  kW(37,5 Hp) para el motor con el sistema Bi-fuel instalado. Por medio de la presión indicada es posible obtener la presión media indicada, lo cual se indica a continuación[24]

$$p_i = \frac{P_i * V_u * n}{120} \quad (6)$$

$$P_i = \frac{p_i * 120}{V_u * n}$$

Motor estándar:

$$P_i = \frac{39400 \frac{m^2 \cdot Kg}{s^2} * 120}{0,000397608 m^3 * 5088}$$

$$P_i = \frac{39400 * 120}{0,000397608 * 5088}$$

$$P_i = 2,337089 * 10^6 \frac{Kg}{m s^2}$$

Motor Bi-fuel:

$$P_i = \frac{28100 \frac{m^2 \cdot Kg}{s^2} * 120}{0,000397608 m^3 * 4200}$$

$$P_i = \frac{28100 * 120}{0,000397608 * 4200}$$

$$P_i = 2,019212 * 10^6 \frac{Kg}{m s^2}$$

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

$$F = Pi * \frac{\pi * D^2}{4} \quad (7)$$

Motor estándar

$$F = 2,337089 * 10^6 \frac{Kg}{m s^2} * \frac{\pi * (0,075m)^2}{4}$$

$$F = 1,032494292 * 10^4 N$$

$$F = 10,32494292 KN$$

Motor Bi-fuel

$$F = 2,019212 * 10^6 \frac{Kg}{m s^2} * \frac{\pi * (0,075m)^2}{4}$$

$$F = 8,920630887 * 10^4 N$$

$$F = 8,920630887 KN$$

### **Par motor y potencia efectiva**

El par motor es la fuerza (F) que se aplica al pistón y este a su vez la transfiere a la biela para finalmente llegar al codo del cigüeñal para hacerlo girar, produciéndose de esta manera un esfuerzo de rotación o de giro. En los motores de combustión interna, el par motor no se obtiene al máximo régimen de giro, sino al contrario, debido a que la mayor presión dentro del cilindro se consigue con un mejor llenado del mismo, aumentando de esta manera el par motor. El par motor por el régimen de giro da la potencia del motor.[25]

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

Así mismo, se puede decir que el par motor representa la capacidad del motor para producir trabajo, mientras que la potencia efectiva es la medida de la capacidad de trabajo realizado por el motor en un determinado tiempo. Tomando en cuenta estos parámetros damos a conocer la potencia efectiva obtenida para nuestro motor:

$$Pe = \frac{Md * n}{9550} \quad (8)$$

Motor estándar:

$$Pe = \frac{92,37 \text{ Nm} * 3018 \text{ rpm}}{9550}$$

$$Pe = 29,19 \text{ kW}$$

Motor Bi-fuel:

$$Pe = \frac{82,20 \text{ Nm} * 2338 \text{ rpm}}{9550}$$

$$Pe = 20,12 \text{ kW}$$

### **Presión media efectiva**

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

Esta presión nos ofrece una indicación del empuje de los gases durante las fases de combustión y expansión, así como de las pérdidas por calor o fricción durante un ciclo operativo en un motor, por lo que es un parámetro fundamental para valorar las prestaciones del motor.[26]

$$Pi = \frac{Vt * n * PME}{1200} \quad (9)$$

$$PME = \frac{1200 * pi}{Vt * n}$$

Motor Estándar:

$$PME = \frac{1200 * 39,3 \text{ kW}}{1,5904 \text{ dm}^3 * 5088 \text{ rpm}}$$

$$PME = 5,828010516 \text{ bar de sobrepresión}$$

Motor Bi-fuel:

$$PME = \frac{1200 * 28,10 \text{ kW}}{1,5904 \text{ dm}^3 * 4200 \text{ rpm}}$$

$$PME = 5,048146019 \text{ bar de sobrepresión}$$

**4.2.5 Análisis de la pérdida de potencia.** Claramente se observa la diferencia entre la potencia indicada del vehículo con el uso del motor estándar, es decir a gasolina, en comparación con el vehículo Bi-fuel en el que se usa G.L.P. teniendo un margen de variación en su valor como se indica a continuación:

Pérdida de  $p_i = p_i$  motor Gasolina –  $p_i$  motor Bi-fuel

Pérdida de  $p_i = 39,4 \text{ kW} - 28,1 \text{ kW}$

Pérdida de  $p_i = 11,3 \text{ kW}$

La diferencia entre la potencia indicada se ha comprobado realizando una prueba teórica.

Tomando en cuenta el valor de potencia indicada con el motor estándar y los valores de la potencia indicada medida en el banco de pruebas y el valor de la potencia efectiva calculada, se obtiene los siguientes porcentajes de las potencias para conocer el rendimiento mecánico del motor del vehículo y cuanta pérdida de potencia existe en tanto por ciento.

Potencia Indicada (Motor estándar)	39,4 kW	100%	
Potencia Indicada (Motor Bi-fuel)	28,1 kW	x	= 77,319797 %
Potencia Efectiva (Motor estándar)	29,19 kW	100%	
Potencia Efectiva (Motor Bi-fuel)	20,12 kW	x	= 68,927715 %

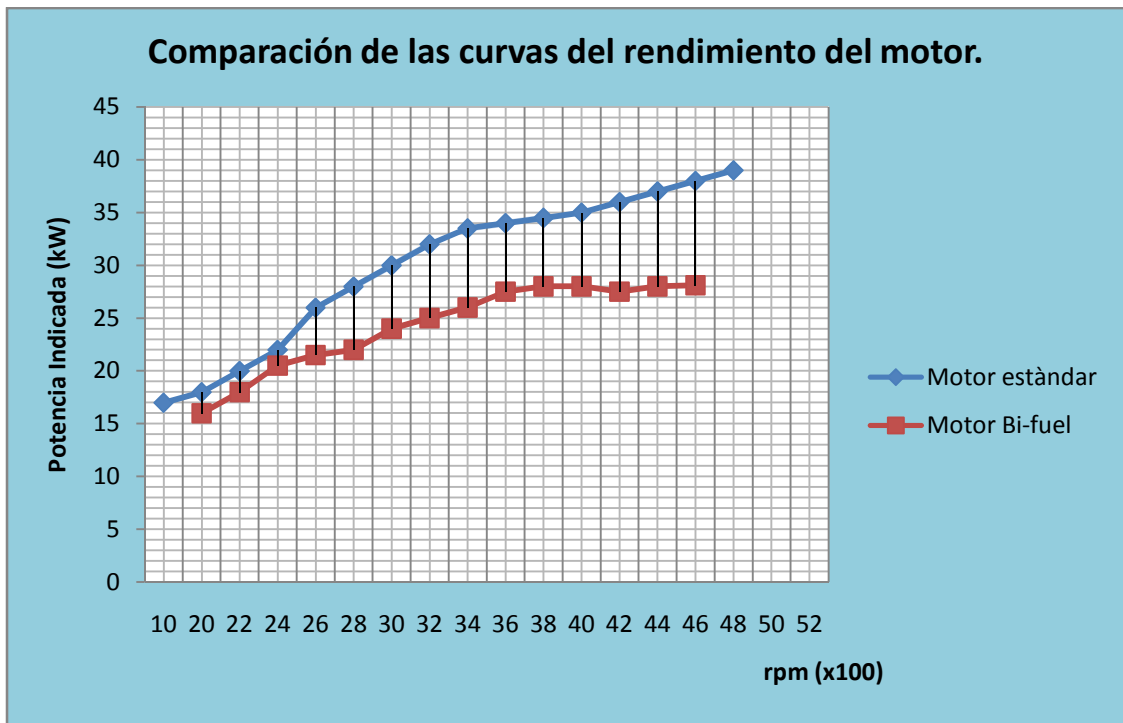
Porcentaje de Pérdida de Potencia Indicada =  $100\% - 77,319797\% = 22,680203\%$

Porcentaje de Pérdida de Potencia Efectiva =  $100\% - 68,927715\% = 31,072285\%$

En la gráfica se describe que la Potencia Indicada entre el motor estándar y el motor Bi-fuel en ralentí, la diferencia es pequeña pero es más notoria al incrementar las revoluciones por minuto, demostrando así un alto índice de pérdida de Potencia Indicada.



Figura 45. Comparación de las curvas del rendimiento del motor



Fuente:Autora

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DEL MOTOR CON LOS DOS SISTEMAS

#### 5.1 Pruebas de emisiones de gases del vehículo

Antes de realizar las pruebas de emisiones de gases del vehículo se debe tomar en cuenta que para el ajuste de emisiones en marcha mínima, se debe emplear un analizador de gases que determine como mínimo O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> e hidrocarburos conforme a lo estipulado en la norma NTE INEN 2 311: 2008.(Ver Anexo E).

El método de ensayo que se utilizó para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape de marcha mínima o ralentí está regido bajo la norma NTE INEN 2 203: 2000.

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

Los parámetros para la medición de las emisiones en el tubo de escape son los gases en PPM (partes por millón). La prueba más común usada hasta la actualidad es la prueba de movimiento ausente (en dos velocidades) para luego ser reemplazada por el dinamómetro. La última variante conocida es la del modo de simulación acelerada, ASM (Accelerated Simulated Mode), que son para tres gases y no solo para dos; si una emisión de gases es más alta que las demás, el vehículo no aprueba.

El analizador de gases de escape nos permite medir las proporciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno, hidrocarburos y factor lambda. Es importante mencionar los valores o parámetros dentro de los cuales un vehículo es aceptable por las entidades controladoras de emisiones de vehículos siendo los siguientes:

Tabla 16. Porcentaje de monóxido de carbono (CO.)

Porcentaje	Motor
Entre 2,5 y 0,5 %	Alimentados por carburador
Entre 1,5 y 0,5 %	Alimentados por inyección
Entre 0,3 y 0,1 %	Provistos de catalizador

Fuente: [www.starmedia,autocity,com/documentos-tecnicos](http://www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos)

Tabla 17. Proporción de hidrocarburos (HC)

Porcentaje	Motor
Hasta 300 ppm	Alimentados por carburador
Entre 50 y 150 ppm	Alimentados por inyección
Menos de 50 ppm	Provistos de catalizador

Fuente: [www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos](http://www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos)

Tabla 18. Proporción de oxígeno (O<sub>2</sub>)

Porcentaje	Motor
Entre 1,5 y 0,7 %	Alimentados por carburador
Entre 0,8 y 0,4 %	Alimentados por inyección
Entre 0,4 y 0,1 %	Provistos de catalizador

Fuente: [www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos](http://www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos).

Tabla 19. Factor Lambda

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

Fuente: [www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos](http://www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos).

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

## 5.2 Resultados de pruebas de emisiones contaminantes del vehículo con el sistema G.L.P.

Las pruebas realizadas en el banco dinamométrico se realizan en el margen de dos tiempos en revoluciones en ralentí, los datos obtenidos se muestran como porcentajes de volumen para los gases como el anhídrido carbónico, dióxido de carbono, dióxido, el factor lambda. Mientras que hidrocarburos no quemados, el óxido nitroso y óxido nítrico se analizan a manera de partes por millón.

Para las mediciones en las pruebas dinámicas los resultados obtenidos son analizados para el óxido de carbono y el dióxido de carbono.

Los resultados obtenidos del banco dinamométrico son:

### Pruebas Estáticas:

Figura 46. Resultados de la prueba estática con el sistema G.L.P.

Resultados del Analizador de Gases			
	Medición 1	Medición 2	
CO	0.45	0.73	% Vol
CO <sub>2</sub>	14.00	13.80	% Vol
CO corregido	0.47	0.75	% Vol
HC	207	127	ppm
O <sub>2</sub>	0.89	0.76	% Vol
NO <sub>x</sub>	62	167	ppm
Lambda	1.021	1.009	
RPM	940	2610	min <sup>-1</sup>
Temp. Aceite	---	---	°C

Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

### Pruebas Dinámicas:

Tabla 20. Resultados de las pruebas dinámicas con el sistema G.L.P.

t	rpm	P	CO	CO2	HC
[s]	[U/min]	[kW]	[% vol]	[% vol]	[ppm vol]
0,031	792	0	0,47	0,81	261
26.439	2.312	-0,37	0,69	0,59	197
52.939	2.317	1.320	0,86	0,69	219
79.448	1.966	-0,3	0,84	0,52	173
105.966	1.876	0,91	1.490	2.270	579
132.442	1.989	0,47	1.520	0,83	240
158.942	2.311	0,55	0,8	0,72	170
185.461	3.251	3.190	0,57	0,54	133
211.962	3.444	-1.100	0,66	0,62	103
238.462	1.373	-5.470	1.900	4.110	1.519

Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

### 5.3 Resultados pruebas de emisiones contaminantes sin el sistema G.L.P.

#### Pruebas Estáticas:

Figura 47. Resultados de la prueba estática con el motor estándar

Resultados del Analizador de Gases			
	Medición 1	Medición 2	
CO	5.79	5.51	% Vol
CO <sub>2</sub>	2.90	9.70	% Vol
CO corregido	9.33	5.51	% Vol
HC	510	501	ppm
O <sub>2</sub>	8.81	0.30	% Vol
NO <sub>x</sub>	2	11	ppm
Lambda	1.256	0.830	
RPM	0	0	min <sup>-1</sup>
Temp. Aceite	---	---	°C

Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

#### Pruebas Dinámicas:

Tabla 21. Resultados de las pruebas dinámicas con el motor estándar

t [s]	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO
[s]	[% vol]	[% vol]	[ppm vol]	[% vol]	[ppm vol]
0,031	6,84	6,7	6360	3,65	35
25,994	0,13	12,4	129	1,47	216
51,999	0,50	11,1	1064	2,3	310
77,990	0,11	12,3	89	1,42	293
103,997	4,76	6,9	1056	5,57	124
130,002	0,84	12,2	369	1,33	205
156,005	1,08	12,1	160	1,28	259
182,009	0,06	10,6	103	4,29	261
208,009	0,06	9,9	94	5,31	148
234,009	0,37	10,6	1833	2,29	131

Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

## 5.4 Análisis y comparación de resultados de emisiones

Los valores de los gases de escape que fueron analizados se indican en función de las rpm del vehículo, que fueron registrados por el software de la prueba dinámica, es decir como si el vehículo estuviese en ruta, se la conoce como Prueba IM240.

Realizando el análisis se puede establecer que la emanación de los gases de escape del vehículo son los correctos, debido a que los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores nominales de las tablas 16,17 y 18. Sin embargo es importante conocer los valores o porcentajes que la norma INENNTE 2 204: 2000. que rige dentro de nuestro país para corroborar que el vehículo cumple con los requerimientos necesarios; esta norma da un par de tablas del índice de cada gas según el año de fabricación del vehículo.

Tabla 22. Límites máximos de emisiones permitidos para móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200

\* Volumen  
\*\*Altitud - metros sobre el nivel del mar (msnm).

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización INENNTE 2 204

Tabla 23. Límites máximos de emisiones para móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)\* a partir del año modelo 2000

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de Referencia (kg)	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
M1 <sup>(1)</sup>	≤ < 3 500		2,72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1 <sup>(2)</sup> , N1		< 1 250	2,72	0,97		2
		> 1 250 < 1 700	5,17	1,4		2
		> 1 700	6,9	1,7		2

\* Prueba realizada a nivel del mar  
<sup>(1)</sup> Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas  
<sup>(2)</sup> Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización INENNTE 2 204

Realizando un análisis de los valores obtenidos en el vehículo y comparándolos con los porcentajes de la Tabla 22. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina y con el sistema Bi-fuel en Marcha mínima o ralentí (prueba estática), así se establece las condiciones en las que se encuentra nuestro vehículo referente a los gases de escape:

Tabla 24. Comparación de emisiones de CO (Prueba estática)

Combustible	%	CO Valor máximo 1%
Gasolina	5,79	x
	5,51	x
G.L.P.	0,45	✓
	0,73	✓

Fuente: Autora

Tabla 25. Comparación de emisiones de HC (Prueba estática)

Combustible	ppm	HC Valor máx. 200ppm
Gasolina	510	x
	501	x
G.L.P.	207	x
	127	✓

Fuente: Autora

Como se puede observar, según los resultados de las pruebas estáticas, los índices de gases contaminantes del vehículo con el sistema Bi- fuel en un 75 %, están dentro de los márgenes establecidos por la norma a diferencia del vehículo con el uso único de gasolina, en el que encontramos que todas las emisiones sobrepasan el límite establecido por la norma, dando así ventaja al uso de G.L.P.

En las pruebas con G.L.P., existe un régimen que está fuera del rango establecido pero esto no indica que el vehículo posee un alto nivel de contaminación.

En lo que respecta a las Pruebas Dinámicas, tomando los datos de peso, año de fabricación del vehículo y altura sobre el nivel del mar, se obtiene una tabla comparativa en la que se muestra la superioridad y ventaja que el vehículo con el sistema Bi-fuel, obtiene menos emisiones contaminantes con referencia al uso único de Gasolina.

Fácilmente se observa que como producto de la combustión en las pruebas con el motor a gasolina vs el motor Bi-fuel, las emisiones contaminantes en el motor a gasolina son altamente elevadas en los distintos márgenes de tiempo durante las pruebas, la representación gráfica de los promedios de estas emisiones se observa en la figura 48.

Tabla 26. Comparación de emisiones. Pruebas Dinámicas

CO (%)		CO2 (%)		HC (ppm)	
G.L.P.	GASOLINA	G.L.P.	GASOLINA	G.L.P.	GASOLINA
0,47	6,84	0,81	6,7	261	6360
0,69	0,13	0,59	12,4	197	129
0,86	0,50	0,69	11,1	219	1064
0,84	0,11	0,52	12,3	173	89
1,49	4,76	2,270	6,9	579	1056
1,52	0,84	0,83	12,2	240	369
0,8	1,08	0,72	12,1	170	160
0,57	0,06	0,54	10,6	133	103
0,66	0,06	0,62	9,9	103	94
1,90	0,37	4,110	10,6	1.519	1833

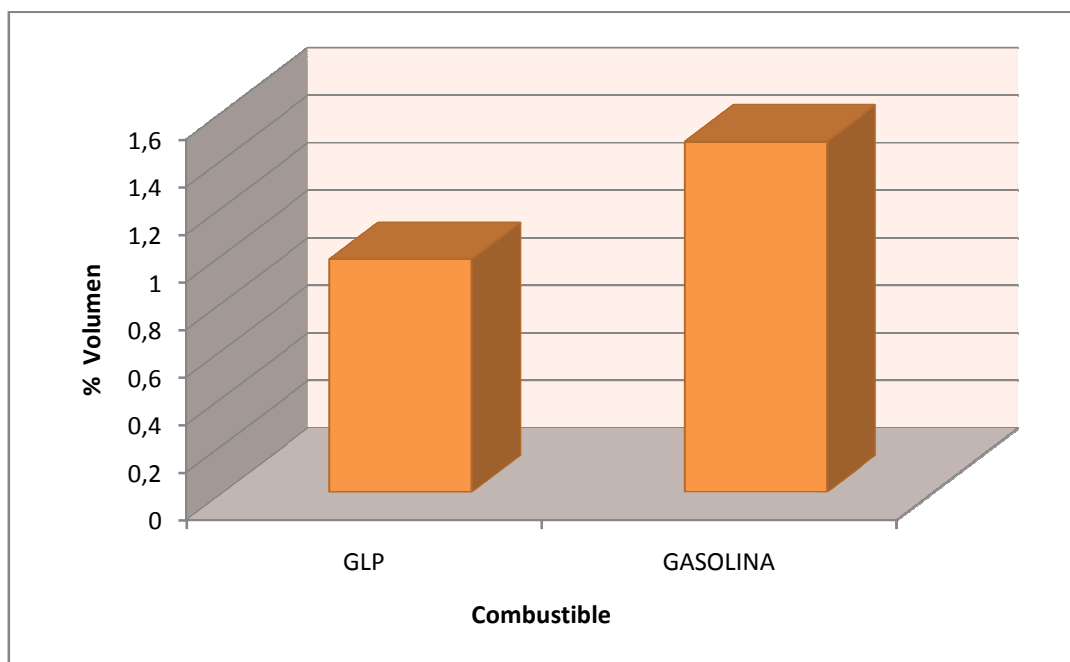
Fuente: Autora

Tabla 27. Comparación de emisiones. Promedios. Pruebas dinámicas

CO (%)		CO2 (%)		HC (ppm)	
G.L.P.	GASOLINA	G.L.P.	GASOLINA	G.L.P.	GASOLINA
0,98	1,475	1,17	10,48	207,65	1125,7

Fuente: Autora

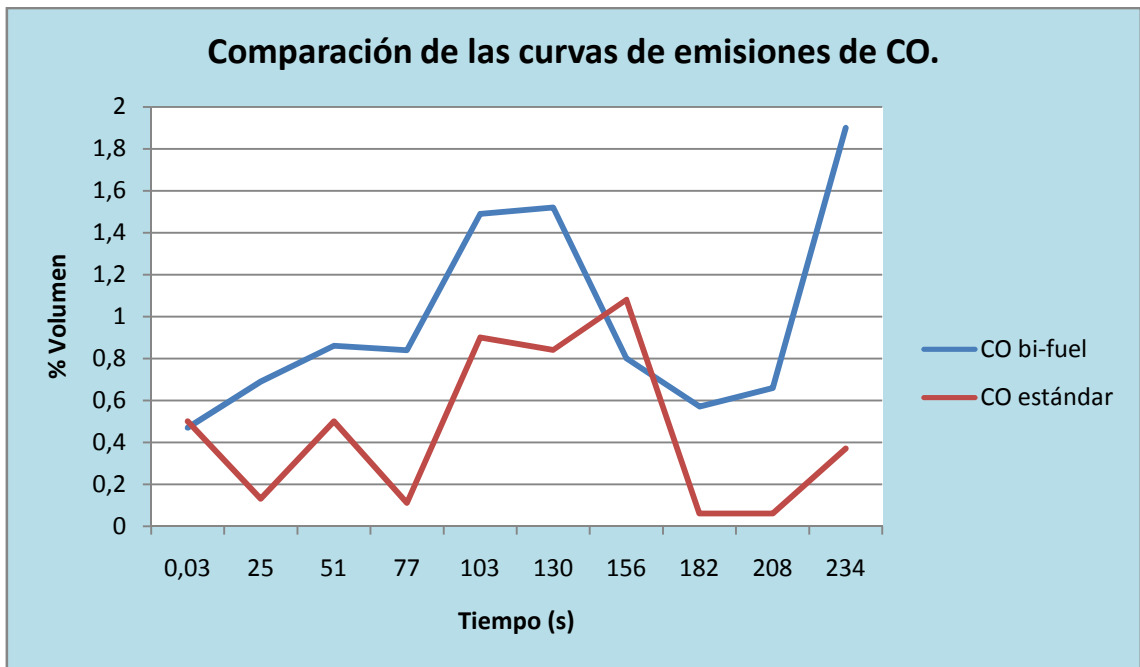
Figura 48. Promedios de CO. G.L.P. vs gasolina



Fuente: Autora

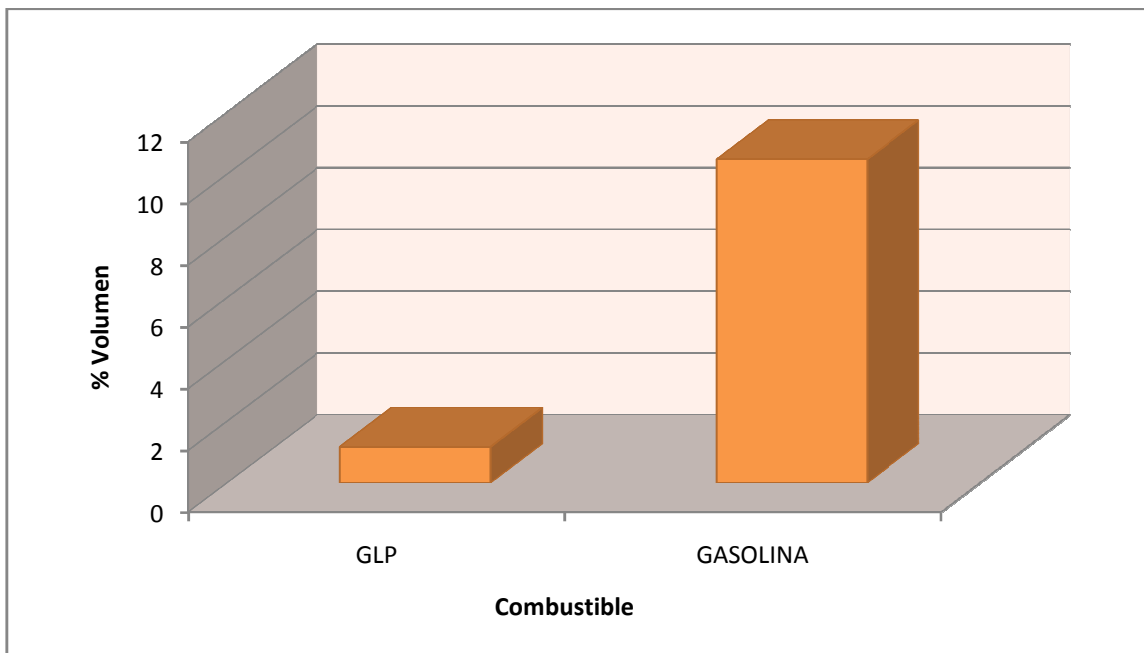


Figura 49. Comparación de las curvas de emisiones de CO.



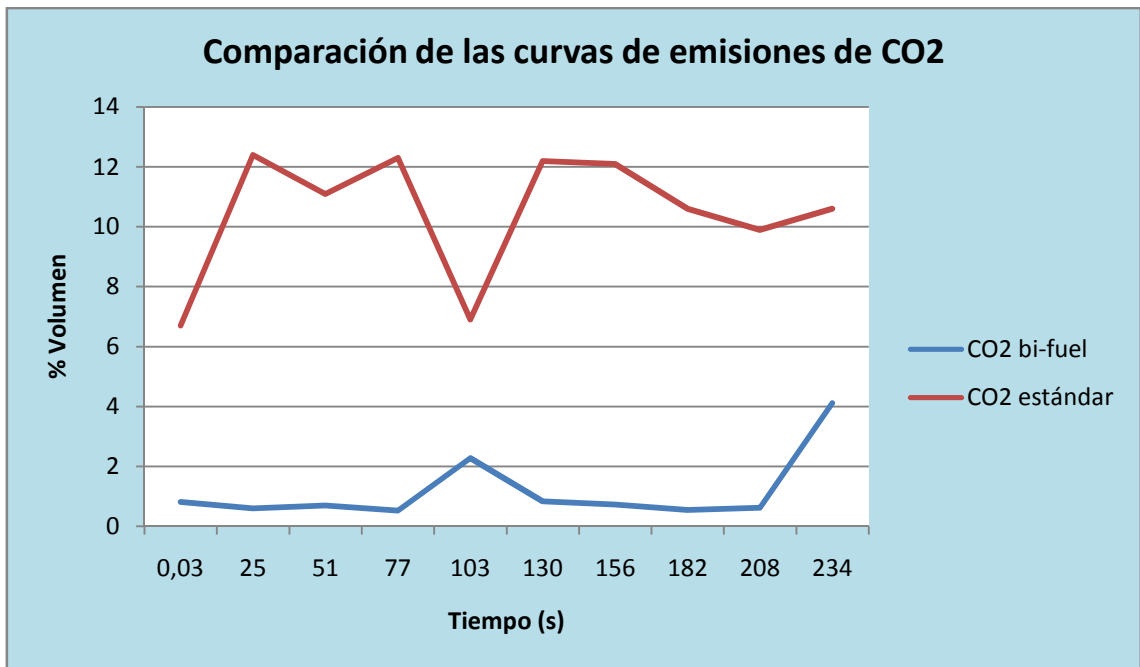
Fuente: Autora

Figura 50. Promedios de CO2. G.L.P. vs gasolina



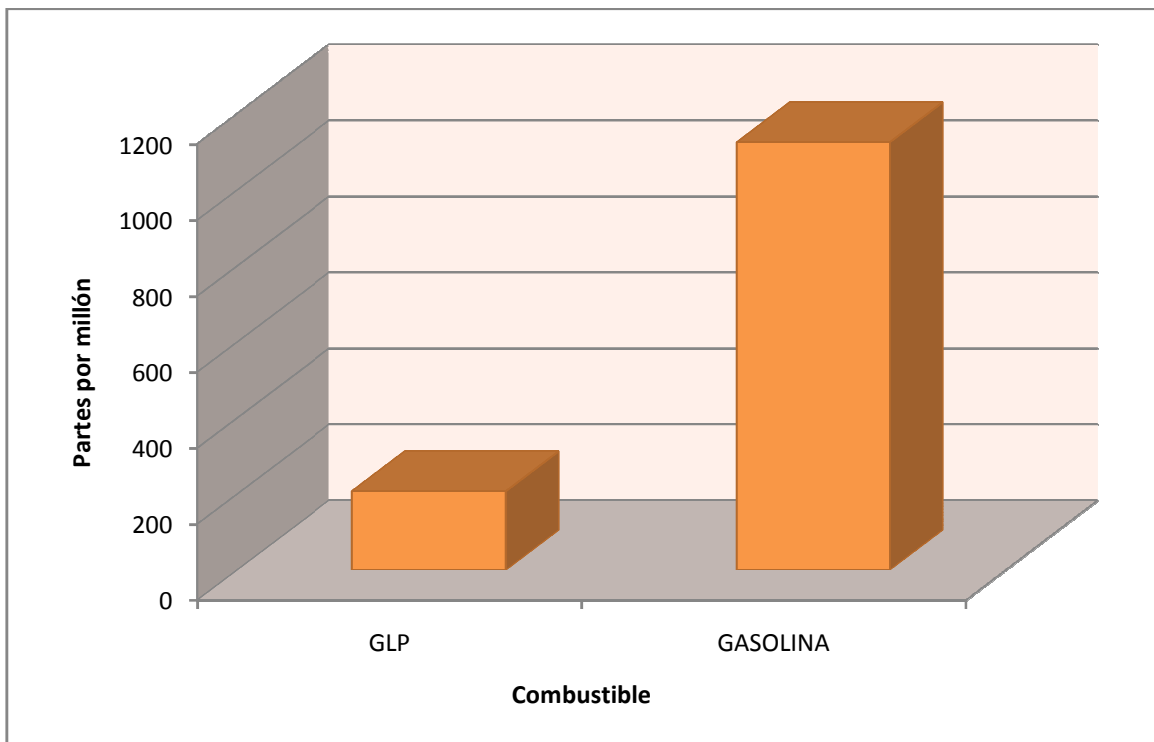
Fuente: Autora

Figura 51. Comparación de las curvas de emisiones de CO2.



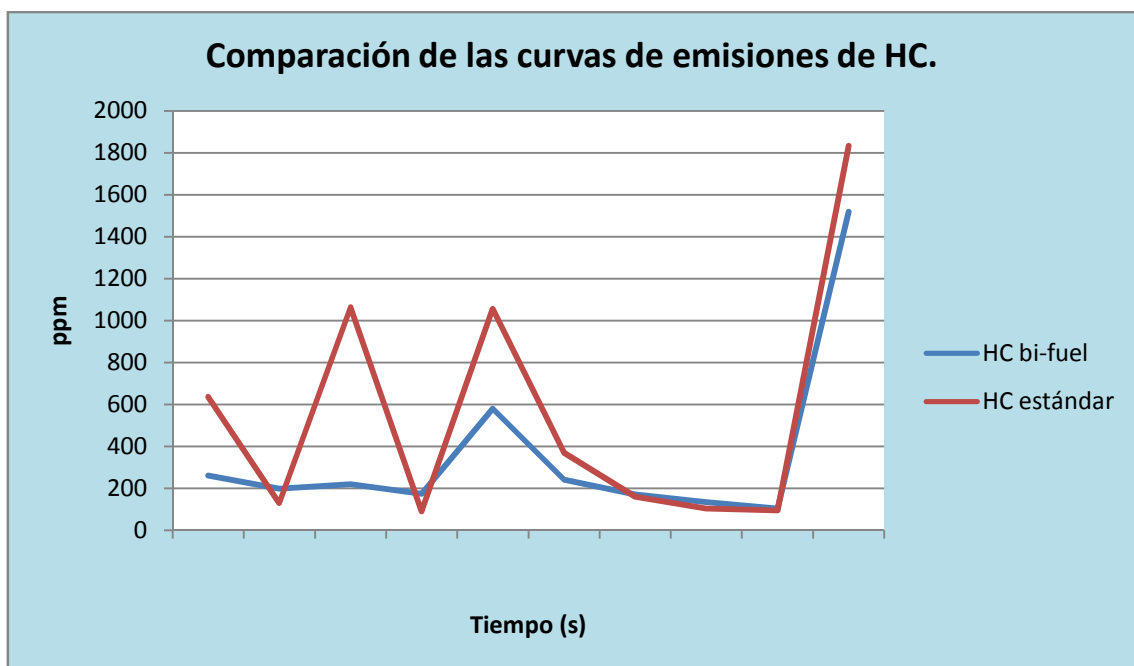
Fuente: Autora

Figura 52. Promedios de HC. G.L.P. vs gasolina



Fuente: Autora

Figura 53. Comparación de las curvas de emisiones de HC.



Fuente: Autora

## CAPÍTULO VI

### 6. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

La medición del consumo de combustible, en éste caso, tiene por objeto comparar los costes en combustible que se puede requerir en un vehículo en condiciones estándar, versus un vehículo que usa un combustible alternativo a la gasolina, el G.L.P, los resultados de esta comparación, permiten determinar que combustible resulta más conveniente.

Como ya se sabe, el usuario de un vehículo no puede confiar netamente en el dato promedio de las especificaciones de su vehículo en el momento inicial de compra, debido a que estos datos pueden variar según los diferentes parámetros del medio en el que se desarrolla el recorrido, esto incluye las condiciones óptimas de funcionamiento del mismo, éstas varían con el uso y deterioro del vehículo.

Determinar el consumo real de combustible de nuestro vehículo ha sido una interrogante muy común entre los propietarios, ya que al obtener el dato real de cuanto combustible se consume, podríamos determinar si el vehículo está en buen estado o si están existiendo fugas no visibles de combustible y otros factores como la agresividad en la conducción.

Existen varios métodos prácticos que se han desarrollado con la finalidad de determinar el valor más exacto de volumen de gasolina consumido por un vehículo, en procedimiento efectuado en este proyecto es el Método de Medición del manual de Experimentos con motores de combustión interna de Raymond G. Wasdyke y Gerald D. Snyder.y las consideraciones según la Norma DIN 70 030.

#### 6.1 Procedimiento para la medición de consumo de combustible

Una parte esencial del análisis de funcionamiento de un motor es la medición precisa y significativa del consumo de aire y de combustible. El gasto de combustible por unidad de distancia recorrida de un motor de automóvil se puede determinar aproximadamente si se observa y anota primero la lectura del odómetro y luego se llena el tanque de combustible hasta que rebose. La siguiente vez que se llene el tanque se registrará de nuevo la lectura del odómetro. La diferencia entre las dos lecturas es la distancia recorrida, desde la última vez que se llenó el tanque. Dividiendo la cantidad de combustible necesaria para volver a llenar el tanque, entre la distancia recorrida, se tendrá un estimado del *gasto de combustible por unidad de*

*distancia* expresado en litros por kilómetro (l.p.k.), o bien, en unidades inglesas, en galones por milla (g.p.m)[27]

**6.1.1** *Determinación del consumo de combustible según la norma DIN 70 030.* Existe una norma DIN para determinar el consumo de combustible, esta norma es la DIN 70 030, en la que se determina que esta medición se la puede realizar en 3 procedimientos.[28]

### ***Determinación del consumo del carburante***

#### ***Procedimiento para automóviles***

El consumo del carburante hay que determinarlo según tres procedimientos: un ciclo de desplazamientos que simula la marcha en ciudad y dos de velocidades constantes a 90 km/h y a 120 km/h.

El ciclo de desplazamiento simulado en ciudad se efectúa sobre rodillo. Los consumos a velocidad constante pueden ser simulados sobre rodillo o medirse en carretera. El tramo de comprobación debe tener como un mínimo una longitud de 2 km y la pendiente debe estar dentro de un  $\pm 2\%$ .

En un ciclo de desplazamiento, el vehículo debe tener el peso prescrito para la comprobación de los gases de escape. En los desplazamientos a velocidad constante la carga debe ser la mitad de la carga útil, un mínimo de 180 kg.

#### ***Por norma:***

El consumo de carburante C se indica en litros por cada 100 km.

#### ***En medición gravimétrica:***

$$C = \frac{m \cdot 100}{\delta \cdot s} = \text{Lt} / 100 \text{ km} \quad (10)$$

Dónde:

m: Peso de combustible consumido

$\delta$  : Densidad del combustible en kg/l en las condiciones de referencia

s: Distancia recorrida

#### ***Por medición volumétrica:***

Esta norma establece la siguiente fórmula para el cálculo y la determinación de la cantidad de combustible consumido.

$$C = \frac{\text{litros consumidos}}{\text{kilómetros recorridos}} \approx \frac{\text{litros consumidos}}{\text{horas de trabajo}} \quad (11)$$

## 6.2 Pruebas comparativas del consumo de combustible

La Dirección de Control Técnico y Fiscalización de Derivados, G.L.P. y Gas Natural perteneciente a la ARCH (Agencia de Regulación y control Hidrocarburífero) en Ecuador, al tener la misión de “Controlar, evaluar y fiscalizar el cumplimiento de la normativa legal, contractual y técnica, aplicable en las actividades que ejecutan los sujetos de control (públicos, semi-públicos y privados) en las fases del almacenamiento (en tierra y flotante), del transporte (poliductal, terrestre, marítimo-fluvial), de la comercialización y de la distribución, de los derivados del petróleo, gas licuado de petróleo, gas natural, biocombustibles, de sus aditivaciones y mezclas (blending) de productos nacionales y/o importados.”

Para realizar las pruebas de consumo del vehículo a prueba con el sistema Bi-fuel y sin él, se procedió con el método de medición de consumo de combustible según (Wasdyke & Snyder, 1991), pero tomando las consideraciones respectivas según la norma DIN 70 030-1.

Según DIN 70 030-1 para la medición del consumo de gasolina en un trayecto determinado se mide en litros por cada 100 km. El valor 1,1 en la fórmula representa las influencias negativas sobre la marcha del vehículo como: clase de trayecto, velocidad de la marcha, estado y perfil de la carretera y comportamiento del vehículo.

$$c_{sum} = 1,1 * \frac{\text{consumo medido de combustible}}{\text{longitud del recorrido}} * 100 \text{ (L/100 km)} \quad (12)$$

$$c_{st} \text{ por km} = \frac{\text{USD litro}}{\text{consumo (km/L)}} \text{ (Dólar/km)} \quad (13)$$

Tomando en cuenta dos recorridos de 165 Km y 150 Km en vías de condiciones regulares y tramos rurales, simulando las condiciones básicas de funcionamiento. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 28. Resultados de las Pruebas de Consumo con el motor estándar

PRUEBA 1	PRUEBA 2
Km recorridos: 165	Km recorridos: 150
4,66 galones = 17,66 litros	4 galones = 15,14 litros
Consumo (L/ 100 km)	Consumo (L/ 100 km)

11,77	11,09
Costo x Km (dólar/km)	Costo x Km (dólar/km)
0,034	0,036

Fuente: Autora

Para el consumo de G.L.P. se hizo uso de la fórmula de medición gravimétrica según la norma DIN 70 030-1, tomando en cuenta que el volumen de G.L.P. está dado en kilogramos.

$$C = \frac{m \cdot 100}{\delta \cdot s} = \frac{15 \text{ kg} \cdot 100}{0,56 \text{ kg/Lt} \cdot 165 \text{ Km}} = 16,23 \text{ lt/100km}$$

$$C = \frac{m \cdot 100}{\delta \cdot s} = \frac{15 \text{ kg} \cdot 100}{0,56 \text{ kg/Lt} \cdot 150 \text{ Km}} = 17,9 \text{ lt/100km}$$

Ahora, tenemos que el consumo económico de un depósito de G.L.P. de 15 kg de peso es equivalente a 2,50 dólares, se deduce que:

Consumo con el sistema Bi-fuel	165 Km	2,5 dólares	
	1 Km	x	= 0,015 dólares
Consumo con el sistema Bi-fuel	150 Km	2,5 dólares	
	1 Km	x	= 0,017 dólares

Tabla 29. Pruebas de Consumo con el motor Bi-fuel

PRUEBA 1	PRUEBA 2
Km recorridos: 165	Km recorridos: 150
Consumo (L/ 100 km)	Consumo (L/ 100 km)
16,23	17,9
Costo x Km (dólar/km)	Costo x Km (dólar/km)
0,015	0,017

Fuente: Autora

En una práctica comparación, se observa la diferencia del consumo económico de combustible, obteniendo como resultados que en el motor estándar se utiliza un promedio de 0,036 dólares por kilómetro de recorrido, mientras que en el motor Bi-fuel se ha empleado 0,017 dólares por kilómetro, lo que representa una economía significativa para el usuario. A manera de porcentaje se representa como:

Porcentaje de consumo (sistema estándar) 0,036 dólar/km 100%

Porcentaje de consumo (sistema Bi-fuel) 0,017 x = 47,22 %

El porcentaje de ahorro de combustible es entonces la diferencia entre:

$100\% - 47,22\% = 52,78\%$



## CAPÍTULO VII

### 7. ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

#### 7.1 Costos de adaptación

**7.1.1 Costos de Mano de Obra.** Estos costos son referentes al personal empleado para la adaptación y funcionamiento del Sistema Bi-fuel. Se tomó servicios de un mecánico, dos ayudantes y un electrónico para la adaptación:

Tabla 30. Costos de Mano de Obra

Categoría	\$/ h	Total horas	Precio Total A
Mecánico	1.88	24	45.12
Ayudante	1.88	10	18.8
Electrónico	1.88	6	11.28
		Total A	65.2

Fuente: Autora

**7.1.2 Costos de Materiales.** Están incluidos los costos de los materiales utilizados en la adaptación del sistema en el vehículo además de las piezas mecánicas y eléctricas. Para los costos detallados a continuación se ha incluido el IVA.

Tabla 31. Costos de elementos mecánicos del Sistema

No	Descripción	Cantidad	Precio Total ( \$)
1	Kit de Sistema de combustión de G.L.P. Incluye: Depósito para G.L.P. Multiválvula Contenedor hermético Tubo de alta presión Electroválvula del G.L.P. Electroválvula de la gasolina. Reductor –vaporizador Mezclador	1	350
		Total B	350

Fuente: Autora

**7.1.3 Costos de Equipos.** Se incluyen los equipos utilizados para la adaptación del Sistema.

Tabla 32. Costos de equipos

<b>Categoría</b>	<b>\$/ h</b>	<b>Total horas</b>	<b>Costo C</b>
Taladro	3	1.5	4.5
Herramientas manuales	1,5	5	7,5
		Total C	12

Fuente: Autora

**7.1.4 Costo Directo.** Se refiere a los costos de adaptación del sistema en los que se incluye:

- Costos de mano de obra.
- Costos de materiales.
- Costos de equipos.

Tabla 33. Costos directos

<b>COSTO DIRECTO</b>	
Mano de obra	65.2
Costos de Materiales	350
Costos de Equipos	12
<b>TOTAL</b>	<b>427.2</b>

Fuente: Autora

## **7.2 Imprevistos**

Los imprevistos son los costos de elementos pequeños que no se toman en cuenta en los rubros antes mencionados además de alguna variación de tiempo en el desarrollo del proyecto.

Se toma en cuenta un aproximado del 5% de la suma de los rubros anteriores más los gastos empleados en la logística del trabajo de adaptación.

Los gastos de la logística representan gastos de pasajes de viajes, comida y hospedaje.

Tabla 34. Costos imprevistos

<b>Descripción</b>	<b>Costo en dólares</b>
Imprevistos	21,36
Costo ingenieril	350,00
<b>Total imprevistos</b>	<b>371,36</b>

Fuente: Autora

### 7.3 Costos de puesta en marcha

Estos costos son referentes al G.L.P. consumido en el trayecto de puesta a punto del sistema en el vehículo, además del lubricante y demás fluidos e insumos requeridos en las diferentes pruebas del vehículo hasta confirmar su correcto funcionamiento. Se considera un aproximado del 2% del costo de materiales y equipos.

Tabla 35. Costo de puesta en marcha

<b>Descripción</b>	<b>Costo en dólares</b>
Costos de puesta en marcha	7.24

Fuente: Autora

### 7.4 Costo Total

Es la sumatoria total de los costos especificados anteriormente para la elaboración del proyecto.

Tabla 36. Costo total

<b>COSTO TOTAL</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo en dólares</b>
Costo Directo	419.70
Costo Imprevistos	71.36
Costos de Puesta en marcha	7,24
<b>Total</b>	<b>798.3</b>

Fuente: Autora

## CAPÍTULO VIII

### 8. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD, USO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMAG.L.P.

Antes de realizar una adaptación de un sistema Bi-fuel, el usuario debe tomar en cuenta las precauciones necesarias con respecto al lugar donde se hará efectiva dicha adaptación, para ello, el centro de servicio especializado para la conversión de estos sistemas cuenta con la normalización NTE INEN 2317: 2008, para brindar completa seguridad en el momento de la adaptación, en ella se especifican:

- La selección del área.
- Diseño básico.
- Señalización del centro de servicio especializado.
- Materiales.
- Instalaciones eléctricas.
- Sistema de ventilación.
- Detectores de G.L.P. y CO.
- Sistema contra incendio.
- Herramientas y equipo de trabajo.
- Señalización de tuberías.

Mas especificaciones ver anexoB.

Un vehículo con un sistema BI-fuel adaptado, puede circular en el país tomando en cuenta el límite de emisiones contaminantes, y las medidas de seguridad respectivas que se detallan en la norma INEN NTE 2 310:2000.(Ver AnexoA).

Conforme a la norma INEN 2 310, los vehículos deben estar equipados con la válvula remota de llenado ubicada en el exterior de manera que se resguarde la seguridad de los individuos al momento de la recarga del depósito de G.L.P. Además, la válvula debe ser de doble cierre de tal manera que, si accidentalmente se rompe la parte externa, la porción interna que permanece en la base, soporte y selle la apertura, minimizando la pérdida de combustible. **[29]**

Con respecto al máximo nivel de llenado, éste no debe sobrepasar el 80% de su capacidad total.

La multiválvula y conexiones de los tanques deben protegerse con una caja con salidas para conectar camisas de ventilación al exterior del vehículo la misma que debe estar fijada al tanque.

Para mayor seguridad de los pasajeros, el sistema Bi-fuel cuenta con un sistema de corte que impide el paso del G.L.P. en situaciones tales como la marcha del motor del vehículo o el accionamiento del circuito de gasolina.

El sistema Bi-fuel contiene una válvula de drenaje en el depósito de G.L.P. que permite evacuar los líquidos que se forman en el lado de baja presión, siguiendo con lo estipulado en la norma INEN 2 310: 2000.

El vaporizador tiene una construcción reforzada que permite obtener la máxima seguridad de operación en todo momento además de ser resistente a vibraciones y cambios bruscos de presión y temperatura.

El mezclador cuenta con resistencia al choque térmico, resistencia al impacto, resistencia a la vibración.

En adición, siguiendo la reglamentación de la norma NTE INEN 2 311:2008. (Ver AnexoE).

El vehículo con un sistema Bi- fuel puede realizar el suministro de G.L.P. en las estaciones de servicio que estén provistas de instalaciones adecuadas conforme lo especifica la norma INEN NTE 2 316. (Ver Anexo G).

## **8.1 Mantenimiento preventivo**

**8.1.2 *Mantenimiento del reductor vaporizador.*** Desmontar todo el reductor y lavar las partes con gasolina u otros productos semejantes y secarlas con abundantes chorros de aire comprimido.

Después de haber desmontado por completo el Reductor hay que poner especial atención en la limpieza de las dos cámaras que posee el cuerpo principal, las mismas que son la cámara de agua y la cámara de gas.

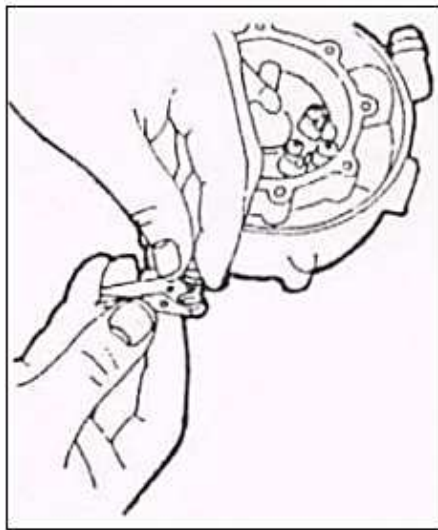
Hay que considerar que dentro del reductor existe la membrana de la tapa principal de la cámara de agua la misma que debe estar siempre lisa, ya que si existen protuberancias en la misma significa que el agua del sistema de refrigeración se está sobrecalentando produciendo así un peligro para el motor como para el sistema G.L.P.

La membrana de vacío permite que a mayor velocidad del motor ingrese mayor cantidad de gas pero por el trabajo que efectúa puede perforarse quedando de esta manera sin uso, debiendo ser reemplazada.

Después de haber realizado todo el proceso de limpieza anteriormente descrito procedemos a desmontar, revisar y mantener o reemplazar los componentes del Reductor cumpliendo las siguientes instrucciones:

La plaquita de goma tiene un asiento troncocónico; colocar la base más ancha dentro del porta – plaquita.

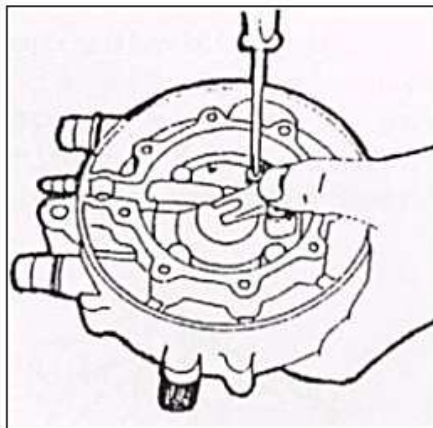
Figura 54. Desmontaje de la plaquita de goma



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

El balancín sujetado en su asiento debe estar ligeramente inclinado hacia el centro del reductor.

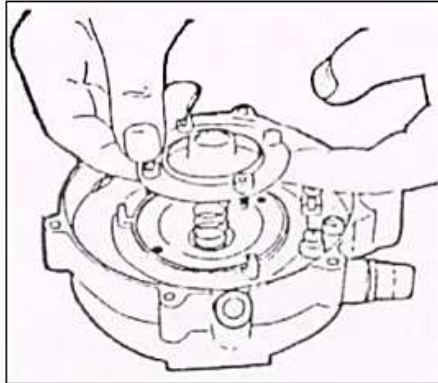
Figura 55. Desmontaje del balancín



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

A fin de no desgarrar la membrana, meter los tornillos en sus agujeros y después acoplar el grupo tapa membrana al cuerpo del reductor. Una vez efectuada la sujeción, hacer presión sobre la membrana al final de carrera.

Figura 56. Colocación de la membrana

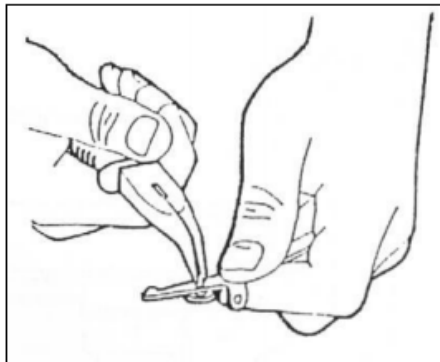


Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

Para verificar la perfecta estanqueidad tapar con un dedo el agujerito de la conexión de despresurización. La membrana tiene que permanecer siempre en dicha posición.

A fin de que la plaquita se acople perfectamente en el balancín hay que tirar de la espiga de la plaquita con unas pinzas.

Figura 57. Revisión de la plaquita de goma

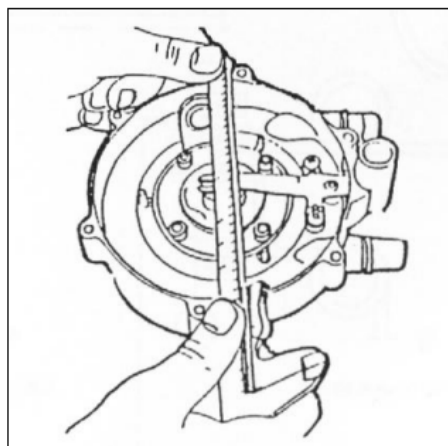


Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

Montar el balancín en su asiento controlando con una varilla que la palanca esté a la altura del borde del reductor.

En estas condiciones al soplar aire bajo presión por el orificio de alimentación de la primera fase, los balancines de primera y segunda fase tendrían que ser completamente estancos.

Figura 58. Revisión de la plaquita de goma



Fuente: Tomado del Manual NTC 4830-5

**8.1.3 Mantenimiento de la electroválvula G.L.P.** Para la revisión de la electroválvula luego de su completo desarmado debemos observar si existe suciedad en sus partes principalmente en el émbolo interior y en el filtro, los cuales están propensos a ensuciarse debido a las impurezas existentes en el gas lo cual ocasiona un mal funcionamiento del sistema.

Para su mantenimiento debemos limpiar correctamente todas estas piezas metálicas y con aire comprimido quitar todas las impurezas que se hayan quedado en el filtro de gas.

**8.1.4 Mantenimiento de la electroválvula de gasolina.** En la revisión de esta electroválvula luego del desarmado debemos fijarnos si existe suciedad en el émbolo interno debido a impurezas de la gasolina, la misma que puede ocasionar una pérdida de potencia cuando el motor está trabajando con gasolina.

## **8.2 Mantenimiento predictivo**

El motor alimentado con G.L.P. no necesita puestas a punto particulares, es indispensable sin embargo mantener siempre en eficiencia la instalación eléctrica del encendido y el filtro del aire.

El mantenimiento periódico de la instalación de gas comprende las siguientes operaciones:

- Control de las condiciones de la tubería principal y de los componentes relativos.
- Verificación de la presión de la primera fase y de la intermedia del reductor.
- Control de las condiciones del tubo flexible de la presión baja.



- Controlar que no se haya acumulado suciedad en el orificio de compensación de la presión ejercida sobre la membrana.
- Control de la instalación eléctrica, para que sea eficiente y que las conexiones no estén oxidadas (cada 10.000 Km aprox.).
- Control de la parte interior del reductor para asegurarse que no haya depósitos aceitosos (cada 50.000 Km aprox.).
- Revisión general del reductor – vaporizador utilizando repuestos originales (cada 50.000 Km aprox.).

Si eventualmente el vehículo tiene alguna avería, para buscarla es necesario efectuar un control sistemático y completo del motor, dedicando la misma atención tanto a la instalación de gas como a la de gasolina.

Con el fin de lograr un cuadro claro de las anomalías se aconseja examinar las siguientes funciones en el orden que las presentamos:

- Encendido.
- Arranque.
- Batería.
- Posibles problemas en la aspiración de aire.
- Condiciones del motor.
- Alimentación carburante.

### **8.3 Mantenimiento correctivo**

En el transcurso del uso de este tipo de sistema Bi-Fuel en un vehículo, pueden suceder varios tipos de averías.

Para facilitar la tarea del reparador a continuación se enumeran algunos de los inconvenientes más comunes con sus respectivas operaciones de control:

#### ***a. El motor no funciona ni a gas ni a gasolina***

- Controlar si las electroválvulas se conectan.
- Si las electroválvulas no se conectan, examinar el fusible, verificar que la tensión sea 12 V y examinar la sujeción del cable de alimentación del conmutador.

#### ***b. El motor funciona a gas pero no a gasolina.***

- Verificar que la electroválvula del gas se halle abierta y la de la gasolina, cerrada.
- Examinar las conexiones eléctricas.
- Si el auto ya ha funcionado con gas, verificar que no haya impurezas que obstruyan la apertura de la electroválvula de la gasolina.
- Verificar el funcionamiento de la bomba de la gasolina.
- Controlar el carburador, la válvula de aguja y la cubeta.

**c. El motor funciona a gasolina peor no a gas**

- Verificar que la llave de paso de la multiválvula esté abierta.
- Controlar que las tuberías de gas, tanto las de presión alta (empalme depósito/reductor) como las de la presión baja (reductor / mezclador) no estén aplastadas.
- Verificar que la electroválvula de la gasolina esté cerrada y la del gas abierta; al girar la llave de contacto con la posición del conmutador en “gas”, debe salir gas del reductor.
- Si las electroválvulas no funcionan, examinar las conexiones eléctricas. Si el vehículo ha funcionado antes a gas mirar que no haya impurezas dentro de las electroválvulas.
- Controlar que cuando se vacíe la cubeta, no salga más gasolina.

**d. El motor funciona a gas pero con marcha lenta irregular**

- Ajustar los tornillos de regulación de la válvula de mariposa del carburador; al mismo tiempo efectuar pequeños ajustes en los tornillos de regulación del mínimo del reductor; el ajuste de la válvula de mariposa no tendrá que cambiar en sustancia el funcionamiento normal del mínimo con gasolina.
- Efectuar los controles mencionados en el punto c.

**e. El motor funciona a gas pero la aceleración no es buena**

- Verificar que el tubo del gas que une el reductor al mezclador no esté roto o aplastado.
- Examinar la carburación, la idoneidad del sistema de mezclado.
- Mirar que la tubería G.L.P. de la presión alta no esté aplastada.

**f. El motor funciona a gas pero no alcanza la potencia máxima**

- Efectuar los controles indicados en el punto e.

- Controlar el circuito de calefacción del reductor (que el agua sea suficiente, las tuberías, la válvula termostática).

**g. El motor funciona a gas pero con un consumo muy alto**

- Controlar, limpiar o reemplazar el filtro del aire.
- Controlar la carburación al mínimo y al máximo.
- Controlar el avance.

**8.4 Comparación de costes de mantenimiento**

La comparación de costes de Mantenimiento entre el sistema estándar y el sistema Bi-fuel se realiza basado en los intervalos de tiempo o los kilómetros recorridos por el vehículo, para esto se ha tomado como referencia el “Plan de mantenimiento” de ASSA, Automotores de la Sierra S.A. inciso M28. Para el Vehículo Chevrolet Vitara, y para el sistema Bi fuel las consideraciones antes explicadas en los apócopes 8.1, 8.2 y 8.3.

Los costos de los mantenimientos para el sistema estándar están regidos bajo las consideraciones de la empresa ASSA de Ecuador, teniendo un valor mínimo de \$58 para un mantenimiento básico, con este valor se hizo relación a los mantenimientos necesitados para los mantenimientos del vehículo con el sistema Bi-fuel. Se obtuvo la siguiente tabla comparativa:

Tabla 37. Comparación de costes de Mantenimiento

km / tiempo	Observación / Corrección	SISTEMA ESTÁNDAR	SISTEMA BI-FUEL
200 km / Diariamente (sugerido)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar: Nivel y rellenar de aceite el cárter del motor. Nivel y rellenar de agua el radiador. La cantidad de combustible en el depósito. Funcionamiento de los diferentes sistemas de alumbrado, así como el estado de limpieza de los contactos. La presión de inflado, incluso la rueda de repuesto</li> <li>• Engrase de la bomba de Agua</li> <li>• Quitar aceite, alquitrán y piedrecillas de las cubiertas.</li> <li>• Comprobar el apriete de los tornillos de sujeción de las ruedas.</li> </ul> <p><b>COSTO DEL MANTENIMIENTO</b></p>	<p>✓</p> <p>✓</p> <p>✓</p> <p>✓</p> <p>Sin dato</p>	<p>✓</p> <p>✓</p> <p>✓</p> <p>✓</p> <p>Sin dato</p>
1000 km/ Mensualmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engrase del chasis según la guía propia del vehículo.</li> <li>• Rodamientos de dinamo, motor de arranque y magneto (s). Articulaciones de los amortiguadores si no son de silentbloc (g). Eje del ventilador (g).</li> </ul>	<p>✓</p> <p>✓</p>	<p>✓</p> <p>✓</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varillas de mando del acelerador, estrangulador, avance al encendido, frenos, etc (s).</li> <li>• Balancines de las válvulas si no tienen engrase a presión desde el motor (a).</li> <li>• Soporte en el tablero de la columna de la dirección (s); si es de caucho, con polvos de talco.</li> <li>• Cojinete y tope del embrague (sin engrasador exterior, a: con, v o g)</li> </ul>	✓	✓
	<b>COSTO DEL MANTENIMIENTO</b>	\$ 58	\$ 58
2000 km/ cada 2 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar el nivel y rellenar de lubricante el cambio y el diferencial (v), en vehículos con más de 50.000 km.</li> <li>• Engrasar las hojas de las ballestas, sin desmontarlas (g).</li> <li>• Limpiar los filtros de combustible</li> <li>• Comprobar y rellenar el embrague hidráulico o el convertidor de par.</li> <li>• En invierno, comprobar el nivel de la batería de acumuladores</li> </ul>	✓	✓
	<b>COSTO DEL MANTENIMIENTO</b>	\$ 58	\$ 58
8000 km/ cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar el nivel y rellenar de lubricante el cambio y el diferencial en vehículos con menos de 50.000 km. (v)</li> <li>• Comprobar el reglaje de los frenos de mando mecánico; o en los vehículos con más de 50.000 km aunque el mando sea hidráulico.</li> <li>• Limpiar el colector del motor de arranque</li> <li>• Aceitar el cuero de la bomba de inflar neumáticos. (a)</li> <li>• Reponer el nivel del depósito de los frenos hidráulicos</li> <li>• Intercambiar las ruedas entre sí y con la de repuesto, cuando se circule por carreteras con el borde descarnado o sin arcén.</li> <li>• Limpiar el depurador de aire.</li> <li>• Limpiar el filtro de aceite (aprovechando un cambio de aceite del motor)</li> <li>• Comprobar la ventilación del cárter y limpiar sus válvulas y filtros.</li> <li>• Mantenimiento del Reductor -Vaporizador</li> <li>• Control de la instalación eléctrica del sistema Bi-fuel</li> </ul>	✓	✓
	<b>COSTO DEL MANTENIMIENTO</b>	\$98	\$156
10 000 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de las condiciones de la tubería principal y de los componentes relativos.</li> <li>• Verificación de la presión de la primera fase y de la intermedia del reductor.</li> </ul>	x	✓
		x	✓

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de las condiciones del tubo flexible de la presión baja.</li> <li>Controlar que no se haya acumulado suciedad en el orificio de compensación de la presión ejercida sobre la membrana.</li> <li>Revisión de posibles problemas en la aspiración de aire</li> </ul>	x	✓
		x	✓
		x	✓
	<b>COSTO DEL MANTENIMIENTO</b>	\$0	\$58
12000 km/ anualmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reponer lubricante en los engrasadores con depósito.</li> <li>Comprobar la alineación del eje delantero.</li> <li>Comprobar el reglaje de los frenos (en vehículos con menos de 50.000 km)</li> </ul>	✓	✓
		✓	✓
		✓	✓
	<b>COSTO DEL MANTENIMIENTO</b>	\$ 155	\$ 155
24000 km/ cada 2 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambiar el aceite del embrague hidráulico.</li> <li>Reponer bujías y contactos del ruptor, si no se hizo antes.</li> </ul>	✓	✓
		✓	✓
	<b>COSTO DEL MANTENIMIENTO</b>	\$ 177	\$ 177
50 000 km/ Cada 4 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de la parte interior del reductor para asegurarse que no haya depósitos aceitosos.</li> <li>Revisión general del reductor – vaporizador utilizando repuestos originales.</li> </ul>	x	✓
		x	✓
	<b>COSTO DEL MANTENIMIENTO</b>	\$ 0	\$58
<b>COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO / 4 AÑOS</b>		\$546	\$ 720

Fuente: Autora

Dónde:

a: aceite de motor

v: valvolina

g: grasa blanda

s: aceite de vaselina

**Nota:**

Los precios han sido tomados del “Plan de Mantenimiento de vehículos Chevrolet” ASSA - Ecuador.

Los precios enlistados incluyen:

- Costos de repuestos
- Mano de obra
- Insumos

- Revisión multipunto
- IVA

Los precios enlistados no incluyen repuestos de desgaste variable como:

- Pastillas de frenos delanteros y /o posteriores
- Zapatas posteriores
- Rectificación de discos y tambor
- Cables de bujías
- Embrague: Disco, plato y rulimán.

Analizando los resultados del cuadro de mantenimiento, se observa una diferencia en el mantenimiento que se realizaría cada 4 años, teniendo que para el vehículo con el sistema Bi-fuel se necesitarán 174 dólares más que para el vehículo sin la adaptación.

## CAPÍTULO IX

### 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 9.1 Conclusiones

Mediante la investigación realizada se determinaron las ventajas del uso de G.L.P. dentro de un motor de inyección interna, primero, tomando en cuenta sus propiedades físicas y químicas; se tiene que el G.L.P. tiene un poder antidetonante mucho más alto que la gasolina súper según los índices de R.O.N. Y M.O.N. El poder calorífico del G.L.P. es superior al de la gasolina y al del gasóleo.

En cuanto a la influencia sobre el motor, la adaptación de un sistema Bi-fuel implica que el sistema de inyección puede aspirar más fácilmente la mezcla producida por el gas, lo que hace el motor trabaje mucho mejor, ya que el G.L.P. se encuentra en estado gaseoso, haciendo que la mezcla con el aire sea mucho más homogénea y uniforme en comparación con la gasolina.

Se adaptó un Sistema Bi-fuel (Gasolina- G.L.P.) a medida del tipo de sistema de Inyección del motor Chevrolet-Vitara del año 2003, siendo el elegido el sistema italiano Lovato, agregando una conexión mediante una manguera que se necesitó para obtener la temperatura deseada hacia el reductor-vaporizador.

Mediante los datos obtenidos de las pruebas realizadas en el Dinamómetro Inercial, se evidenció de manera técnica el rendimiento del motor estándar vs. motor Bi-fuel, dando como resultado un porcentaje de Pérdida de Potencia Indicada = 22,680203% y un porcentaje de Pérdida de Potencia Efectiva = 31,072285%. Lo que significa que la adaptación del sistema interviene sobre la potencia que realmente se desarrolla en el cilindro por el proceso de la combustión.

Respecto a los resultados obtenidos sobre el análisis de gases producidos por la combustión en estado estático, se determina que las emisiones obtenidas con el motor estándar (gasolina), sobrepasan el límite de emisiones permitido por la norma INENNTTE 2 204, mientras que el motor con sistema Bi-Fuel tiene una aceptación del 75% de sus emisiones dentro de lo que establece la norma antes mencionada.

Analizando el consumo de combustible, se obtuvo en el motor estándar se utiliza un promedio de 0,036 dol/km de recorrido y en el motor Bi-fuel se ha empleado 0,017 dól/km, en porcentaje se representa como un 52,78 % de economía.

Se observó una diferencia en el mantenimiento que se realizaría cada 4 años, teniendo que para el vehículo con el sistema Bi-fuel se necesitarán 174 dólares más que para el vehículo sin la adaptación.

## **9.2 Recomendaciones**

Realizar una reingeniería al Mezclador, permitiendo así un mejor ingreso de aire al motor de manera que se pueda obtener un aumento de potencia, ya que el utilizado se creó de manera manual.

Obtener un permiso de circulación en el caso de hacer una adaptación de este tipo de sistemas que garantice que el depósito de gas ha sido fabricado para dicho propósito y siguiendo las normas de calidad correspondientes. La finalidad de ello es no tener problemas legales.

Conservar el vehículo después de las primeras pruebas de rendimiento, en el mismo estado mecánico para las segundas para que los datos de las pruebas en el dinamómetro inercial, resulten más efectivos y se pueda realizar una mejor comparativa.

Tener suma precaución si se va a realizar la recarga en el depósito de G.L.P. es necesario, tomando en cuenta que se está manipulando un gas inflamable, para ello, al momento de realizar la conexión con la válvula de entrada debe asegurarse bien, y comprobar que se está haciendo el transvase al sentir manualmente en la manguera de llenado una vibración que evidencia que el fluido está circulando.

Comprobar que todo el sistema carezca que algún tipo de fuga al realizar la adaptación ya que se está trabajando con gases altamente inflamables.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INEN, NTE 2 310. Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con GLP, equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. Quito, 2000: Pág. 1.
- [2] INEN, NTE 2 317. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Centro de servicio especializado para conversión y mantenimiento de sistemas de carburación en motores con funcionamiento de gasolina, por dual GLP/gasolina o solo GLP. Requisitos: Quito, 2008: Pág. 4
- [3] OSINERGMIN. Propiedades y Características del Gas Licuado De Petróleo. Organismo supervisor de la Inversión en Energía y Minería: Perú, 2011: Pág. 13.
- [4] REGO, Manual de servicio para el instalador de gas – GLP, EngineerControls International. México, 2008: Pág. 27.
- [5] INEN, NTE 2 310. Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con GLP, equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. Quito, 2000: Pág. 3.
- [6] INEN, NTE 2 310. Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con GLP, equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. Quito, 2000: Pág. 2.
- [7] INEN, NTE 2 310. Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con GLP, equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. Quito, 2000:Pág. 1.
- [8] INEN, NTE 2 310. Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con GLP, equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. Quito, 2000: Pág. 2.
- [9] INEN, NTE 2 310. Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con GLP, equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. Quito, 2000: Pág. 2.

- [10] INEN, NTE 2 310 Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con GLP, equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. Quito, 2000: Pág. 2.
- [11] INEN, NTE 2 310. Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con GLP, equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. Quito, 2000: Pág. 7.
- [12] <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/618/vehiculos.pdf> .
- [13] INEN, NTE 2 311. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación de gasolina por carburación dual GLP/ gasolina o solo de GLP. Requisitos. Quito, 2008: Pág. 5
- [14] INEN, NTE 2 311. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación de gasolina por carburación dual GLP/ gasolina o solo de GLP. Requisitos. Quito, 2008: Pág. 4.
- [15] INEN, NTE 2 311. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación de gasolina por carburación dual GLP/ gasolina o solo de GLP. Requisitos. Quito, 2008: Pág. 4.
- [16] INEN, NTE 2 311. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación de gasolina por carburación dual GLP/ gasolina o solo de GLP. Requisitos. Quito, 2008: Pág. 6.
- [17] [http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea\\_de\\_base\\_\(investigaci%C3%B3n\\_cient%C3%ADfica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_base_(investigaci%C3%B3n_cient%C3%ADfica))
- [18] SANZ G. Angel. Tecnología de la Automoción 2.2. Madrid, Editorial Bruño, 1991: Pág. 17.
- [19] CEAC, Manual CEAC del Automóvil. Barcelona, Grupo Editorial CEAC, 2002: Pág. 36, 37.

- [20] CEAC, Manual del Automóvil. Barcelona, Grupo Editorial CEAC, 2002: Pág. 37.
- [21] SANZ Angel, Tecnología de la Automoción 2.2. Madrid, Editorial Bruño, 1991: Pág. 17.
- [22] ALONSO J.M. Técnicas del Automóvil. Barcelona, Editorial Thomson Paraninfo 10 ma Edición, 2002: Pág. 49.
- [23] FIAT BUSINESS UNIT, Automoción: Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares, 2001, Italia: Pág. 39.
- [24] ALONSO J.M. Técnicas del Automóvil. Barcelona, Editorial Thomson Paraninfo 10 ma Edición, 2002: Pág. 53.
- [25] ALONSO J.M. Técnicas del Automóvil. Barcelona, Editorial Thomson Paraninfo 10 ma Edición, 2002: Pág. 54.
- [26] ALONSO J.M. Técnicas del Automóvil. Barcelona, Editorial Thomson Paraninfo 10 ma Edición, 2002: Pág. 51.
- [27] Wasdyke, Raymond G.; Snyder, Gerald D. Experimentos con motores de combustión interna. México, Editorial Limusa, Cuarta edición, 1991: Pág. E2.
- [28] HANN G, y BURK G., Manual de la técnica del automóvil. Barcelona, Editorial Reverté S.A. 6ta Edición, 1994: Pág.57.
- [29] INEN, NTE 2 310 Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con GLP, equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos. Quito, 2000: Pág. 3.

## BIBLIOGRAFÍA

- SANZ, Angel. G.Tecnología de la Automoción. Madrid: Editorial Bruño: 1991.
- INCOTEC, Autoraes Varios. Manual NTC 4830 - 5. Componentes del Sistema de combustible para vehículos que funcionan con gas natural comprimido. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación: (2002).
- CEAC. Manual CEAC del Automóvil.Barcelona: 2002.
- FIAT BUSINESS UNIT, A. Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares. Italia : (2001).
- HANN G, y. B.. Manual de la técnica del automóvil ( 6ta Edición ed.). España : Editorial Reverté S.A.:1994.
- INENNTE 2317. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con G.L.P.. Centro de servicio especializado para conversión y mantenimiento de sistemas de carburación en motores con funcionamiento de gasolina, por dual G.L.P./gasolina o solo G.L.P. Requisitos. Quito: 2008.
- INENNTE 2 260. Instalaciones de Gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos (Primera ed.). Quito. 2008.
- INEN. NTE 2 310. Vehículos automotores, funcionamiento de vehículos con G.L.P., equipos para carburación dual G.L.P./gasolina o solo de G.L.P. en motores de combustión interna. Requisitos (Primera ed.). Quito: 2000.
- INENNTE 2 311. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con G.L.P.. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación de gasolina por carburación dual G.L.P./ gasolina o solo de G.L.P.. Requisitos. Quito. 2008.
- OSINERGMIN. Propiedades y características del Gas licuado de petróleo. Lima: 2011.
- REGO. Manual de servicio para el instalador de gas - G.L.P. (Primera ed.). Engineer Controls International. México. 2008.

## **LINKOGRAFÍA**

### **LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA CONVENCIONAL**

<http://www.mecanicavirtual.com.ar/2010/03/carburadores-vs-inyeccion.html>

2012-07-15

### **SISTEMA DE INYECCIÓN DE G.L.P.**

<http://motoweber.com/gaslp/diagramajch.htm>

2012-07-15

### **CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR VITARA**

<http://www.chevrolet.com.ec/vehiculos/modelos-showroom/todo-terreno/vitara/especificaciones-tecnicas/caracteristicas.html>

2012- 08-30

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOTOR ESTÁNDAR**

<http://www.chevrolet.com.ec/vehiculos/modelos-showroom/todo-terreno/vitara/especificaciones-tecnicas/caracteristicas.html>

2012-08-30

### **RELACIÓN DE CARRERA A DIÁMETRO EN UN MOTOR**

[www.mecanicavirtual.org/cur\\_mec\\_cilindrada.htm](http://www.mecanicavirtual.org/cur_mec_cilindrada.htm).

2013-01-30

### **PORCENTAJE DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)**

[www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos](http://www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos)

2013-01-30

### **PROPORCIÓN DE HIDROCARBUROS (HC)**

[www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos](http://www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos)

2013-01-30

### **PROPORCIÓN DE OXÍGENO (O<sub>2</sub>)**

[www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos](http://www.starmedia.autocity.com/documentos-tecnicos)

2013-01-30