



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA
EL FUNCIONAMIENTO Y RECONOCIMIENTO DE
PARTES DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN POR
(GLP) EN UN MOTOR DE EXPLOSIÓN INTERNA”**

CARRANZA ZÚÑIGA EDISON HERNÁN

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Mayo, 10 de 2013

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

EDISON HERNAN CARRANZA ZÚÑIGA

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL
FUNCIONAMIENTO Y RECONOCIMIENTO DE PARTES DE UN SISTEMA
DE ALIMENTACIÓN POR (GLP) EN UN MOTOR DE EXPLOSIÓN
INTERNA”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos Santillán
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Sinchiguano
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: EDISON HERNAN CARRANZA ZÚÑIGA

TÍTULO DE LA TESIS: “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL FUNCIONAMIENTO Y RECONOCIMIENTO DE PARTES DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN POR (GLP) EN UN MOTOR DE EXPLOSIÓN INTERNA”

Fecha de Examinación: 06 de Diciembre del 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Tierra Torres (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Carlos Santillán (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.

f) Presidente del Tribunal

Ing. Ángel Tierra Torres

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, 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 del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Edison Hernan Carranza Zúñiga

DEDICATORIA

Dedico este tema de tesis de manera muy especial a papito Dios por haberme dado a mis padres y de manera muy especial a un angelito que él me la regalo una mujer que día a día se sacrificó por mi detrás de una máquina de coser quien siempre confió en mí y me dio todo su amor enseñándome a luchar por lo que se quiere, ayudándome a levantarme después de cada caída, con todo mi amor te dedico este documento mamita Miria Isabel Zúñiga Zúñiga.

Edison Hernan Carranza Zúñiga

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser persona útil a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

Edison Hernan Carranza Zúñiga

CONTENIDO

	Pág.
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.2.1 <i>Justificación técnico – económica</i>	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE UN MOTOR A EXPLOSIÓN INTERNA.....	4
2.1 Introducción.....	4
2.2 Sistema de alimentación.....	5
2.2.1 <i>El carburador</i>	5
2.2.2 <i>El sistema de inyección de gasolina</i>	8
2.3 Ventajas de los sistemas de inyección con respecto de los de carburador..	10
2.3.1 <i>Menor consumo de combustible</i>	10
2.3.2 <i>Mayor potencia y par motor</i>	10
2.3.3 <i>Mejora en las aceleraciones</i>	11
2.3.4 <i>Mejora en el arranque en frio y en la fase de calentamiento</i>	11
2.3.5 <i>Mayor control de la emisión de sustancias contaminantes</i>	11
2.4 Clasificación de los sistemas de inyección	12
2.4.1 <i>Según la forma de funcionamiento</i>	12

2.4.1.1	<i>Inyección mecánica</i>	12
2.4.1.2	<i>Inyección electromecánica</i>	12
2.4.1.3	<i>Inyección electrónica</i>	12
2.4.2	<i>Según el lugar donde inyecta</i>	12
2.4.2.1	<i>Inyección directa</i>	12
2.4.2.2	<i>Inyección indirecta</i>	13
2.4.3	<i>Según el número de válvulas de inyección</i>	14
2.4.3.1	<i>Inyección monopunto o centralizada</i>	14
2.4.3.2	<i>Inyección multipunto o individualizada</i>	14
2.4.4	<i>Según el número de inyecciones</i>	15
2.4.4.1	<i>Inyección continúa</i>	15
2.4.4.2	<i>Inyección intermitente</i>	16
2.5	<i>Características de los distintos sistemas de inyección</i>	18
2.5.1	<i>Sistema de inyección mecánica</i>	19
2.5.2	<i>Sistema de inyección indirecta individualizada</i>	19
2.5.3	<i>Sistema de inyección electromecánica</i>	22
2.5.4	<i>Sistema de inyección directa individualizada</i>	23
2.6	<i>Estudio del gas licuado de petróleo</i>	24
2.6.1	<i>El GLP</i>	24
2.6.2	<i>Butano</i>	25
2.6.2.1	<i>Aplicaciones</i>	26
2.6.3	<i>Propano</i>	26
2.6.3.1	<i>Aplicaciones</i>	27
2.6.4	<i>Característica química y física de los GLP comerciales</i>	27
2.6.4.1	<i>Odorización</i>	29

2.6.4.2	<i>Densidad</i>	29
2.6.4.3	<i>Corrosión</i>	30
2.6.4.4	<i>Toxicología</i>	30
2.6.4.5	<i>Inflamabilidad y combustión</i>	30
2.6.4.6	<i>Energía que se obtiene del GLP</i>	31
2.7	Manejo seguro del GLP.....	31
2.8	Ventajas e inconvenientes del GLP.....	32
2.8.1	<i>Ventajas del GLP</i>	32
2.8.2	<i>Desventaja del GLP</i>	33
2.9	GLP como combustible para transportación.....	33
2.10	Comparación entre gasolina y GLP.....	34
2.11	Estudio de la combustión.....	34
3.	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SISTEMA DE	36
	ALIMENTACIÓN DE GLP.....	
3.1	Introducción.....	36
3.2	Dispositivo de llenado.....	36
3.3	Depósitos de GLP.....	37
3.3.1	<i>Depósito toroidal interno</i>	38
3.3.2	<i>Depósito toroidal externo</i>	38
3.3.3	<i>Depósito cilíndrico</i>	39
3.3.4	<i>Características del depósito</i>	39
3.3.5	<i>Tabla de temperatura/presión en los cilindros de GLP</i>	41
3.4	Cañerías.....	41
3.4.1	<i>Tipos de cañerías</i>	42

3.4.1.1	<i>Cañerías de alta presión</i>	42
3.4.1.2	<i>Manguera reforzada</i>	43
3.5	Multiválvulas.....	44
3.5.1	<i>Funciones</i>	44
3.6	Medidor de nivel mecánico de GLP.....	45
3.6.1	<i>Funcionamiento</i>	46
3.7	Caja estanca.....	46
3.8	Manómetro.....	47
3.8.1	<i>Funcionamiento</i>	47
3.9	Conmutador –interruptor.....	47
3.10	Electroválvula de GLP.....	49
3.10.1	<i>Funcionamiento</i>	50
3.11	Electroválvula de gasolina.....	50
3.11.1	<i>Funcionamiento</i>	50
3.12	Reductor-vaporizador GLP.....	51
3.12.1	<i>Características técnicas</i>	51
3.12.2	<i>Funcionamiento</i>	53
3.13	Unidad de mezcla.....	54
3.13.1	<i>Posición del mezclador</i>	56
3.14	Filtro.....	56
3.15	Regulador de caudal o de máxima.....	57
3.15.1	<i>Funcionamiento</i>	57
3.16	Emulador de inyectores.....	58
3.16.1	<i>Tiempo de superposición</i>	58
3.16.2	<i>Regulación del tiempo de superposición</i>	59

3.17	Relé.....	59
3.18	Kit de accesorios.....	60
3.19	Aplicación a motores con carburador.....	61
3.19.1	<i>Componentes del equipo de GLP para motores carburados.....</i>	62
3.20	Aplicación a motores con inyección de gasolina.....	63
3.20.1	<i>Componentes del equipo de GLP para motores a inyección electrónica..</i>	63
3.21	Recorrido del GLP desde su carga hasta la combustión en el motor...	65
3.22	Calculo del flujo de aire requerido por el motor.....	68
3.22.1	<i>Relación estequiometrica del GLP (propano).....</i>	69
3.23	Requisitos que debe cumplir el GLP según normas INEN 0675.....	69
3.24	Normas INEN 2 311:2000 para la conversión de motores de gasolina a sistema dual GLP/gasolina.....	69
4.	CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DE.....	71
4.1	Introducción.....	71
4.2	Modelo experimental.....	71
4.2.1	<i>Sección de pruebas.....</i>	72
4.2.2	<i>Datos técnicos de la construcción de la estructura metálica donde está montado el motor de combustión interna.....</i>	72
4.3	Montaje e instalación de un sistema de GLP marca LOVATO en un motor a inyección VW Gol 1.4.....	73
4.3.1	<i>Instalación mecánica del sistema a GLP.....</i>	73
4.3.1.1	<i>Instalación de la multiválvulas y sistema de carga de GLP.....</i>	73
4.3.1.2	<i>Instalación del sistema de carga de GLP.....</i>	75
4.3.1.3	<i>Instalación del tanque de almacenamiento.....</i>	76

4.3.1.4	<i>Instalación del circuito de alta presión.....</i>	77
4.3.1.5	<i>Instalación de las tuberías.....</i>	78
4.3.1.6	<i>Instalación del evaporador.....</i>	80
4.3.1.7	<i>Instalación de la electroválvula de GLP.....</i>	82
4.3.1.8	<i>Instalación eléctrica de la electroválvula de GLP.....</i>	82
4.3.1.9	<i>Instalación del regulador de caudal o de máxima.....</i>	83
4.3.1.10	<i>Calibración del caudal de máxima.....</i>	84
4.3.1.11	<i>Calibración del caudal mínimo.....</i>	84
4.3.1.12	<i>Instalación del circuito de baja presión.....</i>	85
4.3.1.13	<i>Instalación del circuito de calefacción.....</i>	86
4.3.1.14	<i>Instalación del mezclador.....</i>	88
4.3.2	<i>Instalación eléctrica electrónica.....</i>	88
4.3.2.1	<i>Instalación de la llave de conmutación.....</i>	89
4.3.2.2	<i>Instalación del emulador de inyectores.....</i>	91
4.3.3	<i>Instalación del relé.....</i>	92
4.4	Modificaciones a realizar para el correcto funcionamiento de un vehículo que utiliza GLP.....	93
4.5	Pasos de la instalación práctica puesta en marcha del motor.....	94
4.6	Presión de GLP insuficiente.....	95
4.7	Ventajas y desventajas del uso del GLP.....	95
4.7.1	<i>Ventajas.....</i>	95
4.7.2	<i>Desventajas.....</i>	96
4.8	Evaluación, pruebas de rendimiento y de funcionamiento del sistema...	96
4.9	Análisis de niveles de contaminación.....	98
4.10	Análisis de rendimiento y costos de operación por combustible.....	100

4.10.1	<i>Análisis de rendimiento</i>	100
4.10.2	<i>Análisis de costos entre combustibles</i>	100
5.	MANUAL DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO LIBRE DE RIESGOS DEL SISTEMA GLP	102
5.1	Aspectos de seguridad.....	102
5.2	En el centro de servicio.....	102
5.2.1	<i>Para efectuar los ensayos deberán poseer como mínimo lo siguiente...</i>	102
5.3	Del operario.....	103
5.4	Del sistema de GLP.....	104
5.5	En el vehículo durante la intervención.....	105
5.5.1	<i>Estado del funcionamiento del motor</i>	105
5.5.2	<i>Sistema de alimentación de gasolina</i>	105
5.5.3	<i>Sistema eléctrico y de encendido del motor</i>	105
5.5.4	<i>Sistema de refrigeración del motor</i>	105
5.5.5	<i>Sistema de distribución de gases</i>	105
5.5.6	<i>Líneas de admisión de aire</i>	106
5.5.7	<i>Línea de los gases de escape</i>	106
5.5.8	<i>Información técnica necesaria del vehículo</i>	106
5.6	Del propietario del vehículo.....	106
5.7	Mantenimiento del motor alimentado con GLP.....	106
5.7.1	<i>Mantenimiento programado</i>	107
5.8	Diagnóstico de averías.....	107
6.	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS	110
6.1	Introducción.....	110

6.2	Manual del usuario para el banco didáctico.....	110
6.3	Llenado del sistema de GLP.....	113
6.4	Guía básica de mantenimiento del banco didáctico.....	114
6.4.1	<i>Mantenimiento correctivo</i>	114
6.4.2	<i>Mantenimiento preventivo</i>	114
6.4.3	<i>Mantenimiento predictivo</i>	115
6.5	Revisiones o inspecciones.....	115
6.6	Guía de laboratorio del banco didáctico.....	116
6.7	Flujo del GLP en el sistema de alimentación.....	116
6.8	Flujograma de puesta en funcionamiento del banco didáctico.....	117
7.	ANÁLISIS DE COSTOS DE LA CONVERSIÓN.....	119
7.1	Introducción.....	119
7.2	Costos del kit a GLP.....	119
7.3	Costos de mano de obra para la conversión.....	119
7.4	Costos de mantenimiento del sistema.....	119
7.5	Costos del combustible (GLP) para funcionamiento.....	120
7.6	Costo directo e indirecto para la conversión.....	120
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
8.1	Conclusiones.....	121
8.2	Recomendaciones.....	122

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTAS DE TABLAS

		Pág.
1	Características Físico-Químicas del Butano y el Propano.....	28
2	Mezclas inflamables butano y propano con aire.....	30
3	Energía que se obtiene del GLP.....	31
4	Tabla comparativa entre gasolina y GLP.....	34
5	Tabla de temperatura/presión en los cilindros de GLP.....	41
6	Características técnicas del motor utilizado.....	72
7	Materiales utilizados para la construcción de la estructura metálica..	72
8	Emisión de gases máximos en motores a inyección.....	99
9	Análisis de gases de gasolina frente a GLP.....	100
10	Análisis de Potencia y Torque máximos.....	100
11	Análisis de costos entre combustibles.....	101
12	Costo de los combustibles.....	101
13	Averías-soluciones.....	108
14	Costos del combustible (GLP) para funcionamiento.....	120
15	Costo directo e indirecto para la conversión.....	120

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Carburador.....	6
2	Válvulas de inyección.....	9
3	Inyección directa.....	13
4	Inyección indirecta.....	13
5	Inyección monopunto o centralizada.....	14
6	Directa.....	15
7	Indirecta.....	15
8	Inyección continua.....	15
9	Inyección secuencial (SEFI).....	16
10	Ciclos de inyección.....	18
11	Sistema de inyección K-Jetronic.....	19
12	Sistema de inyección electrónica L-Jetronic.....	20
13	Sistema de inyección Motronic.....	21
14	Sistema de inyección LH-Jetronic.....	21
15	Sistema de inyección electromecánica.....	22
16	Sistema de inyección directa individualizada.....	23
17	Composición del GLP.....	24
18	Composición del gas butano.....	25
19	Composición química del gas propano.....	26
20	Kit de instalación a GLP.....	36
21	Dispositivo de llenado.....	37
22	Depósito de almacenamiento.....	37
23	Depósito Toroidal Interno.....	38
24	Deposito toroidal externo.....	38
25	Depósito Cilíndrico.....	39
26	Posición del tanque.....	40
27	Placa de información del tanque.....	41
28	Cañería de alta presión.....	43
29	Manguera de goma sintética.....	43
30	Multiválvulas.....	44

31	Medidor de nivel.....	45
32	Caja estanca.....	46
33	Manómetro.....	47
34	Conmutador.....	48
35	Electroválvula de GLP.....	49
36	Electroválvula de gasolina.....	50
37	Reductor-Vaporizador.....	51
38	Reductor.....	52
39	Estructura interna del reductor gasificador.....	53
40	Estructura de un doble reductor de gas con electroválvula.....	54
41	Mescladores.....	55
42	Venturi.....	56
43	Filtro de GLP.....	57
44	Esquema de un regulador: a) simple y, b) doble.....	57
45	Emulador de inyectores.....	58
46	Trimpot o preset.....	59
47	Relé.....	60
48	Accesorios.....	61
49	Componentes del Equipo de GLP para Motores Carburados.....	62
50	Componentes del equipo de GLP para motores a inyección electrónica.....	63
51	Esquema de instalación en un vehículo a inyección.....	64
52	Recorrido del GLP líquido hasta el evaporador o regulador de presión (Circuito de alta presión).....	65
53	Paso de fase líquida a fase gaseosa del GLP en el evaporador o regulador de presión.....	66
54	Distribución de GLP gaseoso a los cilindros del motor.....	67
55	Modelo experimental.....	71
56	Alojamiento de la multiválvulas y desfogue.....	73
57	Multiválvula para colocar en el tanque.....	74
58	Manguera para recargar gas en el tanque.....	74
59	Válvula de desfogue.....	75
60	Posición válvula de carga.....	76

61	Instalación del tanque de almacenamiento.....	77
62	Instalación del circuito de alta presión.....	78
63	Instalación de las tuberías.....	79
64	Rulos en cañería.....	79
65	Instalación en la parte posterior del vehículo.....	80
66	Instalación del evaporador.....	81
67	Instalación de la electroválvula de GLP.....	82
68	Instalación eléctrica de la electroválvula de GLP.....	83
69	Instalación del caudal de máxima.....	83
70	Distancia del regulador de alta en la manguera.....	84
71	Calibración del caudal mínimo.....	85
72	Instalación del circuito de baja presión.....	86
73	Instalación del circuito de calefacción.....	87
74	Adaptación al reductor-vaporador.....	87
75	Instalación del mezclador.....	88
76	Esquema de Instalación eléctrica electrónica.....	89
77	Instalación de la llave de conmutación.....	90
78	Instalación del conmutador.....	90
79	Instalación del emulador de inyectores.....	91
80	Conexión del relé.....	93
81	Verificación de conexiones.....	97
82	Carga del depósito de GLP.....	98
83	Análisis de gases.....	99
84	Banco didáctico.....	110
85	Indicador de la válvula.....	111
86	Interruptor de conmutación.....	111
87	Llave de encendido.....	112
88	Sistema de refrigeración.....	112
89	Llenado del sistema de GLP.....	113

LISTA DE ABREVIACIONES

B	Alimentación con gasolina
C.N	Condiciones Normales
cm ²	Centímetros cuadrados
Cr	Cromo
CV	Caballo de vapor
Ec.	Ecuación
FSI	Sistema montado por la marca Volkswagen.
G	Alimentación con GLP
g	Gramos
GDI.	Sistema montado por la marca Mitsubishi.
GLP	Gas Licuado de Petróleo
HPI.	Sistema montado por el grupo PSA. (Peugeot/Citröen).
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kcal	kilocalorías
Kg	Kilogramos
Km	Kilometro
kW.hr	kilovatio hora
L	litros
mm	milímetros
Mo	Molibdeno
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
OBD	On Board Diagnostics
PMS	Punto Muerto Superior
Ppm	Partículas por millón
PSI	Pounds per Square Inch
RON	Research Octane Number
RPM	Revoluciones por minuto
UCE	Unidad de control electrónica
V	Voltios

LISTA DE ANEXOS

- A** Tipos de cilindros para Autogas
- B** NTE INEN 111:1998 .Cilindros de Acero Soldados para Gas Licuado de Petróleo “GLP”. Requisitos
- C** NTE INEN 675:1982. Gas Licuado de Petróleo. Requisitos. Ecuador
- D** NTE INEN 2 311:2008. 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
- E** Hoja de verificación del estado del motor
- F** NTE INEN 2 204:2002. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina
- G** Validación de los análisis
- H** Tablas de mantenimiento
- I** Guía de laboratorio

RESUMEN

Se ha Construido un Banco Didáctico para el Funcionamiento y Reconocimiento de partes de un Sistema de Alimentación por GLP (Gas Licuado de Petróleo) en un Motor de Explosión Interna, con el objetivo de conocer las ventajas que proporciona el uso del GLP en los vehículos , medio ambiente y económico.

En el funcionamiento se acopla el Kit de alimentación de GLP marca LOVATO en el motor Volkswagen gol VVT 1.4 empleando: una válvula de carga, tanque de almacenamiento, cañerías de alta y baja presión, filtro, electroválvula de GLP, reductor, mezclador, regulador de alta, conmutador, emulador de inyectores, relé, los que deben estar conectados de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes realizando ajustes y calibraciones en los distintos elementos, permitiendo que el motor funcione de forma dual a GLP y Gasolina, libre de todo riesgo personal y del vehículo.

Con la construcción de este banco didáctico se podrá conocer los elementos que conforman el sistema de alimentación a GLP, la instalación de cada uno de los elementos del KIT y observar el funcionamiento del mismo en un motor a inyección. El que servirá como guía práctica de mediciones de gases, potencia y torque, y encontrar las diferencias entre la utilización del GLP y Gasolina.

Se recomienda además utilizar los manuales, guía de laboratorio y especificaciones para realizar las prácticas en el banco didáctico y evitar daños personales y del equipo.

ABSTRACT

It has been created a didactic bank for the operation and recognition of the forming parts of a power supply system for LPG (liquefied petroleum gas) in an internal combustion engine, in order to know more about the advantages provided by the use of LPG in vehicles environment, and the benefits in the economic aspect.

In the operation process, the LPG supplying kit whose brand is LOVATO, is attached in the VVT 1.4 Volkswagen golf engine using a charging valve, storage tank, piping high and low pressure filter , LPG solenoid valve, reducer, mixer, high pressure regulator, commutator, emulator of injectors, relay. All these elements must be connected according to their manufacturers` specifications making adjustments and calibrations on them, allowing the engine to run on a dual way, LPG and fuel, free of risk to individuals as well to the vehicle.

The creation of this didactic bank will make possible to recognize the elements conforming the LPG supply system, as well as the installation of each of the devices en the kit and also in will be possible to observe its functioning in an injection engine that will serve as a practical guide for gas, power and torque measurements and be able to find the differences between the use of LPG and gasoline.

It is also recommended to follow the manuals instructions, laboratory guide as well as to take into account the specification to develop practices in the didactic bank and avoid personal injuries and equipment damages.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

En busca de minimizar la contaminación producida por los automóviles, desde hace muchos años atrás, se ha venido buscando métodos que ayuden a contrarrestar la contaminación ambiental, implantando sistemas de control de emisiones como el OBD y también buscando biocombustibles que contaminen menos que los combustibles derivados del petróleo

La industria del GLP puede contribuir de manera significativa e inmediata a la entrega real de las reducciones de gases tóxicos al ambiente, por cuanto tiene menores emisiones de gases de efecto invernadero que cualquier otro combustible fósil. El GLP es un carburante más amigable y moderno, pues reduce considerablemente la emisión de gases, tales como: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), hidrocarburos y otros contaminantes del medio ambiente, debido que al entrar en la cámara de combustión ya en forma gaseosa, al producirse la chispa este combustible se va a quemar casi de forma completa, es decir, cuenta con una serie de ventajas económicas y ambientales.

Los sistemas de GLP en cuanto se refiere a sus componentes son menores, es decir requiere de menor número de piezas y esto implica menores posibilidades de fallas en sus componentes; los costos de adquisición y mantenimiento son también más bajos que los sistemas normales de combustibles, sin embargo su instalación empírica y no tecnificada ha generado inconvenientes en su aplicabilidad.

Desde la creación de la Escuela de Ingeniería Automotriz se ha venido formando profesionales calificados para afrontar los retos laborales, con conocimientos amplios en lo que se refiere a motores de combustión interna y la búsqueda de minimizarla la contaminación producida por los mismos en el medio ambiente, de esta manera se

cuenta con las competencias profesionales que permitirán llevar a ejecución el plan de proyecto de tesis propuesto.

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación técnico – económica. En lo ambiental el GLP es un combustible ecológico en consecuencia produce menor contaminación, a la vez es más limpio y menos toxico a comparación de los demás combustibles, prácticamente todos los motores a gasolina pueden funcionar con GLP mediante un deposito adicional al de la gasolina, mediante la adaptación de inyectores, conductos de bombeo de combustible, instalación del depósito y un conmutador que alterna un combustible a otro.

Las características de desempeño y operatividad de los vehículos con GLP automotor se comparan muy favorablemente con otros combustibles automotores alternativos. GLP automotor tiene un mayor grado de octanos que la gasolina, por esto los motores convertidos impulsados a GLP automotor con encendido eléctrico tienden a un andar más suave.

Esto reduce el deterioro y los requerimientos de mantenimiento incluyendo menor frecuencia en el cambio de aceite y conductos de encendido. GLP automotor presenta menor formación de hollín que la gasolina, reduciendo la abrasión y la degradación química del aceite. Además GLP automotor no diluye la película lubricante de las paredes de los cilindros, lo cual es un problema particular en los motores a gasolina con el arranque en frío.

La importancia de una adecuada y técnica instalación es vital para mantener el estado óptimo del motor y de su funcionamiento para evitar daños y accidentes perjudiciales tanto para el vehículo como para sus propietarios.

Desde el punto de vista académico ayudara a los estudiantes de Ingeniería Automotriz a complementar de forma práctica lo que son los sistemas a GLP, con ello se estaría solidificando los conocimientos sobre las tendencias actuales de lo que son los biocombustible.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Construir un banco didáctico para el funcionamiento y reconocimiento de partes de un sistema de alimentación por (GLP) en un motor de explosión interna.

1.3.2 Objetivos específicos

Conocer las ventajas del uso del gas licuado de petróleo (GLP) en relación al uso de la gasolina por los vehículos.

Describir los accesorios de un sistema de alimentación a gasolina en el motor.

Describir los accesorios de alimentación a GLP en un motor.

Instalar en un motor a gasolina los elementos necesarios para el funcionamiento a GLP.

Realizar un manual técnico de la instalación de los elementos para que en un futuro dichas instalaciones no produzcan accidentes.

Realizar un manual técnico de la utilización y mantenimiento de un sistema de alimentación a GLP.

Elaborar un conjunto de guías de laboratorio para pruebas de mantenimiento, funcionamiento y análisis de combustión en el sistema a GLP

CAPÍTULO II

2. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE UN MOTOR A EXPLOSIÓN INTERNA

2.1 Introducción

En el presente capítulo se presenta un breve estudio de los sistemas de alimentación que han venido evolucionando desde la creación del motor de combustión interna. También se presentara el estudio del gas licuado de petróleo, sus características, propiedades y cuadros comparativos con la gasolina, además se describirá completamente el sistema de alimentación diseñado para el uso de gas licuado de petróleo, sus elementos, además explicamos algunos aspectos de seguridad.

Se presenta material gráfico para conocer más a fondo cada uno de los elementos del sistema de conversión de gas licuado de petróleo.

Los motores de explosión se alimentan para su funcionamiento de una mezcla de aire y gasolina. Debido a que el vehículo en su desplazamiento se encuentra sometido a diferentes estados de servicio, el sistema de alimentación que incorpora el motor, debe ser capaz der suministrar la mezcla en las condiciones adecuadas para cada uno de ellos.

Tradicionalmente, los motores de explosión se han alimentado aplicando un sistema llamado de carburador, hasta la introducción de la electrónica en la gestión del motor a partir de los años 80, y de las sucesivas normas anticontaminación que limitan a valores cada vez más bajos, la cantidad de sustancias nocivas emitidas por los gases de escape.

Esto ha hecho que los sistemas de alimentación electrónicos se vayan implantado progresivamente, de tal forma, que desde algunos años, el carburador ha sido totalmente sustituido.

Para que el motor se alimente siempre con una mezcla perfectamente dosificada en cualquier estado de funcionamiento, los sistemas de alimentación empleados deben:

- ✓ Medir la cantidad en peso y la temperatura del aire aspirado.
- ✓ Medir la cantidad en peso y la temperatura del combustible suministrado.
- ✓ Medir la temperatura del motor.
- ✓ Medir la velocidad de régimen del motor.
- ✓ Analizar la composición de los gases de escape.
- ✓ Medir el estado de servicio del motor.
- ✓ Cualquier otro factor que mejore la exactitud en la dosificación

2.2 Sistema de alimentación [1]

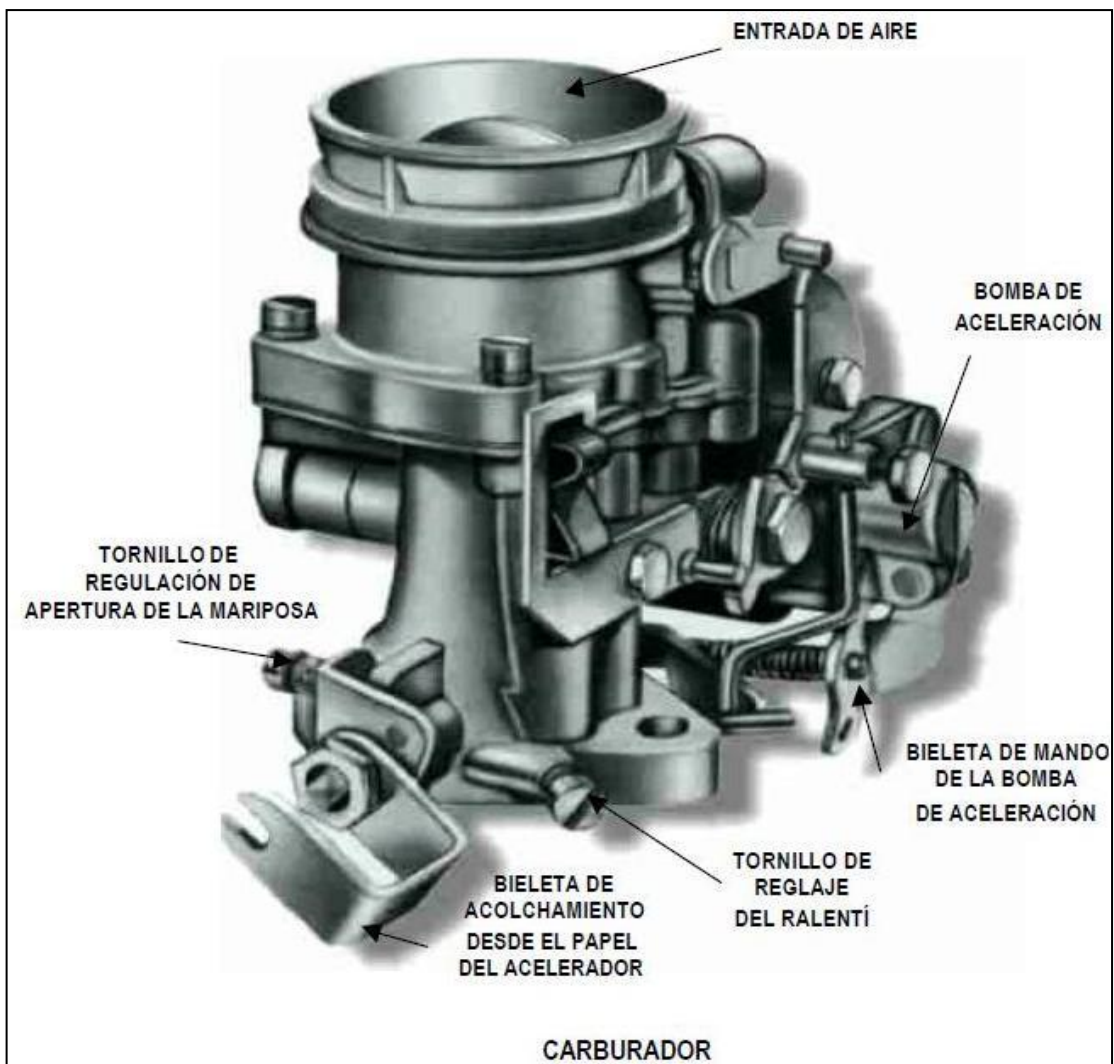
En los motores de explosión se montan dos sistemas distintos de preparación de la mezcla como son:

- El carburador
- La inyección de gasolina

2.2.1 El carburador. El carburador es un sistema mecánico colocado en el extremo del colector de admisión, que dispone de un conducto único por el que el aire pasa a llenar los cilindros. En este se encuentra la boca de un tubo pulverizador por el que llega la gasolina.

La corriente de aire que circula hacia los cilindros crea una depresión en el conducto, a la altura del pulverizador, haciendo que la gasolina salga por diferencia de presión y se mezcla con el aire que circula para formar la mezcla.

Figura 1. Carburador



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/11950824/El-carburador.htm>

Para obtener la dosificación teórica, entre el conducto de aire y le boca del tubo pulverizador, existe una relación determinada entre sus medidas. El carburador presenta una serie de defectos, como son:

- ✓ Como mecanismo mecánico, para realizar la dosificación de la mezcla no tiene en cuenta ninguna de los parámetros de funcionamiento del motor.
- ✓ No se adaptan a los distintos estados de funcionamiento del motor a suministrar por su construcción solamente de la dosificación teórica, y está obligado a incorporar distintos mecanismos correctores para adaptar la mezcla a dichos estados.

- ✓ Los componentes de la mezcla tienen distinta inercia y mientras que el aire al ser gaseoso responde rápidamente al vacío de la admisión, la gasolina es líquida y tarda más tiempo en vencer la inercia y reaccionar. El resultado es que al abrir la mariposa, la mezcla se empobrece y al cerrarla se enriquece.
- ✓ Existe tendencia al enriquecimiento de la mezcla y, con él, al aumento de la cantidad de sustancias contaminantes por el escape, además del derroche de combustible en determinados estados de aceleración.
- ✓ El carburador basa su funcionamiento en el volumen de aire que circula por él, al que le añade la cantidad de combustible correspondiente. Como el volumen de aire es variable en función de la presión y de la temperatura, la dosificación no tiene la exactitud que se requiere en función de la cantidad de oxígeno real que se introduce al motor.
- ✓ Los tubos del colector de admisión se diseñan para acoplar el carburador en su extremo, de forma que el aire tiene que seguir siempre un camino descendente a través del carburador hacia el motor, lo que normalmente no favorece la aspiración. Además, el carburador realiza un estrechamiento en el conducto de aire para generar la depresión, lo que obstaculiza su paso.
- ✓ Como el carburador está situado en el centro del colector, los tubos de admisión tienen diferente longitud, siendo más corto los conductos centrales que los del extremo. Debido a ello se producen procesos de disgregación que originan mezclas desiguales de aire y combustible para los diferentes cilindros. La necesidad de conseguir una mezcla que alimente suficientemente al cilindro más desfavorecido, obliga en general, a dosificar una cantidad de combustible demasiado elevada.

Por estos defectos en los últimos años, los carburadores habían sufrido una evolución importante, siempre basada en la incorporación de nuevos dispositivos correctores, para adaptarse a todas las condiciones de funcionamiento del motor, reducir el consumo de combustible y limitar la emisión de sustancias contaminantes en los gases de escape.

A pesar de ello, las sucesivas normas anticontaminación han reducido tanto los valores de las emisiones de los motores, que los carburadores finalmente no podían cumplirlas, por lo que los fabricantes han procedido a su sustitución progresiva por los sistemas de

inyección de gasolina, que cumplen perfectamente con las exigencias planteadas por dichas normativas y las prestaciones exigidas a los motores actuales.

2.2.2 *El sistema de inyección de gasolina.* Desde algunos años, la tendencia de los fabricantes ha sido la de montar sistemas de inyección de gasolina sustituyendo en sus motores al carburador. Esto ha sido debido al incremento en las prestaciones exigidas a los motores de explosión y a la serie de ventajas que presenta este sistema respecto del anterior en cuanto a:

- ✓ Menor consumo de combustible.
- ✓ Mayor rendimiento.
- ✓ Aumento de la potencia y del par obtenido.
- ✓ Mejor comportamiento del motor en cualquier estado de servicio.
- ✓ Una reducción considerable de elementos contaminante en los gases de escape.

En este último aspecto, ha sido decisivas las normas anticontaminación, que han ido reduciendo los valores de sustancias contaminantes en los gases de escape, hasta el punto de que solo era posible cumplirlas, incorporando al motor un sistema de inyección de gasolina.

La inyección de gasolina tanto mecánica como electrónica, tiene como objetivo llevar a cada cilindro el combustible exactamente necesario para el estado de servicio del motor en cada momento. Para ello es necesario registrar el mayor número de datos posibles de funcionamiento del motor, para la perfecta dosificación del combustible.

Los sistemas de inyección electrónicos pueden registrar gran cantidad de datos de funcionamiento del motor, en cualquier lugar del vehículo, para su posterior conversión en señales eléctricas mediante sensores. Estas señales son recibidas por la UCE que las procesa y calcula a partir de ellas, el caudal de combustible a inyectar, determinando el tiempo que las válvulas de inyección deben permanecer abiertas.

Se consigue una elevada potencia específica y un par motor más adecuado a cada régimen, al recibir el motor la cantidad justa de combustible en cada instante y en cada

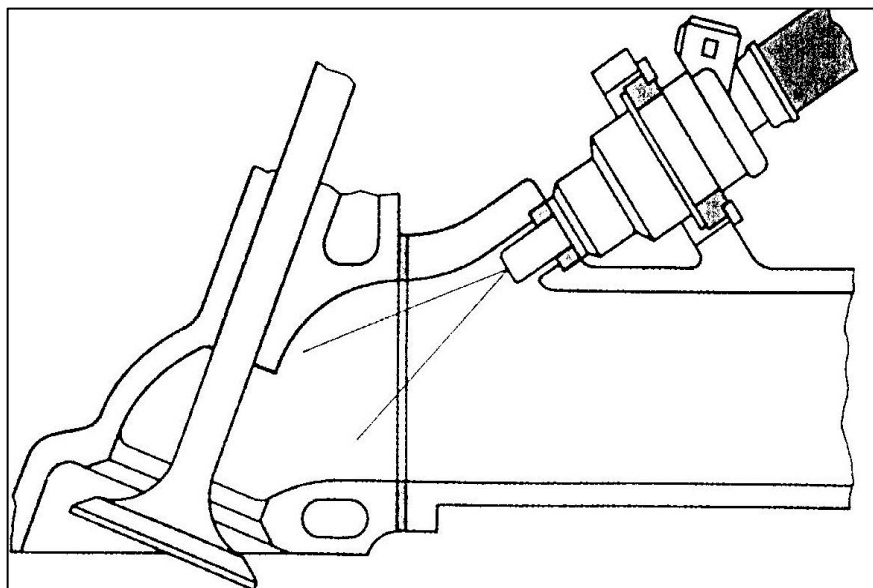
cilindro, obteniendo el máximo rendimiento del motor en cada estado de servicio, considerando además, las influencias del medio ambiente, reduciendo el consumo y los elementos contaminantes.

El sistema incorpora unas válvulas de inyección (figura 2), que puede ir colocado en:

- ✓ En el colector de admisión, detrás de la válvula una para cada cilindro.
- ✓ En la culata del motor, sobre la cámara de combustión, una por cilindro.
- ✓ Una válvula de inyección única para todos los cilindros del motor, situada en el colector de admisión, encima de la mariposa de gases.

En la figura 2, se muestra la colocación de una válvula de inyección en el colector detrás de la válvula de admisión. Como el combustible se inyecta en este punto, el colector de admisión se ha diseñado de forma que favorezca la aspiración y las corrientes de aire más favorables, mejorando el llenado de los cilindros. Al haber una válvula de inyección para cada cilindro, no hay desigualdad de llenado entre ellos y se distribuye mejor la mezcla.

Figura 2. Válvulas de inyección



Fuente: tecnología del automóvil (GTZ)

2.3 Ventajas de los sistemas de inyección con respecto de los de carburador [2]

Del análisis de los sistemas descritos anteriormente se deducen las siguientes ventajas que presentan los sistemas de inyección respecto a los carburadores.

2.3.1 Menor consumo de combustible. En los motores con carburador, el combustible se vierte en el aire que circula por él, en función de sus medidas y grado de aceleración, por lo que no existe un control directo del mismo. Además, la dosificación no se adapta con exactitud a los distintos estados de servicio del motor, ya que no controla ninguno de sus parámetros de funcionamiento

Por la disposición del colector de admisión, se producen mezclas desiguales para cada cilindro por un proceso de disgregación, que obliga a enriquecer la mezcla para alimentar suficientemente a todos los cilindros.

Con el carburado, al variar el estado de carga del motor, el combustible forma una película en las paredes del colector por precipitación que después se descompone. De todo ello se deduce, que existe un consumo excesivo y un llenado desigual de los cilindros.

En el sistema de inyección como se valoran todos los parámetros de funcionamiento del motor, la dosificación de la mezcla es exacta, adaptándose perfectamente a todos los estados de servicio del motor. Al colocar una válvula de inyección para cada cilindro se garantiza la misma cantidad de combustible.

2.3.2 Mayor potencia y par motor. Los sistemas de inyección permiten la dosificación exacta e inyección individualizada, realizando la optimización del colector de admisión con un diseño que favorezca las corrientes de aire hacia el interior del cilindro, mejorando su llenado. El resultado es que se obtiene una mayor potencia específica así como un valor y una evolución del par mejorados.

Incluso con una inyección centralizada se obtiene mayores potencias en comparación con el de carburador, al disponer de unos conductos de admisión menos estrangulados.

2.3.3 Mejora en las aceleraciones. Debido a la rapidez con la que trabaja el sistema de inyección, a la disposición de las válvulas de inyección en el colector de admisión y a la cantidad exacta de combustible inyectado, se consigue una respuesta inmediata al cambiar las condiciones de funcionamiento del motor.

2.3.4 Mejora en el arranque en frío y en la fase de calentamiento. Para el arranque en frío, el sistema de inyección de gasolina ajusta una dosificación exacta en función de la temperatura del motor y del régimen de arranque, consiguiendo que este se ponga en marcha en un tiempo mínimo.

Una vez arrancado el motor y en fase de calentamiento, se ajusta la dosificación adaptando el caudal de combustible con exactitud, para que la marcha del motor sea estable y sin tirones, con una aceleración rápida y segura desde el ralentí, obteniéndose además un consumo mínimo.

2.3.5 Mayor control de la emisión de sustancias contaminantes. La cantidad de sustancias contaminantes emitidas por los gases de escape depende directamente de la dosificación de la mezcla de aire y combustible. Los sistemas de inyección son capaces de preparar una mezcla que reduzca al mínimo la generación de sustancias contaminantes, de forma que cumplan todas las disposiciones legales en cuanto a la contaminación por los gases de escape.

Además, en los vehículos dotados con sistemas de inyección, este controla la emisión de hidrocarburos a la atmosfera que se generan en el depósito de combustible o en el sistema de alimentación, emisiones que están prohibidas por normativa. Esto no se puede cumplir en un motor dotado con carburador.

2.4 Clasificación de los sistemas de inyección [3]

Existen diversos parámetros por los cuales se pueden realizar una clasificación de los sistemas de inyección de combustible. En función del parámetro que se analice, se obtendrá una clasificación diferente, teniendo en cuenta que un sistema determinado puede permanecer a varias de ellas, en función de sus características:

- ✓ Según la forma de funcionamiento.
- ✓ Según el lugar donde inyecta.
- ✓ Según el número de válvulas de inyección.
- ✓ Según el número de inyecciones.

2.4.1 *Según la forma de funcionamiento.* Se distinguen los siguientes tipos:

2.4.1.1 *Inyección mecánica.* En este tipo de inyección, el funcionamiento de todos sus componentes es mecánico y no existe ningún control del sistema de otro tipo.

2.4.1.2 *Inyección electromecánica.* En este tipo de inyección, la mayor parte del funcionamiento es de tipo mecánico, pero el control del sistema se realiza por medios electrónicos.

2.4.1.3 *Inyección electrónica.* En este tipo de inyección, los elementos que la forman, tanto los que informan los que actúan y la UCE tiene un funcionamiento totalmente electrónico.

2.4.2 *Según el lugar donde inyecta.* Pueden ser de dos clases:

2.4.2.1 *Inyección directa.* Cuando la válvula de inyección se encuentra colocada en la culata e introduce el combustible directamente en el interior de la cámara de combustión, como vemos en la figura 3.

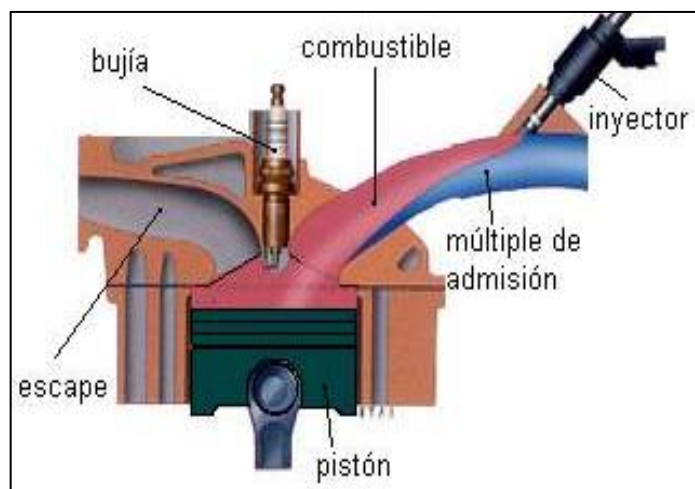
Figura 3. Inyección directa



Fuente: <http://autos.aollatino.com/2009/06/19/hyundai-le-entrega-mas-potencia-a-sus-modelos-2010-entere-se-co>

2.4.2.2 Inyección indirecta. La válvula de inyección se encuentra colocada en el colector de admisión e introduce el combustible en el mismo por detrás de la válvula de admisión que puede estar abierta o cerrada en el momento de la inyección, como vemos en la figura 4. El inyector se encuentra colocado de tal forma que el combustible que se inyecta salga finamente pulverizado en una dirección favorable para facilitar su paso al cilindro arrastrado por el aire que está siendo aspirado.

Figura 4. Inyección indirecta

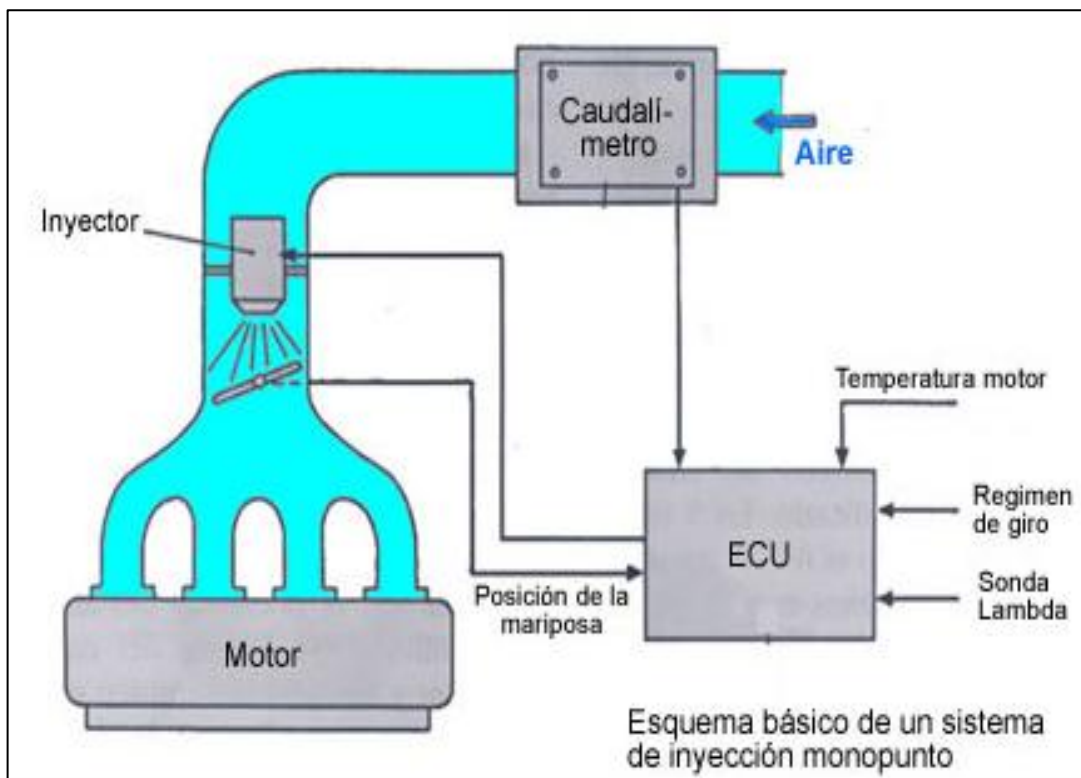


Fuente: <http://mariadiesel05.blogspot.com/2010/04/inyeccion-indirecta.html>

2.4.3 Según el número de válvulas de inyección. Puede ser de dos clases:

2.4.3.1 Inyección monopunto o centralizada. Es aquel sistema que solamente dispone de una válvula de inyección para todos los cilindros del motor e introduce el combustible en el tubo de admisión. Como su disposición es vertical descendente se encuentra encima de la válvula de mariposa de gases e inyecta sobre ella. Es la más utilizada en motores de baja cilindrada y cumple con las disposiciones sobre sustancias contaminantes.

Figura 5. Inyección monopunto o centralizada.



Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.com/inyeccion_monopunto.htm

2.4.3.2 Inyección multipunto o individualizada. Es aquel sistema que incorpora una válvula de inyección para cada uno de los cilindros del motor. Según el lugar donde van colocados, el sistema de inyección puede ser directo (Fig. 6) o indirecto (Fig. 7). Se usa en motores de media y gran cilindrada y cumple con las disposiciones sobre sustancias contaminantes.

Figura 6. Directa

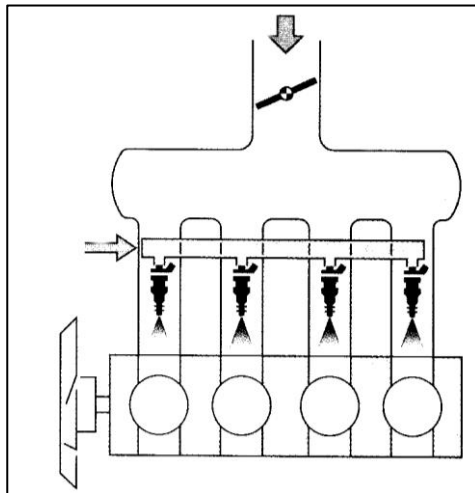
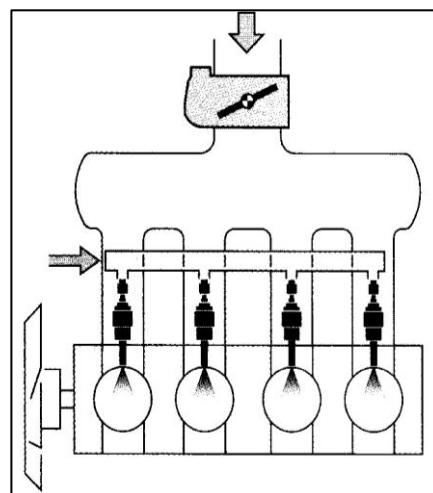


Figura 7. Indirecta

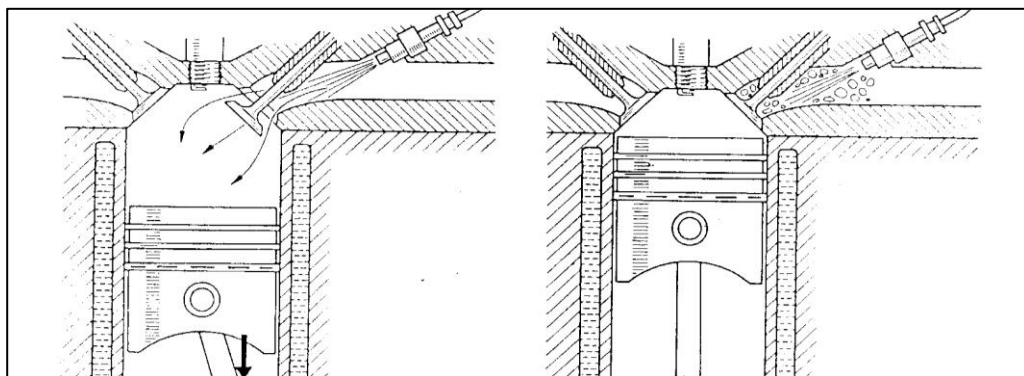


Fuente: <http://www.cdglaplata.com.ar/foro/viewtopic.php?f=12&t=1891>

2.4.4 Según el número de inyecciones. Según este parámetro encontramos varios tipos de inyección como son:

2.4.4.1 Inyección continua. En esta inyección el combustible se introduce de manera continua en el tubo de admisión a una presión y caudal previamente determinados mientras el motor se encuentre en funcionamiento. Como la mayor parte del tiempo de un ciclo, la válvula de admisión se encuentra cerrada, el combustible inyectado pulverizado se va acumulando detrás de esta. Al abrirse la válvula, la corriente de aire que circula hacia el cilindro arrastra la gasolina pulverizada acumulada hasta ese instante en el tubo. La presión de la gasolina puede ser variable o constante.

Figura 8. Inyección continua



Fuente: <http://www.c4atrerros.com/citroen-asuntos-generales/mecanica-9997/inyeccion-gasolina-4856564.html>

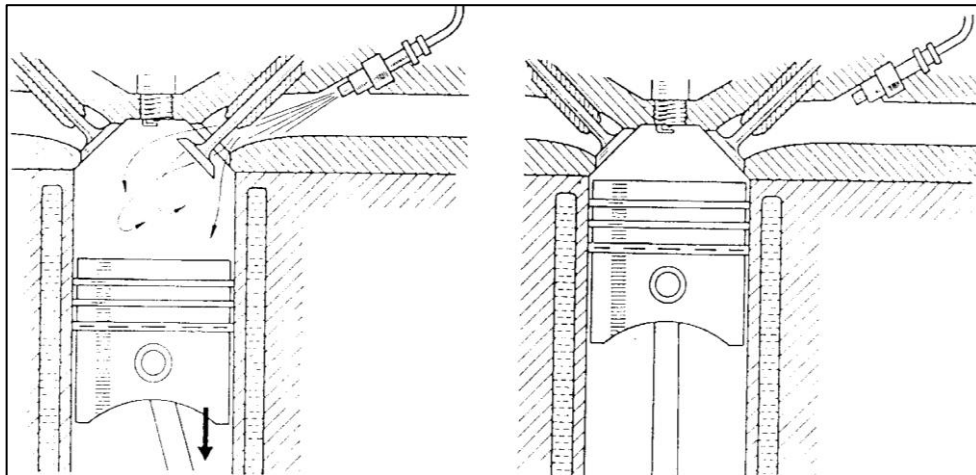
2.4.4.2 Inyección intermitente. Es aquella en la que se introduce el combustible a golpes o de forma intermitente, abriendo y cerrando la válvula de inyección continuamente. Dentro de este tipo de inyección encontramos las modalidades siguientes:

Inyección secuencial (SEFI). En este tipo de inyección, el combustible se inyecta de forma individual para cada uno de los cilindros, accionando cada una de las válvulas de inyección según el orden de encendido del motor, una detrás de otra. Tomando como referencia el PMS de cada cilindro, las válvulas de inyección comienzan la inyección en el mismo punto e inyectan el caudal total a inyectar para todos los cilindros de una sola vez.

Esto quiere decir que el combustible se inyecta en el mismo punto respecto de cada válvula de admisión de cada cilindro que en ese momento ya se ha comenzado a abrir.

El punto de comienzo de la inyección se puede adaptar libremente para cada motor y adaptarlo al estado de funcionamiento del mismo.

Figura 9. Inyección secuencial (SEFI)



Fuente: <http://www.c4atrerros.com/citroen-asuntos-generales/mecanica-9997/inyeccion-gasolina-4856564.html>

Inyección individualizada (CIFI). Este tipo de inyección es similar al anterior excepto que ofrece una adaptación más libre. Ofrece la ventaja de que aquí, se puede adaptar de

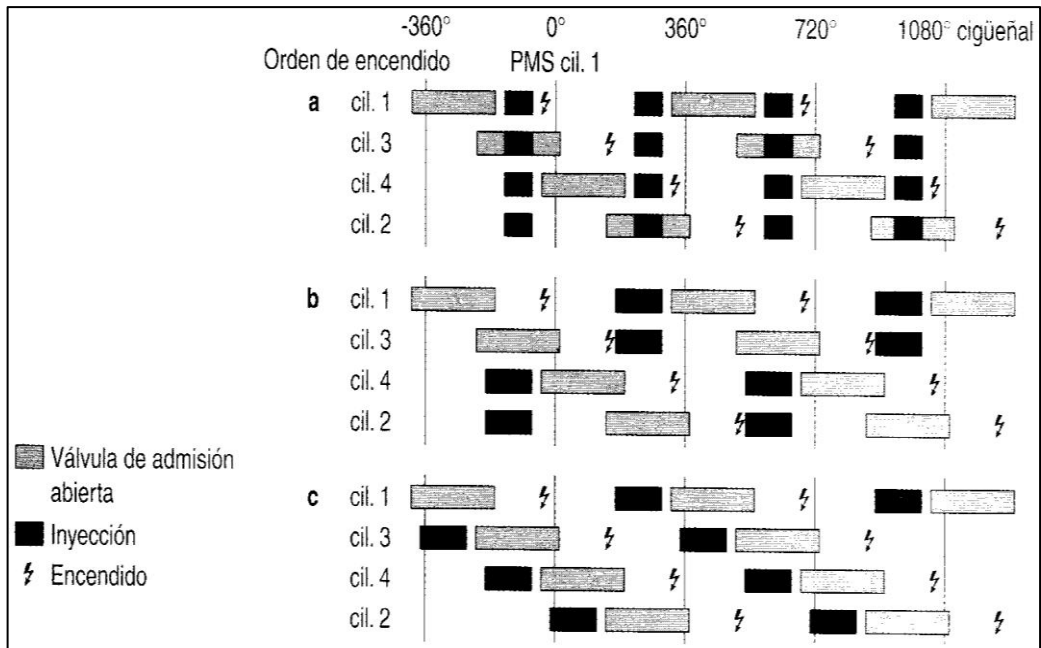
forma individual el tiempo de inyección para cada cilindro de forma que pueden compensarse desigualdades entre ellos, por ejemplo, caso de diferencias de llenado.

Inyección semisecuencial o en grupo. En este tipo de inyección, las válvulas de inyección están reunidas en dos grupos. Cada uno de ellos inyecta todo el caudal de inyección de una sola vez (el mismo para todas), de forma alterna, actuando cada grupo en cada vuelta del cigüeñal. Por esta disposición se puede elegir la situación de la inyección en función de los puntos de servicio evitando amplias zonas del diagrama característico de inyección no deseadas en la válvula de admisión abierta. El tiempo de evaporación del combustible es distinto para cada uno de los cilindros.

Inyección simultánea. En este tipo de inyección, todas las válvulas de inyección son accionadas a la vez por lo que el tiempo disponible para la evaporación del combustible es distinto para cada uno de los cilindros. Para mejorar la formación de la mezcla, el caudal de combustible necesario para cada ciclo de funcionamiento del motor se divide en dos mitades, de forma que se inyecta cada una de ellas en cada vuelta del cigüeñal. En este caso el punto de inyección está fijado para todos los cilindros, pero dos de ellos reciben el combustible delante de las válvulas de admisión cerradas y los otros dos, reciben la mitad de la inyección con las válvulas de admisión abiertas.

En la figura 10. Se muestran los ciclos de inyección de cada uno de los sistemas anteriores y los puntos de comienzo de cada uno de ellos a lo largo de un ciclo de funcionamiento del motor.

Figura 10. Ciclos de inyección



a.	Inyección simultánea.
b.	Inyección en grupo.
c.	Inyección secuencial SEFI e inyección individual para cada cilindro CIFI

Fuente: <http://htmlimg1.scribdassets.com/9ohf3jtcn4wof4m/images/15-f277c0f96a.jp>

2.5 Características de los distintos sistemas de inyección [4]

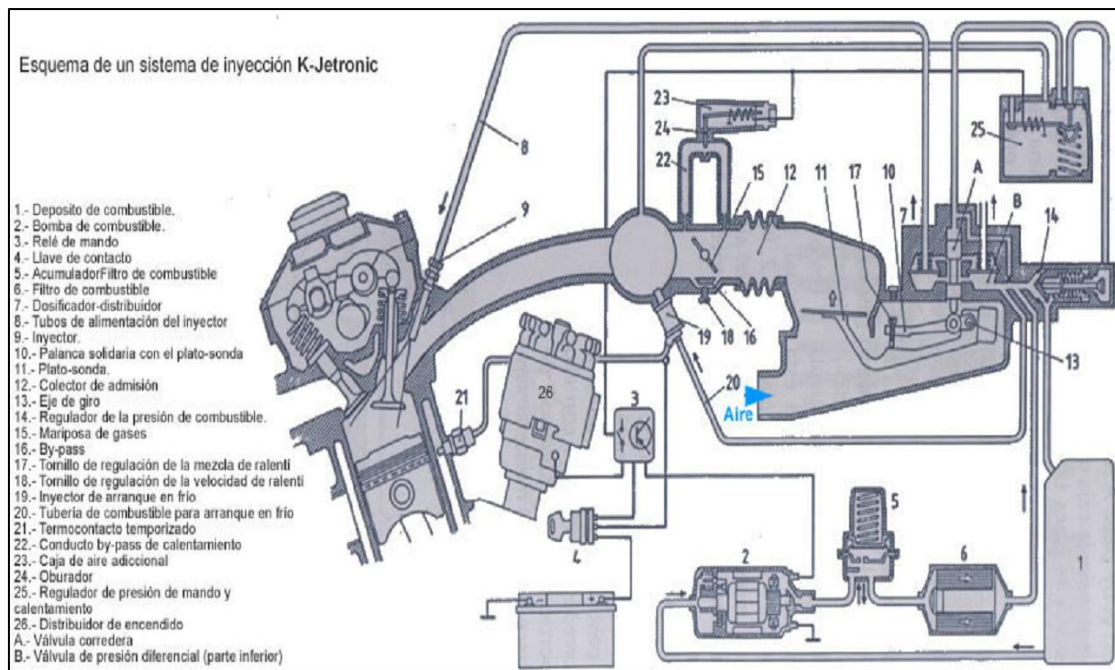
En la práctica podemos decir que todos los sistemas de inyección existentes son de tres clases:

- ✓ Sistema de inyección mecánica.
- ✓ Sistema de inyección electromecánica.
- ✓ Sistemas de inyección electrónica. Dentro de este sistema se encuentran los siguientes:
 - Inyección indirecta centralizada.
 - Inyección indirecta individualizada.
 - Inyección directa individualizada.

2.5.1 Sistema de inyección mecánica. El sistema de inyección mecánica fue el primero desarrollado como alternativa a los carburadores en los años 70 y primeros de los 80. Inicialmente el sistema trataba de imitar a los motores Diesel incorporando una bomba de inyección con regulador incorporado, funcionando de forma intermitente como el sistema Kugelfischer.

Posteriormente surgió un sistema totalmente nuevo que introduce el combustible de forma continua por medio de válvulas de inyección colocadas en el colector de admisión, permaneciendo constante la presión de inyección que genera una bomba eléctrica, todo ello de forma mecánica y sin controlar los parámetros de funcionamiento del motor. El caudal de inyección no es regulado por las válvulas de inyección sino en un dosificador-distribuidor. El sistema más conocido es el K-JETRONIC de la marca Bosch.

Figura 11. Sistema de inyección K-jetronic



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.com/inyeccion-k-jetronic.htm>

2.5.2 Sistema de inyección indirecta individualizada. En este sistema, el combustible es alimentado por una electrobomba de combustible que se encuentra en la cercanía o en el interior del depósito de combustible, en un caudal suficiente para mantener constante la presión de alimentación necesaria.

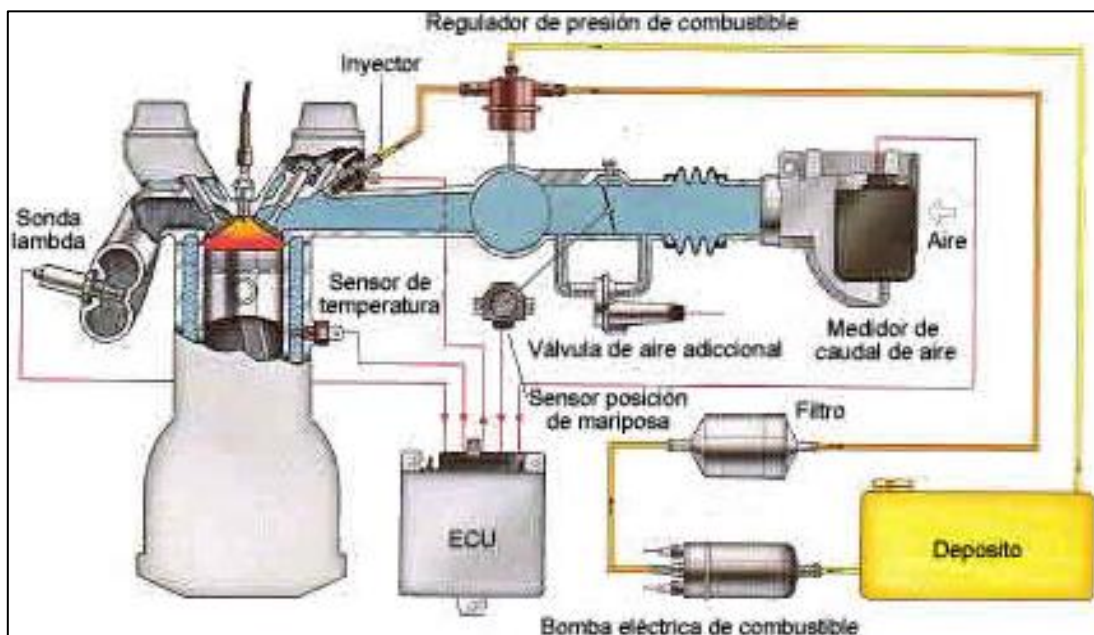
Esta presión de inyección es variable en función de la depresión existente en el colector de admisión para adaptar el caudal de inyección a las condiciones existentes en dicho tubo.

En cada tubo de admisión del colector y en la cercanía de la válvula de admisión de cada uno de los cilindros del motor, se encuentra una válvula de inyección accionada por una UCE, que determina el tiempo de inyección en función del conjunto de informaciones que recibe de los diferentes sensores colocados sobre el motor y el vehículo.

El caudal de inyección depende directamente del caudal de aire admitido y del régimen, además de otras informaciones adicionales que optimizan el funcionamiento del motor. Los sistemas de inyección individualizada son indirectos e intermitentes pudiendo ser secuenciales, en grupo o simultáneos, y son los que se utilizan en la mayoría de los motores de explosión. En la figura 12, 13 y 14 se muestra un esquema de este tipo de inyección.

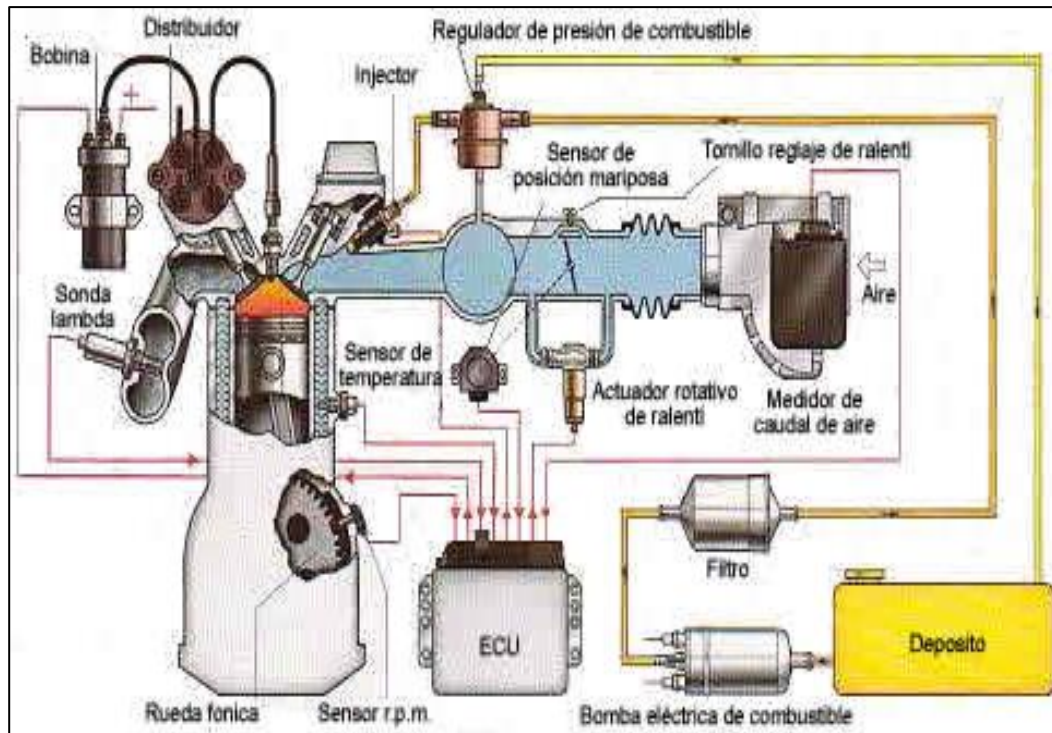
Encontrando los siguientes:

Figura 12. Sistema de inyección electrónica L-jetronic



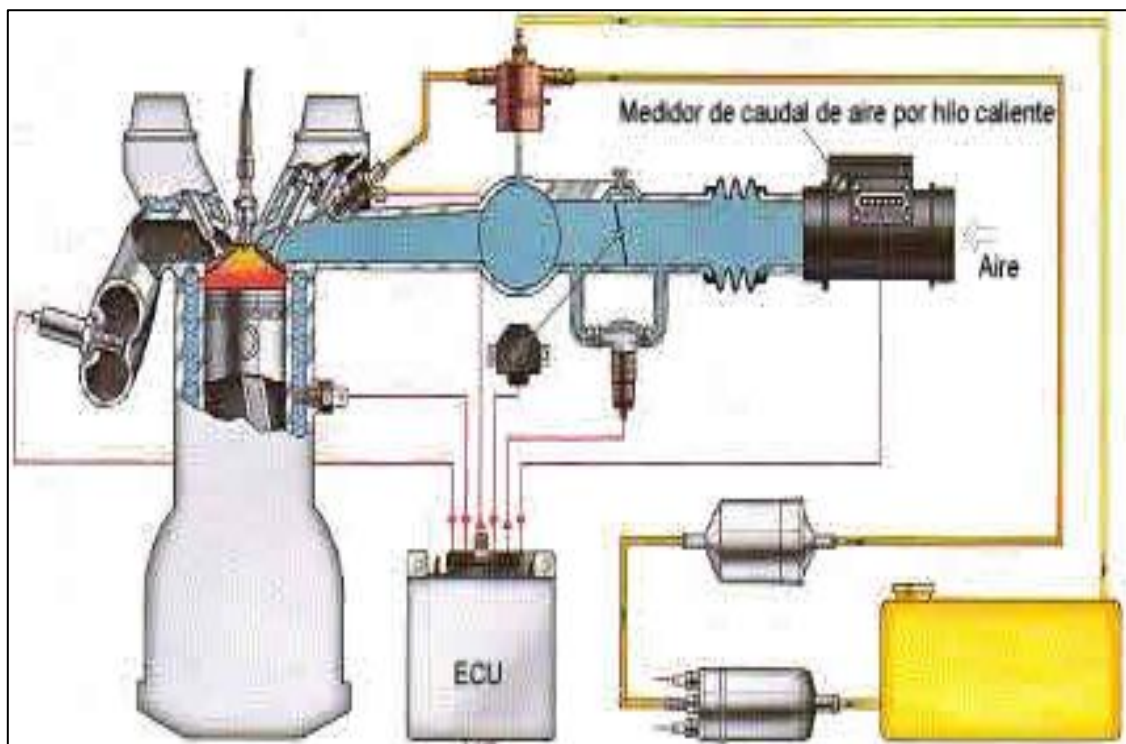
Fuente: <http://www.macfuel.com.ar/ljetronic.htm>

Figura 13. Sistema de inyección motronic



Fuente: <http://www.macfuel.com.ar/motronic.htm>

Figura 14. Sistema de inyección LH-Jetronic



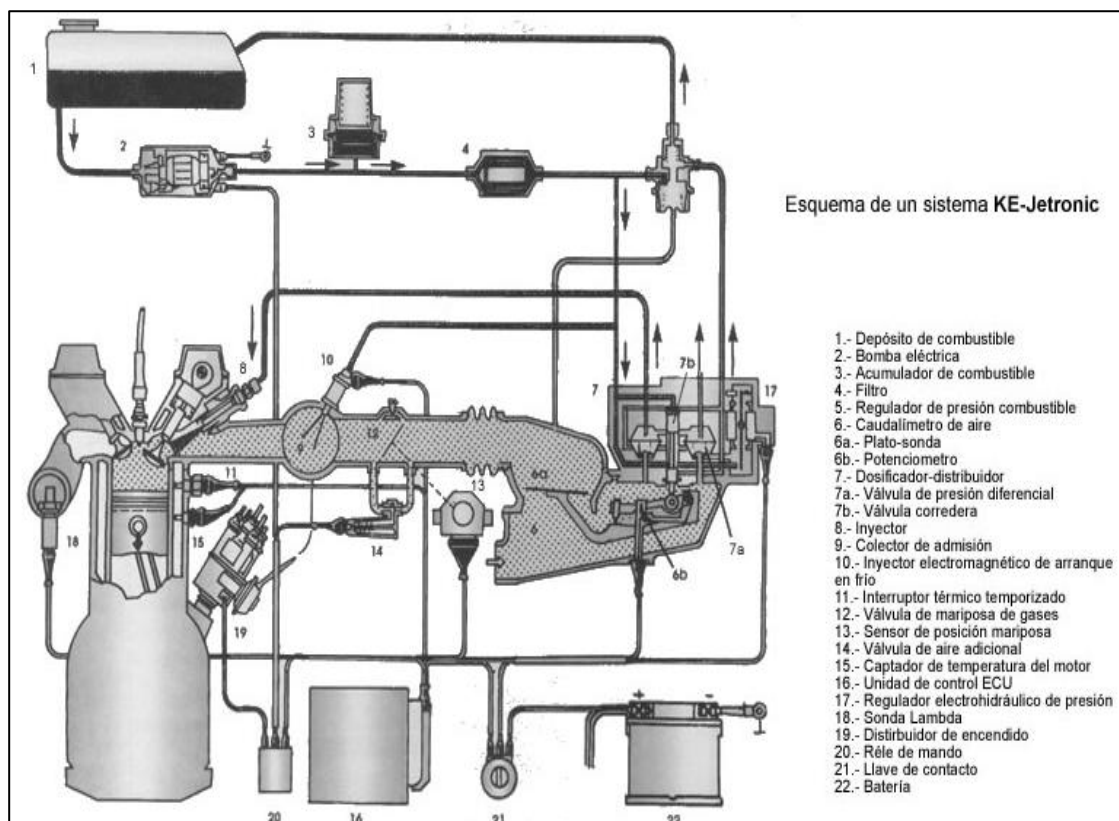
Fuente: <http://www.macfuel.com.ar/lhjetronic.htm>

- L-JETRONIC. De la marca Bosch, la UCE solamente controla el sistema de inyección.
- MOTRONIC. De la marca Bosch, la UCE controla los sistemas de inyección y encendido.

OTROS. Existen otras marcas, además de la anterior como Magneti-Marelli, Siemens, Sagen, Renix, etc., que también fabrican sistemas de inyección individualizada que controlan los sistemas de inyección y encendido.

2.5.3 Sistema de inyección electromecánica. Este sistema denominado KE-JETRONIC de la marca Bosch, se basa en el sistema básico de inyección mecánica K-JETRONIC, siendo su mayor diferencia que incorpora una UCE (Unidad de Control Electrónica), que es capaz de registrar informaciones de determinados sensores colocados sobre el motor, lo que hace posible la realización de determinadas funciones adicionales que son controladas electrónicamente y cuya finalidad es adaptar la dosificación de una manera más exacta a todos los estados de servicio del motor.

Figura 15. Sistema de inyección electromecánica



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.com/inyeccion-ke-jetronic.htm>

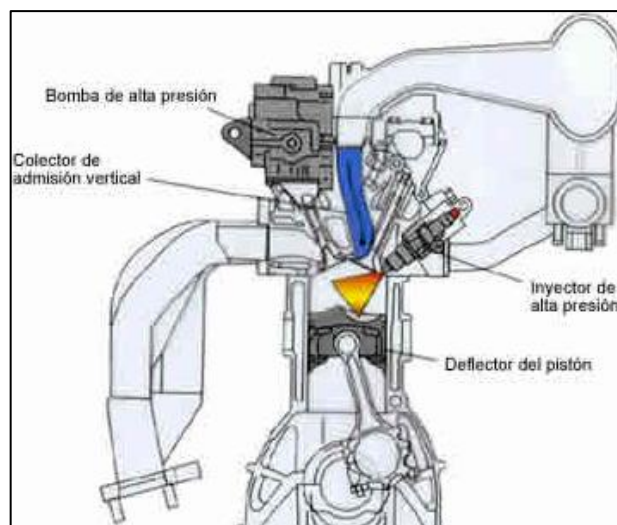
2.5.4 Sistema de inyección directa individualizada. En este sistema, el combustible es alimentado por una electrobomba de combustible que se encuentra en la cercanía o en el interior del depósito de combustible, en un caudal suficiente para mantener constante la presión de alimentación necesaria.

En este sistema las válvulas de inyección se encuentran colocadas directamente en la culata del motor, mirando al interior de las cámaras de combustión. Estas son controladas por una UCE que determina el tiempo de inyección en función del conjunto de informaciones que recibe de los diferentes sensores colocados sobre el motor y el vehículo. Además, el combustible se inyecta de diferentes modos (estratificado u homogéneo), en función del estado de funcionamiento o servicio del motor.

El caudal de inyección depende directamente del caudal de aire admitido y del régimen, además de otras informaciones adicionales que optimizan el funcionamiento del motor. Los sistemas de inyección directa individualizada son directos e intermitentes y actualmente están siendo aplicados al automóvil. Encontramos los siguientes:

- HPI. Sistema montado por el grupo PSA. (Peugeot/Citröen).
- GDI. Sistema montado por la marca Mitsubishi.
- FSI. Sistema montado por la marca Volkswagen.

Figura 16. Sistema de inyección directa individualizada



Fuente: <http://www.tecni-car.com.ar/mecanica.htm>

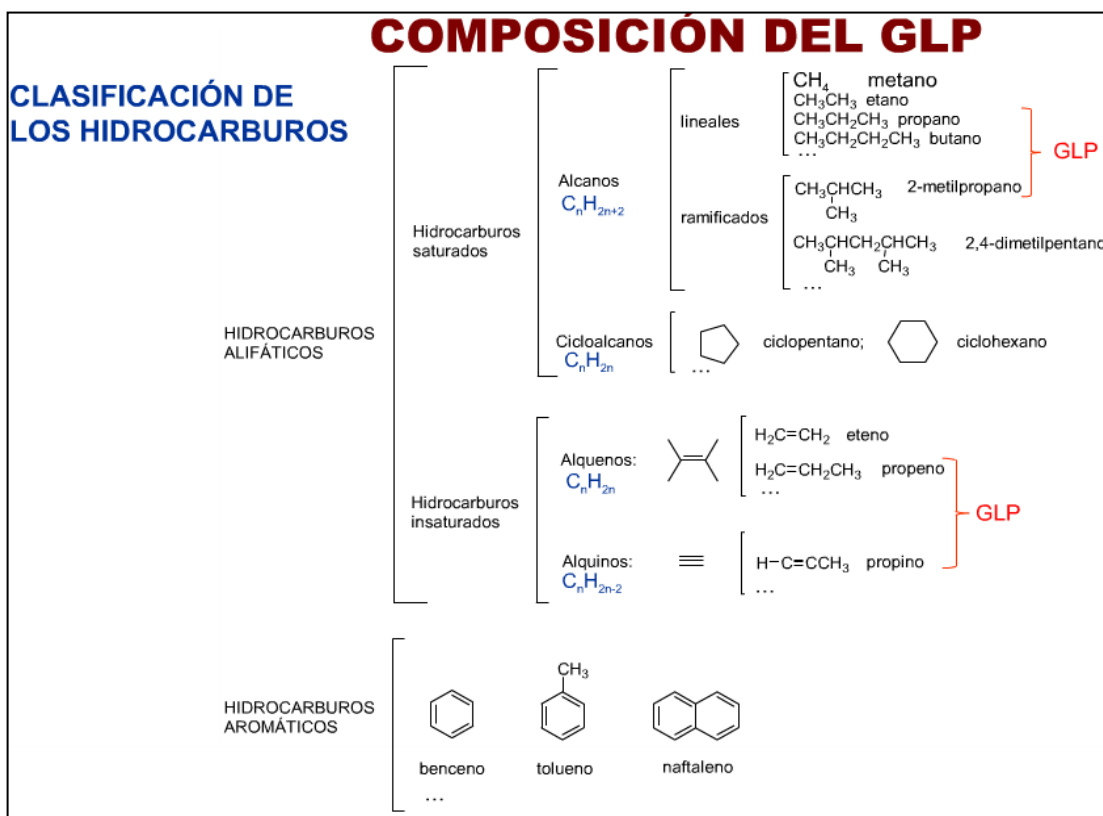
2.6 Estudio del gas licuado de petróleo [5]

2.6.1 El GLP. Reciben el nombre de Gases Licuados del Petróleo (GLP), las mezclas comerciales de hidrocarburos en los que el butano (C_4H_{10}), o el propano (C_3H_8) son dominantes.

En su estado natural son gaseosos, pero en recipientes cerrados y temperatura ambiente, una gran parte de los mismos están en fase líquida, ocupando un volumen 250 veces inferior al que ocuparían en estado vapor.

El alto poder calorífico del GLP en relación con el resto de los gases comerciales, presenta la ventaja de que para obtener una misma cantidad de energía total, se requieren menores diámetros de las conducciones utilizadas para la distribución del gas en fase gaseosa, si bien las presiones no pueden sobrepasar un determinado valor porque se producirían condensaciones en las canalizaciones.

Figura 17. Composición del GLP

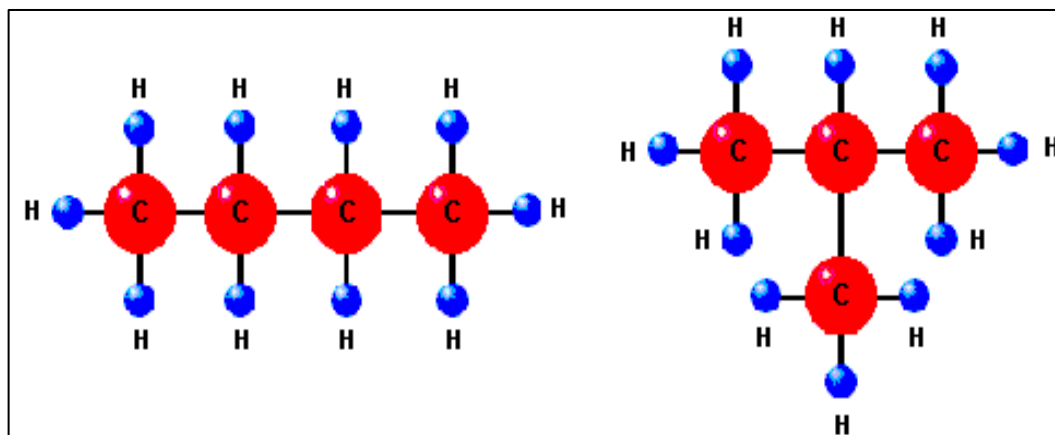


Fuente: www.eii.uva.es/~organica/quimica2/material/tema-2.doc

Sus características de alta pureza, y la homogeneidad de sus componentes, hacen que sea muy fácil ajustar el aire necesario para que la combustión de estos productos, sea la estequiométrica. Además, esta es una de sus principales características, están prácticamente exentos de azufre y otras sustancias como metales. Su campo de aplicación, es en general el calentamiento directo, y aquellas instalaciones en las que la accesibilidad del gas propano en depósito, la ausencia de azufre y todas las ventajas que conlleva el ser un combustible gaseoso, le proporcionan un valor añadido frente a otros combustibles.

2.6.2 Butano. El gas butano(C_4H_{10}) doméstico o comercial, es un gas licuado del petróleo GLP, obtenido por destilación del petróleo, compuesto por butano normal en un (60%), propano un (9%), isobutano un (30%) y etano un (1%).

Figura 18. Composición del gas butano



Fuente: <http://cuentame.inegi.org.mx/impresion/economia/petroleo.asp>

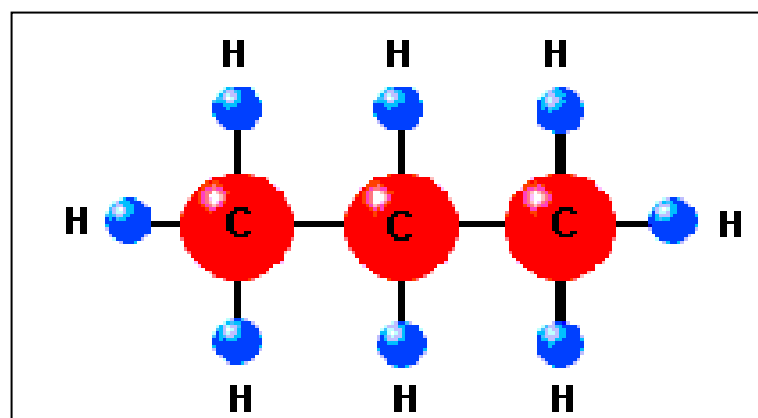
El gas butano es un gas inodoro (no tiene olor) e incoloro (no tiene color), en el proceso de la elaboración del gas butano se le añade un aditivo que le da olor, esto se realiza por seguridad ya que es una gas muy volátil y provocar una explosión que probablemente acabe en una catástrofe, por ello se odoriza para así poder detectar fugas en caso de que estas existan, el olor que desprende es un olor desagradable, que cuando lo olemos lo asociamos rápidamente a fuga de gas, no es su olor original, al ser el gas butano inodoro, el componente o aditivo que genera este olor es un mercaptano.

2.6.2.1 Aplicaciones. La principal aplicación del gas butano es la de combustible en hogares para la cocina y agua caliente, el gas butano no suele usarse en sistemas de calefacción, ya que no suele consumirse en grandes cantidades debido a sus limitaciones de transporte y almacenaje, en el interior de locales que tengan aparatos a gas uno en reserva y uno en descarga, además de esto tampoco está permitido el almacenamiento en posición horizontal, por esto cuando se ven almacenes de envases GLP (bombonas de gas butano), están estos colocados en estructuras metálicas tipo estantería y siempre están en posición vertical, así mismo como los camiones de transporte o distribución de gas butano.

El gas butano no es adecuado para su transporte vía gasoductos ya que por su alta temperatura de licuefacción se podría condensar en las conducciones y esto provocar graves accidentes. De hecho se eliminan los restos de butano y propano del gas natural por este motivo, creando un gas mucho más estable para su transporte por gaseoductos, nos referimos al gas natural.

2.6.3 Propano. El propano (C_3H_8) es un hidrocarburo, compuesto de hidrógeno y carbono, que se extrae del petróleo en las operaciones de refino o del gas natural y gases asociados, en los yacimientos de petróleo

Figura 19. Composición química del gas propano



Fuente: <http://cuentame.inegi.org.mx/impresion/economia/petroleo.asp>

En su estado natural, el gas propano es gaseoso, pero sometido a temperaturas ambientes y baja presión se licua, llegando a reducir su volumen hasta 250 veces, lo que hace posible su manipulación, almacenamiento y transporte.

El gas propano, en estado gaseoso, pesa el doble que el aire; y en estado líquido, la mitad que el agua. Forma parte de las energías con más alto poder calorífico y puede alcanzar una temperatura de llama de unos 1.900°C en aire y de 2.800°C en oxígeno.

Para que la combustión sea óptima, el propano debe siempre permanecer en su estado gaseoso. Como a partir de 44° bajo cero se licuan, es idóneo para instalaciones al aire libre y en zonas frías, donde nunca llega a licuarse.

Debido a que el gas propano es inodoro e incoloro en su estado natural, como medida de seguridad se le agregan derivados de azufre, para detectar las posibles fugas gracias a su particular olor.

Otra importante característica del propano es que no es tóxico, su combustión es limpia, no produce humo ni hollín y preserva, así, el medio ambiente.

2.6.3.1 Aplicaciones. El gas propano es un combustible que se utiliza principalmente para uso doméstico, comercial, y también en industrias, para hornos, secadoras, calderas; en motores de combustión interno y en turbinas de gas para generación de electricidad. En la industria química es uno de los productos usados para la síntesis del propeno. También se lo usa como gas refrigerante (R290) o como gas propulsor en los aerosoles.

2.6.4 Característica química y física de los GLP comerciales. Como se ha señalado el Gas Licuado de Petróleo (GLP) es un hidrocarburo que, a condición normal de presión y temperatura, se encuentra en estado gaseoso, pero a temperatura normal y moderadamente alta presión es licuable.

Tabla 1. Características físico-químicas del butano y el propano

	PROPANO		BUTANO		Unidad de medida	
	Puro	Comercial	Puro	Comercial		
Formula química	C ₃ H ₈		C ₄ H ₁₀			
Temperatura critica	96,8		152			°C
Presión critica	42		37,5			kg/cm ²
Temperatura de Ebullición (a 1kg/cm ²)	-42.1	-40	-0.5	-10	-30	°C
Límite de inflamabilidad en aire superior	9,5	10	8,5	8,8		%
Inferior	2,2	2,2	1,9	1,8		%
Temperatura inflamación	466	535	405	525	532	°C
Peso molecular	44	~46	58	~58	50	
LÍQUIDO						
Masa volumétrica a 15°C	0,506		0,582		0,529	kg/l (g/cm ³)
Densidad (peso específico 20°C)		0,505		0,580	0,53	kg/l (g/cm ³)
Viscosidad dinámica (15°C)	1060		1800		1282	Micropoises
Calor específico (C.N.)	0,58		0,55		0,57	kcal/kg °C
Poder calorífico superior	12040	11900	11842	11800	11883	kcal/kg
Poder calorífico inferior	11080	11100	10930	10900	10979	kcal/kg
Calor latente vaporización	101,7		92,2		95,85	kcal/kg
GAS						
Viscosidad (20°C)	80		74		78,2	Micropoises
Densidad relativa (15°C)	1,52	1,43	2,06	1,86		
(A presión atmosférica)(20°C)		1,85		2,41		
Masa volumétrica (15°C)	1,86		2,46		2,04	kg/m ³
Calor específico o pres. cte.	0,390		0,396		0,392	kcal/m ³ °C
(a 15°C) a volumen cte.	0,346		0,363		0,351	kcal/m ³ °C
Poder calorífico superior (C.N.) (20°)	24350	22000	32060	28300 (20°)	23890	kcal/m ³
Poder calorífico inferior (C.N.) (20°)	22380	20400	29560	26200 (20°)	22140	kcal/m ³
Tención vapor a 20°C	11	9,2	2,2	2,90		kg/cm ² ab
Tención vapor a 50°C	22	18	5	6,6		kg/cm ² ab
Temperatura máxima llama (en aire)		1925		1895	1916	°C
Temperatura máxima llama (en oxígeno)		2820		2820	2820	°C
Índice wobbe		18390		20750		kcal/m ³
Punto de rocío (aproximado)		-43		-4		

Fuente: <http://www.siafa.com.ar/notas/nota140/botellas-glp.htm>

Dado que la composición del butano y propano comerciales es variable, los datos que se dan son apropiados.

C.N.= en condiciones normales (0° C, 760 mm. Hg)

La diferencia principal en las características del butano y del propano comercial, que afectan a su manipulado, está en las tensiones de vapor de ambos productos y, como consecuencia, en su punto de ebullición. En condiciones normales de presión y temperatura ambos productos se encuentran en estado gaseoso y se licúan al someterlos a una presión relativamente baja o enfriándolos. Gracias a ello son fácilmente transportables en buques, en vagones y en camiones cisternas, en botellas o en otros recipientes móviles especiales.

Para una presión y composición determinadas el butano comercial y el propano comercial hierven a temperaturas fijas y éstas no varían sustancialmente a lo largo de toda la evaporación. (A la presión atmosférica el butano hierve a - 0,5° C. y el propano a 42,1° C.)

A una temperatura dada el butano y el propano contenidos en un recipiente cerrado se encuentran a una cierta presión. Si la temperatura se eleva la presión aumenta y, si descende, disminuye. La tensión de vapor del butano comercial a 20° C. es aproximadamente de 3 atmósferas absolutas, mientras que la del propano comercial es a esa misma temperatura de 8,5 atmósferas absolutas. En consecuencia, la presión en el interior de los depósitos de G.L.P. es suficientemente alta para hacer uso continuado del gas en sus distintas aplicaciones y es, al mismo tiempo, lo suficientemente baja como para ser almacenados en depósitos o botellas de construcción relativamente ligera.

2.6.4.1 Odorización. El butano y el propano son inodoros en su estado puro. Las especificaciones oficiales requieren que estos gases posean un olor característico de fácil identificación en caso de fugas, lo cual se consigue añadiéndoles pequeñas cantidades de unos productos de fuerte olor (mercaptanos o derivados tiofénicos).

2.6.4.2 Densidad. El butano y el propano líquidos son más ligeros que el agua. Por consiguiente, cuando un depósito o botella de G.L.P. contiene agua, ésta se deposita en su fondo. En estado gaseoso son más pesados que el aire y, por lo tanto, cuando se derraman se depositan en las zonas más bajas.

2.6.4.3 Corrosión. Los G.L.P. no corroen al acero, al cobre, ni al caucho sintético. Los G.L.P. son buenos disolventes de productos tales como grasa, barnices y caucho natural. Por esta razón las juntas, conducciones flexibles, etc., no pueden ser de este último producto.

2.6.4.4 Toxicología. La inhalación de G.L.P. puede producir una ligera acción anestésica. El riesgo de asfixia sólo sobreviene cuando existe falta de oxígeno.

La combustión directa de los G.L.P., cuando se realiza de forma incompleta, al igual que sucede con otros combustibles, puede producir monóxido de carbono.

2.6.4.5 Inflamabilidad y combustión. El butano y el propano forman con el aire mezclas inflamables en las siguientes proporciones:

- Propano Entre el 2,2 y 9,5%
- Butano Entre el 1,9 y 8,5%

Para la perfecta combustión del butano y del propano se necesitan las siguientes cantidades de aire o de oxígeno.

Tabla 2. Mezclas inflamables butano y propano con aire

PROPANO	OXÍGENO	AIRE
1 m ³	5 m ³	23,9 m ³
1 kg	2,55 m ³	12,15 m ³
1 kg	3,64 kg	15,7 kg
BUTANO	OXÍGENO	AIRE
1 m ³	6,5 m ³	31,1 m ³
1 kg	2,51 m ³	12,02 m ³
1 kg	3,59 kg	15,5 kg

Fuente: http://www.jmcprl.net/ntp/@datos/ntp_209.htm

2.6.4.6 Energía que se obtiene del GLP. La energía que se obtiene del GLP se compara con otras fuentes de energía así:

Tabla 3. Energía que se obtiene del GLP

1 Kg. de GLP equivale a	13,9 kW.hr de electricidad
1 Kg. de GLP equivale a	1,3 m3 de gas natural
1 Kg. de GLP equivale a	1Kg. de carbón de piedra
1 Kg. de GLP equivale a	0,33 galones de Diesel
1 Kg. de GLP equivale a	0,38 galones de gasolina
1 litro GLP (0.531 Kg) equivale a	6.362,6 Kilocaloría
1 litro gasolina equivale a	8.379,7 Kilocaloría
1 litro kerosene equivale a	8.893,4 Kilocaloría
1 litro gasoil equivale a	9.073,5 Kilocaloría
1 litro fueloil equivale a	9.460,5 Kilocaloría
1 litro alcohol equivale a	5.427,0 Kilocaloría
1 kilo carbón de piedra equivale a	6.000 a 8.000 Kilocaloría

Fuente: Autor

2.7 Manejo seguro del GLP [6]

El G.L.P es más pesado que el aire, en consecuencia, en casos de escapes de gas, el mismo tiende a acumularse en zonas bajas y de poca ventilación: pisos, sótanos, alcantarillas, áreas cerradas, etc. Si detecta un olor característico de escape de gas, ventile el área abriendo puertas y ventanas. Apague cigarrillos, no use interruptores eléctricos ni presione timbres, porque producen chispas, no encienda ni apague luces. Para comprobar un escape, coloque agua jabonosa sobre el área requerida, si se producen burbujas, es que existe una fuga de gas, nunca utilice fósforos o llamas para probar si en efecto existe dicho escape. Cierre inmediatamente las bombonas o el tanque en caso de comprobar el escape y comuníquese con su compañía distribuidora de G.L.P. Evite que se derramen los contenidos de sus recipientes puestos al fuego, ya que los

mismos podría apagar los quemadores de su cocina, dejando escapar libremente el gas. No permita que los niños manipulen las bombonas, ni los aparatos a gas, pues el manejo de los mismos es sumamente delicado. En caso de ausentarse de su hogar por varios días es conveniente cerrar las llaves de las bombonas o tanques de gas.

EL GLP es incoloro e inodoro. Por lo que para detectar cualquier escape se le añade un químico especial "agente odorante" que le da al GLP un olor particular desagradable. Para uso doméstico el GLP se distribuye en cilindros de metal de varios volúmenes. Como combustible para vehículos se utilizan tanques diseñados especialmente para esto, y se colocan generalmente en el baúl de los automóviles.

Los estándares de diseño, manejo y transporte de los cilindros de GLP se basan generalmente en que el cilindro se usará en el servicio de propano comercial, esto provee un margen de seguridad en caso de que se almacenen en los cilindros mezclas de propano y butano y también en caso de errores en las operaciones de llenado de los cilindros. En los países donde solamente se permite el uso del butano comercial, los estándares de seguridad para los cilindros pueden especificarse para ese servicio exclusivamente, requiriendo por lo tanto recipientes capaces de soportar presiones menores que los de propano comercial.

Los cilindros no se llenan en su totalidad con GLP líquido, para dar espacio para expansión de los vapores. En los cilindros domésticos que contienen mezclas de propano y butano, puede ocurrir una segregación del butano el cual es más pesado que el propano. Esto puede afectar la eficiencia de la combustión haciéndola menos óptima, ya que la mezcla de gas se hace más densa y necesita más aire para encender el producto que está en el fondo del cilindro. Este es un inconveniente para los usuarios industriales. Además, un alto contenido de butano hace que quede más producto en el cilindro cuando se envía de nuevo a llenar, y por lo tanto resulta menos atractivo para el consumidor.

2.8 Ventajas e inconvenientes del GLP [7]

2.8.1 *Ventajas del GLP.* Como ventajas se pueden enumerar las siguientes:

- ✓ Alto poder calorífico
- ✓ Facilidad de uso y transportación
- ✓ Alta eficiencia de combustión
- ✓ Limpio, sin residuos significativos de azufre o metales contaminantes
- ✓ No tóxico
- ✓ No corrosivo
- ✓ El GLP puede almacenar gran cantidad de energía en un espacio reducido.

2.8.2 Desventaja del GLP. La principal desventaja asociada con el uso de GLP tiene que ver con el almacenamiento y la seguridad. Para almacenar GLP, se requiere tanques muy resistentes y cilindros.

En climas más fríos o condiciones, existe un problema conocido relacionado con partida debido a la baja presión de vapor de propano. Se sabe que esto suceda en condiciones con los sub 32 grados centígrados de temperatura.

2.9 GLP como combustible para transportación. [8]

Como combustible para los automóviles, el GLP es una alternativa versus gasolina y gasoil. Para el uso automotriz su octanaje se compara bien con el de la calidad de la gasolina Premium o es quizás mejor (con un octanaje entre 95 y 110 RON). La combustión del GLP es casi libre de contaminación y por esto se ha preferido, sobre todo en ciudades muy habitadas para reducir la cantidad de contaminación del aire localizada.

El GLP automotor es la alternativa más ampliamente usada y aceptada dentro de los combustibles convencionales para transporte, derivados de petróleo, gasolina y diesel.

Actualmente hay cerca de 15 millones de vehículos alimentados a GLP automotor, alrededor del mundo y este número está creciendo rápidamente. Están inclinándose por combustibles que emanen cantidades menores de dióxido de carbono (CO₂), metano

(CH₄) y óxido nitroso (NO₂), la principal energía relacionada con el efecto invernadero.

2.10 Comparación entre gasolina y GLP [9]

En la tabla siguiente se puede comparar las principales características entre la gasolina y el GLP.

Tabla 4. Tabla comparativa entre gasolina y GLP

CARACTERISTICAS	GLP	GASOLINA
Masa/volumen a 15°C	0.557Kg/l	0.750Kg/l
Poder calorífico	11000Kcal/Kg	10500Kcal/Kg
Índice de octanos	95 110	85 a 100

Fuente: http://www.jmcprl.net/ntp/@datos/ntp_209.htm

2.11 Estudio de la combustión [10]

La combustión es una reacción química y violenta en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de calor y luz. En toda combustión existe un elemento que arde y se denomina (combustible) y otro que produce la combustión (comburente), generalmente oxígeno en forma de O₂ gaseoso. Los tipos más frecuentes de combustible son los materiales orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. En una reacción completa todos los elementos tienen el mayor estado de oxidación. Los productos que se forman son el dióxido de carbono (CO₂) y el agua, el dióxido de azufre (SO₂) (si el combustible contiene azufre) y pueden aparecer óxidos de nitrógeno (NO_x), dependiendo de la temperatura de reacción.

La reacción de combustión se resume de la siguiente manera:

Combustible + Comburente = Productos de combustión

En la combustión incompleta los productos que se queman pueden no reaccionar con el mayor estado de oxidación, debido a que el comburente y el combustible no están en la proporción adecuada, dando como resultado compuestos como:

- Oxígeno (O₂). El oxígeno restante no utilizado en la combustión en el caso de utilizar aire en exceso aparece como componente de los gases de combustión y se utiliza para medir el rendimiento de la combustión. Se utiliza para determinar las pérdidas por chimenea y el contenido de dióxido de carbono.
- Dióxido de carbono (CO₂). El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro con un ligero sabor agrio. Bajo la influencia de la luz solar y la clorofila, las plantas convierten el dióxido de carbono (CO₂) en oxígeno (O₂). La respiración humana y animal convierte el oxígeno (O₂) otra vez en dióxido de carbono (CO₂). Esto crea un equilibrio que los productos gaseosos de la combustión distorsionan. Esta distorsión acelera el efecto invernadero.
- El valor límite de efecto es de 5000 ppm. A concentraciones superiores al 15% en volumen (150.000 ppm) en la respiración, se produce una inmediata pérdida de conciencia.
- Monóxido de carbono (CO). El monóxido de carbono es un gas venenoso al respirar, incoloro, inodoro y es el producto de una combustión incompleta. En concentración demasiado alta, no permite que la sangre absorba oxígeno. Si, por ejemplo, el aire de una habitación es de 700 ppm de CO, una persona respirándolo durante 3 horas morirá. El valor límite es de 50 ppm.
- Óxidos de nitrógeno (NO_x). A altas temperaturas (combustión), el nitrógeno (N₂) presente en el combustible y en el aire ambiente se combina con el oxígeno del aire (O₂) y forma el monóxido de nitrógeno (NO). Después de algún tiempo, este gas incoloro se oxida en combinación con el oxígeno (O₂) para formar dióxido de nitrógeno (NO₂). El NO₂ es soluble en agua, tóxico si se respira (produce daños reversibles en el pulmón) y contribuye a la formación del ozono en combinación con la radiación ultravioleta (luz solar). El NO y NO₂ en conjunto se llama óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Dióxido de azufre (SO₂). El dióxido de azufre (SO₂) es un gas tóxico incoloro con un olor fuerte. Se forma a partir del azufre del combustible. El valor límite es de 5 ppm. El ácido sulfúrico (H₂SO₄) se forma en combinación con agua (H₂O) o condensados. (Lluvia ácida)

CAPÍTULO III

3. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE GLP

3.1 Introducción

Para la instalación del sistema se requiere de un KIT homologado el cual se instala en el vehículo gasolina, sin la necesidad de modificar o realizar ninguna operación directamente en el motor. Es decir en la conversión de un vehículo a Gas GLP el motor no sufre ningún tipo de manipulación ni modificación.

Figura 20. Kit de instalación a GLP



Fuente: http://img1.mlstatic.com/s_MPE_v_V_f_17827724_3590.jpg

3.2 Dispositivo de llenado [11]

Este elemento es la boca por donde se realiza el llenado del GLP al depósito. Esta válvula se puede colocar en distintos sitios, dependiendo de lo que disponga el usuario. Puede colocarse en el exterior del vehículo junto a la boca de llenado de la gasolina, en

la maletera, en el parachoques posterior o en cualquier otro lugar cerca del depósito, y lleva una válvula anti retorno, a través de esta se efectúa el llenado del depósito de GLP.

Figura 21. Dispositivo de llenado

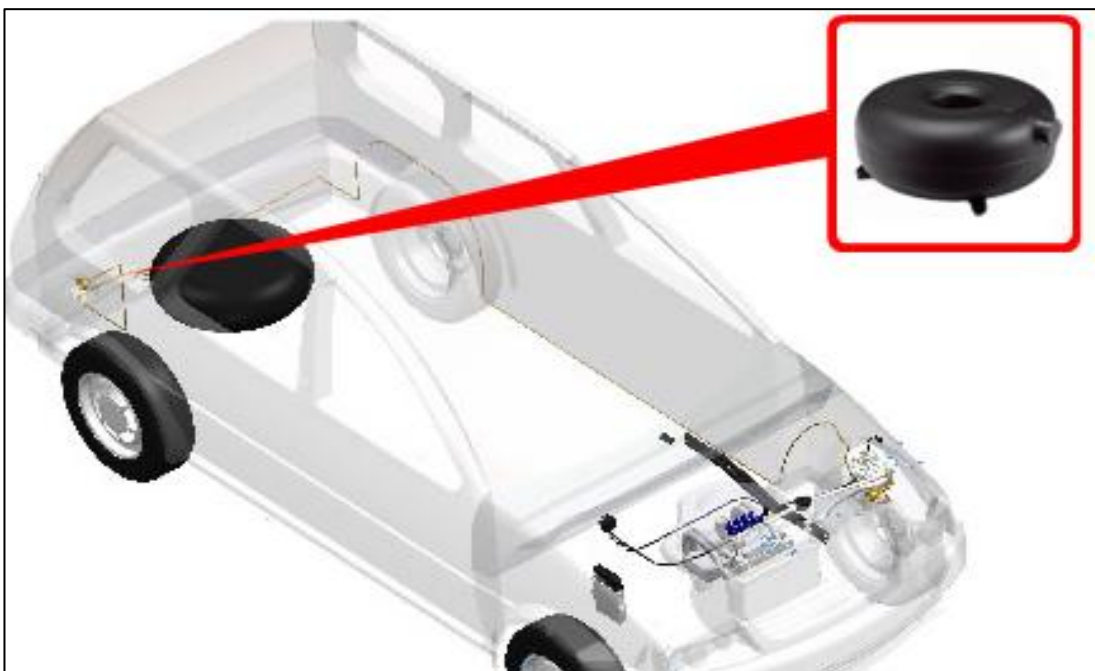


Fuente: <http://es.scribd.com/doc/45346733/Equipos-de-GLP>

3.3 Depósitos de GLP [12]

La instalación requiere de un depósito adicional de Gas GLP o Auto Gas sin necesidad de alterar ni manipular el depósito original de gasolina del vehículo y para su montaje existen tres posibilidades, siendo el propio usuario el que elija la que mejor le convenga:

Figura 22. Depósito de almacenamiento



Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/productos/>

3.3.1 *Depósito toroidal interno.* Se instala el hueco de la rueda de repuesto bajo el piso del maletero. Quedando totalmente oculto y no restando espacio alguno al maletero. Es necesario en este caso adquirir un Kit Repara pinchazos homologados ya que se elimina la rueda de repuesto.

Figura 23. Depósito toroidal interno



Fuente: <http://www.riojaracing.es/glp/tag/glp/>

3.3.2 *Depósito toroidal externo.* Se instala cuando el vehículo monta la rueda de repuesto en el exterior del mismo, debajo del maletero. Es necesario en este caso adquirir un Kit Repara pinchazos homologados ya que se elimina la rueda de repuesto.

Figura 24. Depósito toroidal externo



Fuente: <http://www.riojaracing.es/glp/tag/glp/>

3.3.3 Depósito cilíndrico. Se instala en casos particulares en los que el vehículo no tenga hueco para rueda de repuesto, por ejemplo en el caso de los 4x4 que llevan la rueda en el portón trasero. También se puede instalar en casos en los que el usuario por condiciones particulares no le importe perder espacio en el maletero y necesite mantener la rueda de repuesto o bien cuando se necesita una mayor autonomía ya que estos depósitos puede tener volúmenes de hasta 160L.

Figura 25. Depósito cilíndrico



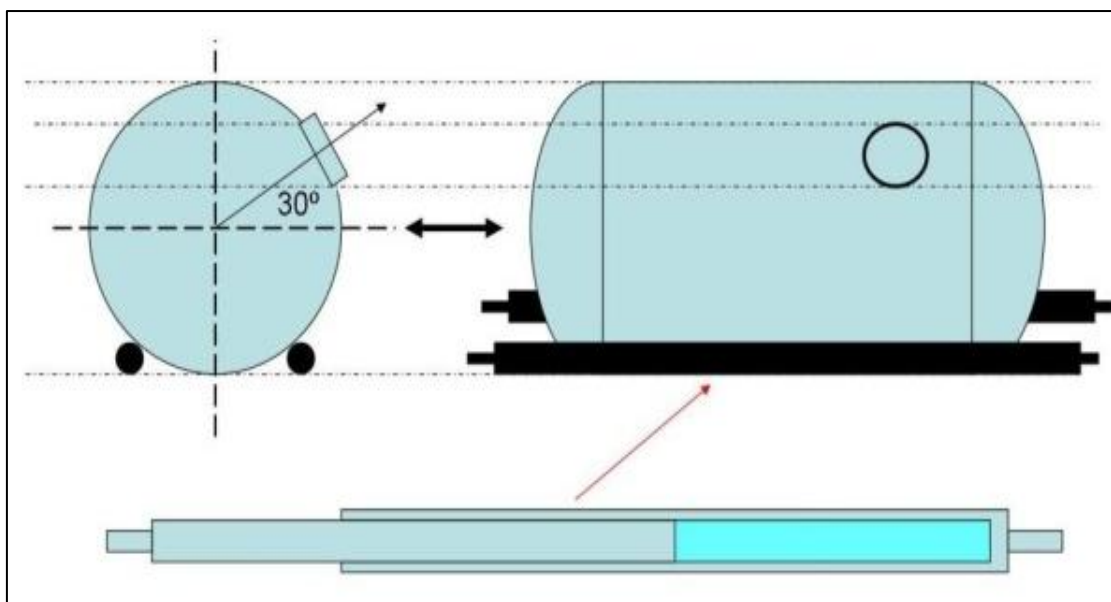
Fuente: <http://www.riojaracing.es/glp/tag/glp/>

En el ANEXO A de tipos de cilindros para autogas, se podrá observar una tabla con los distintos tamaños y formas de depósitos de acuerdo a la necesidad del usuario.

3.3.4 Características del depósito. Los depósitos para GLP para vehículos son diseñados especialmente para el almacenamiento de dicho combustible (ANEXO B, NTE INEN 111:1998 características de construcción de los depósitos a GLP). Son construidos con aleaciones especiales de acero Cr-Mo. La capacidad del depósito, está en función de la autonomía requerida, la presión de funcionamiento es de 4 bares. Debido a la dilatación del GLP, la multiválvula, está diseñada para limitar el llenado hasta un 80%, es decir alrededor de los 35 litros. Si se llena más del límite 80%, se puede crear condiciones peligrosas.

El recipiente para almacenamiento de GLP debe estar instalado de manera permanente en el vehículo. Los tanques encuentran alrededor de los 44 litros. Pueden soportar presiones de hasta 45 bar a pesar de GLP para uso automotriz deben ser fabricados de acuerdo a normas de fabricación. Una vez posicionado el tanque sobre una base perfectamente horizontal, éste debe ser girado sobre su eje longitudinal axial hasta que el centro de la brida del tanque forme un ángulo aproximado de 30 grados con respecto al plano horizontal, en sentido anti horario igual al indicado sobre el cuerpo de la multiválvulas.

Figura 26. Posición del tanque



Fuente: <http://michatarrita.host56.com/category/sistemas-glp-y-gnv/>

Todos los tanques antes de ser puestos a la venta son sometidos a pruebas muy estrictas de alta presión y estas son garantizadas mediante un certificado el cual se entrega al cliente en el momento de la compra, junto con una placa metálica la cual está ubicada en el tanque, indicando su capacidad y la posición en la que debe ir instalado.

Figura 27. Placa de información del tanque



Fuente: Autor

3.3.5 *Tabla de temperatura/presión en los cilindros de GLP.* La presión de GLP en el depósito, está en función de la temperatura, conociéndose que a 15°C y una presión atmosférica, 1 L de GLP líquido, es igual a 242 L de GLP gaseoso.

Tabla 5. Tabla de temperatura/presión en los cilindros de GLP

Temperatura	Presión
-15°C	1bar
+15°C	4bar
+50°C	15bar

Fuente: Manual de instalación LOVATO AUTOGAS, pág. 13

3.4 Cañerías [13]

Conduce el Gas GLP desde el depósito hacia la electroválvula y de este al reductor vaporizador como mínimo a una presión de 21 bares, es muy importante que este bien instalada y ajustada a sus componentes para evitar cualquier accidente, este tipo de

elementos son sometidos a presiones superiores a los 45 bares antes de salir al mercado.

3.4.1 Tipos de cañerías. Las cañerías utilizadas para el paso del GLP básicamente son de dos materiales las de cobre y las mangueras de goma sintética, que posee, dos trenzas de hilo sintético e hilo antiestático, y un recubrimiento de goma sintético.

3.4.1.1 Cañerías de alta presión. Las líneas de conducción de GLP tendrán que estar fabricadas de cobre. Conduce el Gas GLP desde el depósito hacia la electroválvula y de este al reductor vaporizador como mínimo a una presión de 21 bares, es muy importante que este bien instalada y ajustada a sus componentes para evitar cualquier accidente, este tipo de elementos son sometidos a presiones superiores a los 45 bares antes de salir al mercado deberán contar con las siguientes condiciones:

- ✓ Las cañerías de GLP. Son más rígidas y soportan presiones mucho más elevadas que las cañerías convencionales, su cubierta de polietileno no permite la absorción del calor asegurando así que el GLP llegue al reductor en su estado líquido.
- ✓ Las cañerías tendrán que tener un grosor de 2mm y estar cubierto con polietileno para asegurar su protección y aislamiento en caso de posible absorción de calor.
- ✓ Cañería de 6mm de diámetro para multiválvulas que sus salidas de GLP sean de 6mm y reductores que tengan entrada de la misma medida.
- ✓ Cañería de 8mm de diámetro para multiválvulas cuyas salidas de GLP sean de 8mm y reductores que tengan entrada de la misma medida.
- ✓ Para instalar las líneas de conducción de GLP se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones. La cañería rígida de cobre debe ir en conexión desde la multiválvulas hasta la electroválvula de una sola pieza y sin adaptadores ni avellanados.
- ✓ La sujeción de las tuberías de alta presión se llevarán a cabo mediante biconos de bronce que se presionan mediante el ajuste de los neplos conectores que son roscados.
- ✓ Por ningún motivo las tuberías de alta presión deben ir con la medida justa, se les dará una tolerancia considerable de más o menos 20 cm acomodándolos en

forma de anillo helicoidal; de esta manera la tubería fijada en la carrocería tendrá un comportamiento amortiguador frente a cualquier tirón.

Figura 28. Cañería de alta presión



Fuente: http://www.optihose.com/sp_manguera_para_surtidor_d_gasolina.html

3.4.1.2 Manguera reforzada. Con esta manguera se conecta el reductor-evaporizador con la unidad de mezclador se abastece el GLP en estado gaseoso, estas mangueras se sujetan con abrazaderas, su presión de trabajo es de aproximadamente 0,7 bares.

Figura 29. Manguera de goma sintética



Fuente: http://www.optihose.com/sp_manguera_para_surtidor_d_gasolina.html

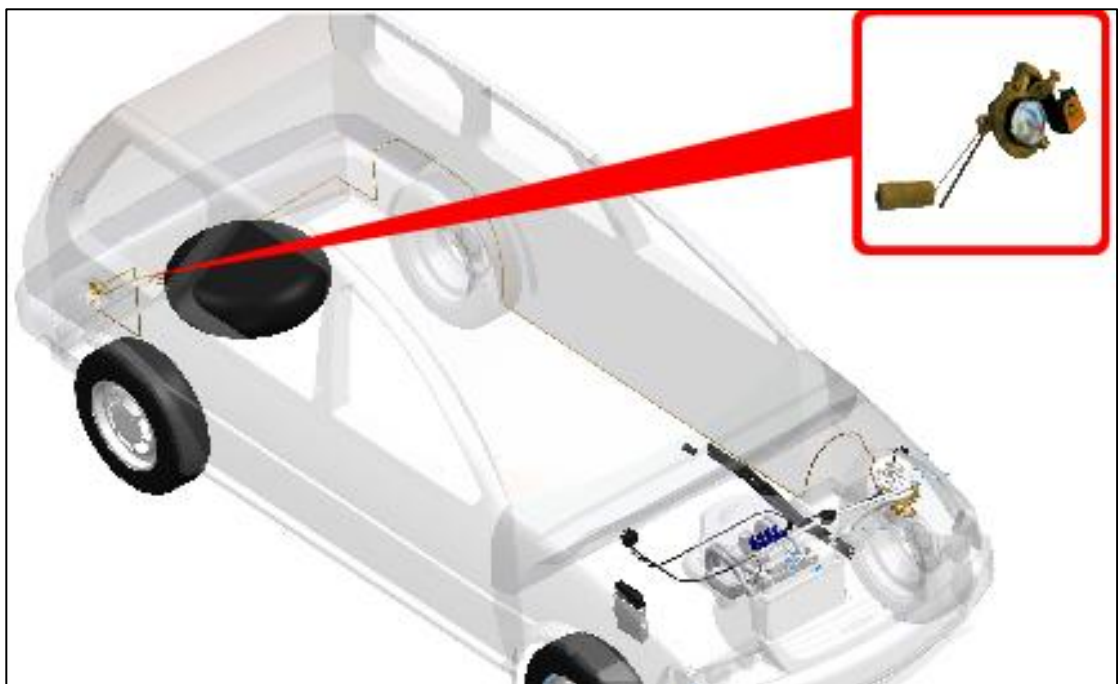
Para los puntos que están sometidos a vibraciones tienen que estar cubiertas de malla con acero inoxidable por conexiones flexibles es decir mangueras de alta presión

construidas con capas de alambre trenzado de acero inoxidable que soportan presiones de trabajo no menos de 24 bares(350PSI).

3.5 Multiválvulas [14]

Es un elemento muy importante, que contribuye a la seguridad de la alimentación del GLP. Está fijada al depósito a través de tornillos, y su estanqueidad está garantizada por una junta.

Figura 30. Multiválvulas



Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/productos/>

Para que la válvula funcione correctamente hace falta que el diámetro y la inclinación del depósito se conjugue perfectamente con los de la multiválvulas.

3.5.1 Funciones:

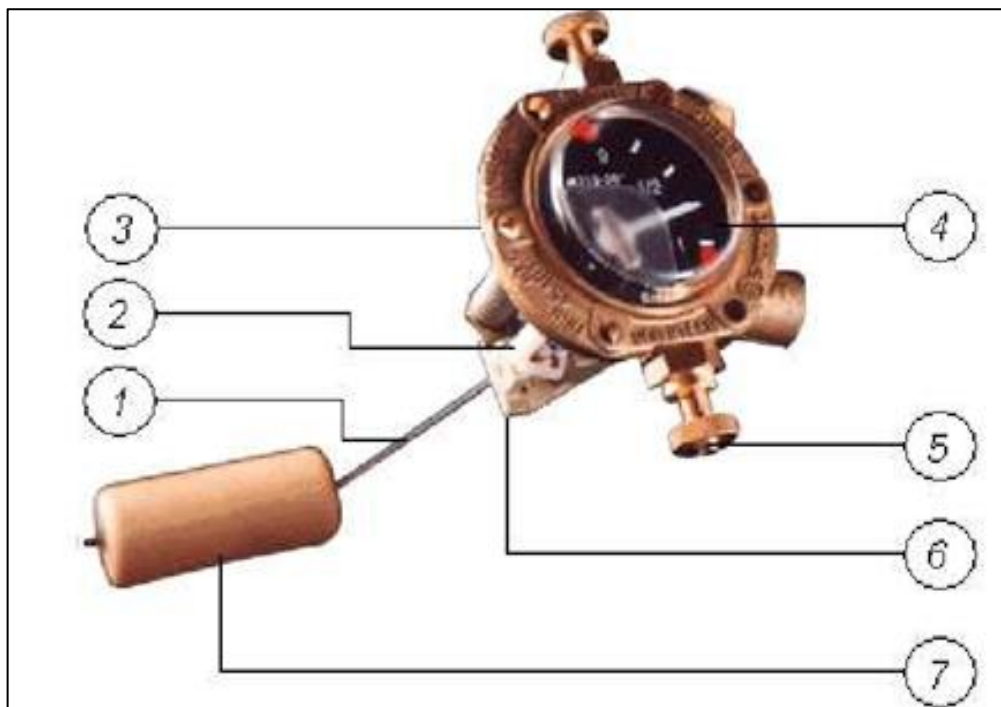
- Reposición del GLP a través de la toma de carga con cierre automático al 80% de la capacidad global del depósito mediante un dispositivo mecánico, accionado por flotador.

- Indicador del nivel de GLP mediante un sistema magnético visible en un cuadrante de cuatro sectores más uno para la reserva; La multiválvulas puede ser equipada con un sensor electrónico que conectado a un adecuado indicador permita visualizar al conductor el nivel de carburante presente en el depósito.
- Interceptación automática por exceso de fluido que cierra la salida del gas mediante una válvula interna en caso de rotura del tubo de alta presión.
- Cierre manual de los conductos de abastecimiento y toma del gas en caso de intervenciones de mantenimiento.
- Las válvulas de GLP deben contar con una válvula de seguridad por exceso de presión.

3.6 Medidor de nivel mecánico de GLP [15]

Se encuentra fijado al depósito, a través de tornillos, durante su ensamblaje, se deberá respetar su posicionamiento. Está compuesto por un cuerpo, y su eje está unido a un flotador, la parte superior del eje posee un imán, sobre el cual se coloca el transmisor electrónico.

Figura 31. Medidor de nivel



Fuente: <http://miempresa.123.cl/marisuf/KIT%20GLP.html>

Elementos constitutivos del medidor de nivel:

- 1 Árbol de transmisión del medidor
- 2 Transmisor de medidor de nivel electrónico.
- 3 Junta tórica
- 4 Escala indicadora
- 5 Llaves de calibración
- 6 Imán permanente
- 7 Flotante.

3.6.1 Funcionamiento. Funciona gracias a un sistema flotante, con reenvío de ángulo, que hace girar un eje y un imán en el interior del cuerpo. El movimiento se transmite magnéticamente a un cursor, que se desplaza sobre una pista resistiva. Está compuesto por un cuerpo, y su eje está unido a un flotador, la parte superior del eje posee un imán, sobre el cual se coloca el transmisor electrónico.

3.7 Caja estanca [16]

Este accesorio cierra herméticamente (por anclaje y presión) el pequeño habitáculo sobre el depósito, donde van instaladas las válvulas y el indicador de nivel, con el fin de aislar el maletero de cualquier pequeña fuga de gas.

Figura 32. Caja estanca



Fuente: Autor

3.8 Manómetro [17]

Su función es la de marcar la presión del sistema, con el objetivo de que el conductor conozca la cantidad de GLP que contiene el depósito.

Figura 33. Manómetro



Fuente:http://www.landirengo.com.br/es/?target=componentes_interno&sid=3&uid=39&cid=11

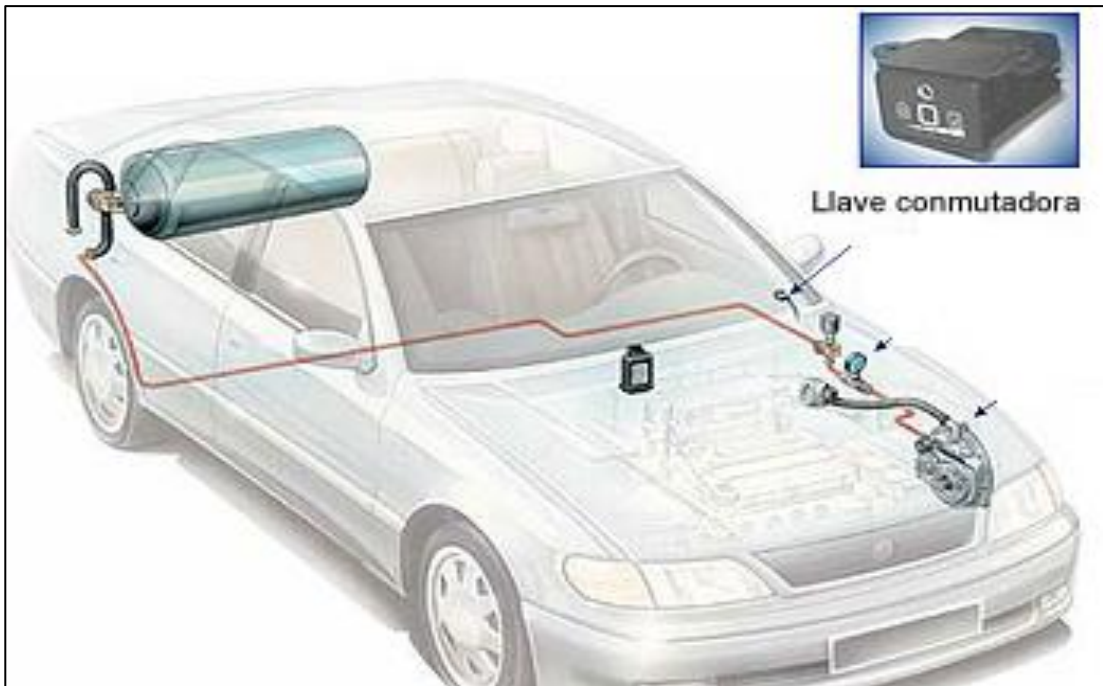
3.8.1 Funcionamiento. Esta información se obtiene ya que a medida que se consume el gas del depósito, la presión en el sistema desciende. Este instrumento resulta de suma importancia ya que además de indicar el nivel de GLP que se tiene en el tanque, se puede también comprobar que la presión de funcionamiento del sistema esté dentro de los rangos de tolerancia.

3.9 Conmutador –interruptor [18]

Es el sistema que comanda las electroválvulas, debe ir situado en el habitáculo, de tal forma que pueda ser accionado por el conductor.

En este dispositivo, se puede leer claramente las dos posiciones en las que pueda trabajar, G para la alimentación con GLP, y B para la alimentación con gasolina, posee dos luces led que son indicadores del combustible seleccionado. Además se puede colocar en una posición neutral en la que se interrumpe el paso de los 2 combustibles.

Figura 34. Conmutador



Fuente:http://www.landireno.com.br/es/?target=componentes_interno&sid=3&uid=39&cid=11

Módulo de mando con las siguientes funciones principales para vehículos con inyección electrónica:

- Selector del combustible a usar gas/gasolina de dos posiciones.
- Indicación del combustible en uso mediante dos leds luminosos.
- Visualización del nivel líquido del gas presente en el tanque.
- Arranque a gasolina con pase automático a gas en desaceleración.
- Dispositivo de seguridad electrónico que interrumpe la alimentación de la electroválvula de GLP en caso de apagado accidental del motor.

Módulo de mando con las siguientes funciones principales para vehículos con carburador:

- Selector del combustible a usar gas/gasolina de tres posiciones, la posición central del conmutador cierra simultáneamente la electroválvula de gas y gasolina.

- Indicación del combustible en uso mediante dos leds luminosos. Visualización del nivel del líquido del gas presente en el tanque.
- Dispositivo de seguridad electrónico que interrumpe el paso de corriente a la electroválvula de GLP en caso de apagado accidental del motor.
- Dotado con dispositivo de cebado automático en el momento de arranque del motor.

3.10 Electroválvula de GLP [19]

Dispositivo posicionado entre el tanque de GLP y el reductor que interrumpe el flujo del GLP durante el funcionamiento a gasolina y con el motor apagado. Disponible en versión normal y mejorada, está última provista de un filtro intercambiable para las impurezas eventualmente presentes en el GLP.

La electroválvula tendrá que ir sujeta a la carrocería mediante pernos. Adoptará una posición vertical con la bobina magnética en la parte superior y la cubeta del filtro en la parte inferior. La electroválvula se situará justo antes del reductor, a escasos centímetros.

Figura. 35. Electroválvula de GLP



Fuente: Autor

3.10.1 Funcionamiento. Se lo controla con el conmutador, si éste marca posición gasolina éste solenoide corta el paso del gas dando paso solo a funcionamiento con gasolina y cuando el conmutador está en posición gas, abre el paso del gas para que el funcionamiento del vehículo sea solo con gas.

3.11 Electroválvula de gasolina [20]

Dispositivo posicionado entre la bomba de gasolina y el carburador que impide el pase la gasolina cuando el motor funciona con GLP. Está provisto de una llave de apertura manual en caso de avería del dispositivo eléctrico.

Figura 36. Electroválvula de gasolina



Fuente: bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2127/1/CD-2899.pdf

3.11.1 Funcionamiento. Al activar la llave conmutadora esta envía una señal a la electroválvula de gasolina cortando el paso de combustible para que empiece a funcionar con gas y viceversa. Se lo instala solo en vehículos a carburador.

3.12 Reductor-vaporizador GLP [21]

Este componente es el corazón del sistema. El GLP que llega en estado líquido, se transforma al estado gaseoso y se regula la alimentación del mismo al motor. El cambio de estado del GLP se logra por la transferencia de calor, que se extrae del circuito de refrigeración del motor (con doble beneficio, siendo el primero la gasificación del GLP y el segundo el retorno del refrigerante más frío al motor) y por el cambio de presión en el circuito del GLP.

En el evaporador – regulador se pueden ejecutar tres ajustes diferentes: En primer lugar el ajuste del funcionamiento del evaporador en función del tamaño del motor que se va a alimentar; en segundo lugar la regulación de la alimentación en frío (ralentí); y en tercer lugar la regulación del flujo del carburante en alta.

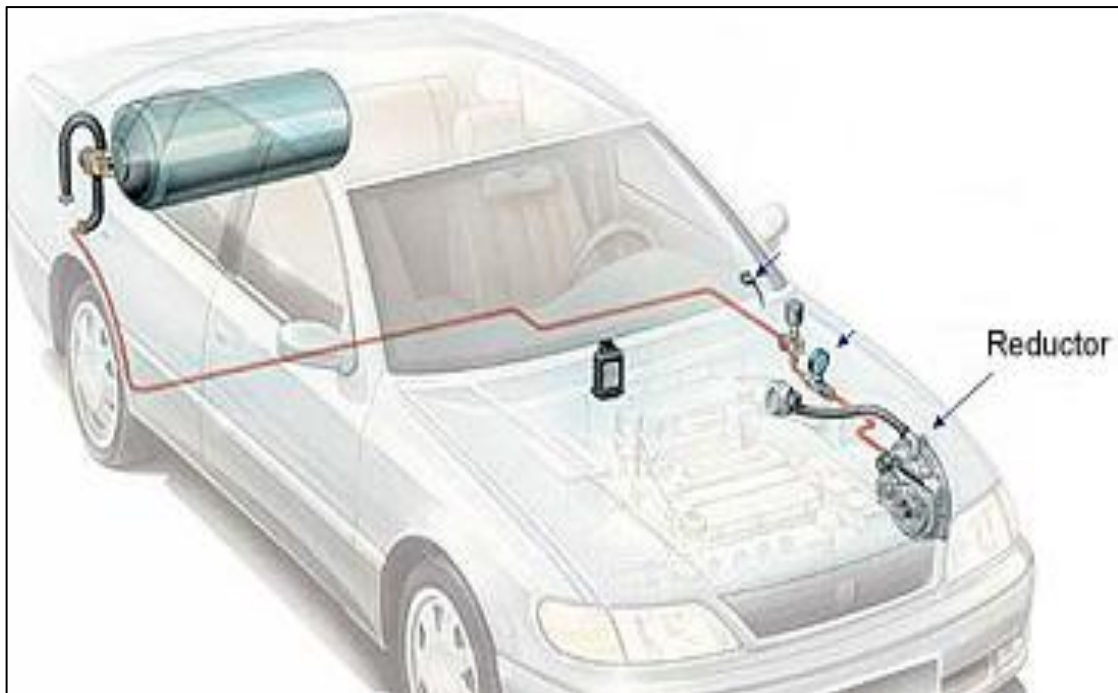
Figura 37. Reductor-vaporizador



Fuente: bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2127/1/CD-2899.pdf

3.12.1 Características técnicas. Reductor para vehículos con catalizador, inyección, carburador y turbo. Tipo de carburante que usa, GLP (gas licuado de petróleo).

Figura 38. Reductor



Fuente:http://www.landirengo.com.br/es/?target=componentes_interno&sid=3&uid=39&cid=11

A continuación enlistaremos algunos tipos de características técnicas:

- Calentamiento mediante el circuito líquido de refrigeración del motor.
- La presión máxima de entrada es de 45 bares.
- La presión de regulación de la primera etapa es de 45 bar a 0.8 bar.
- Tensión de alimentación es de 12 V.

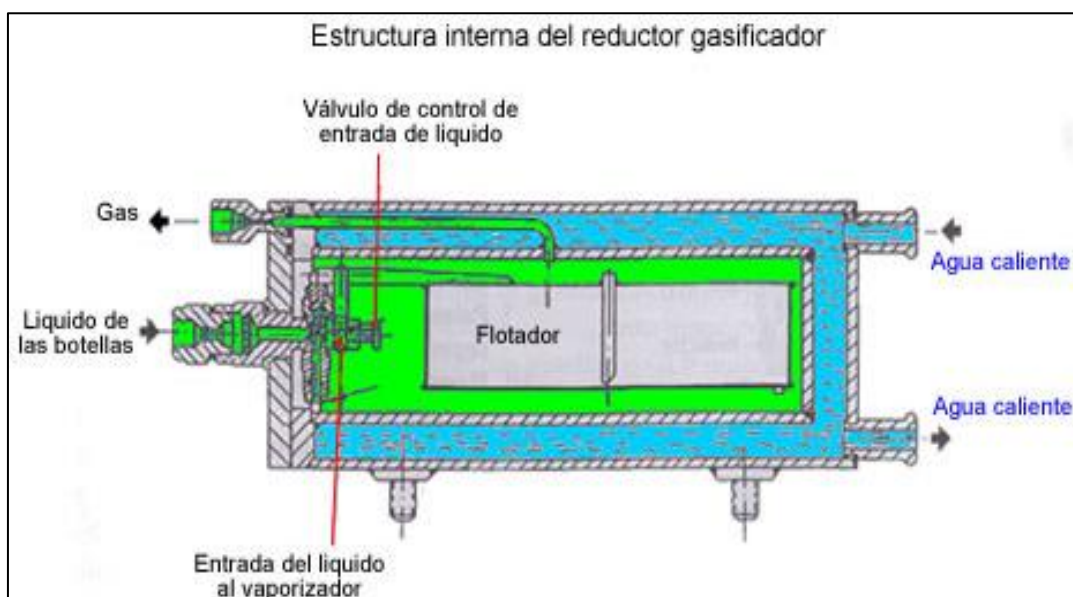
Para instalar el reductor-vaporizador se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Debe instalarse en el compartimiento del motor. Fijarse firme y sólidamente a la carrocería del motor a través de pernos y platinas cincadas, normalmente suministradas por el fabricante. Posicionarse vertical y paralelamente al sentido de marcha del vehículo.
- Debe posicionarse en una forma que sea fácilmente accesible para la regulación y el mantenimiento de éste. Posicionar el reductor lo más cerca posible de la

zona donde será instalado el mezclador, de tal forma que la manguera de enlace de gas de baja presión sea lo más corta posible, evitando codos que puedan originar estrangulación del gas y líneas que puedan originar bolsas de aire. Colocar el reductor de tal forma que el tapón de purga quede en la parte inferior.

3.12.2 Funcionamiento. Al reductor gasificador se ve como entra el GLP en estado líquido y una válvula accionada por un flotador (igual a la cuba de un carburador) cierra el paso cuando llega a un nivel máximo de combustible; este recipiente está rodeado por otro que contiene agua del sistema de refrigeración del motor, el GLP en estado líquido toma de aquí el calor de vaporización que es bastante considerable, a continuación el gas pasa al reductor de presión de gas, cuando el gasto hace bajar la presión y la cantidad, baja el flotador y pasa el GLP en estado líquido. Al alcanzar el gas una determinada presión en esta cámara, por no haber gasto, cesa la vaporización del líquido coexistiendo las dos fases de líquido-gas.

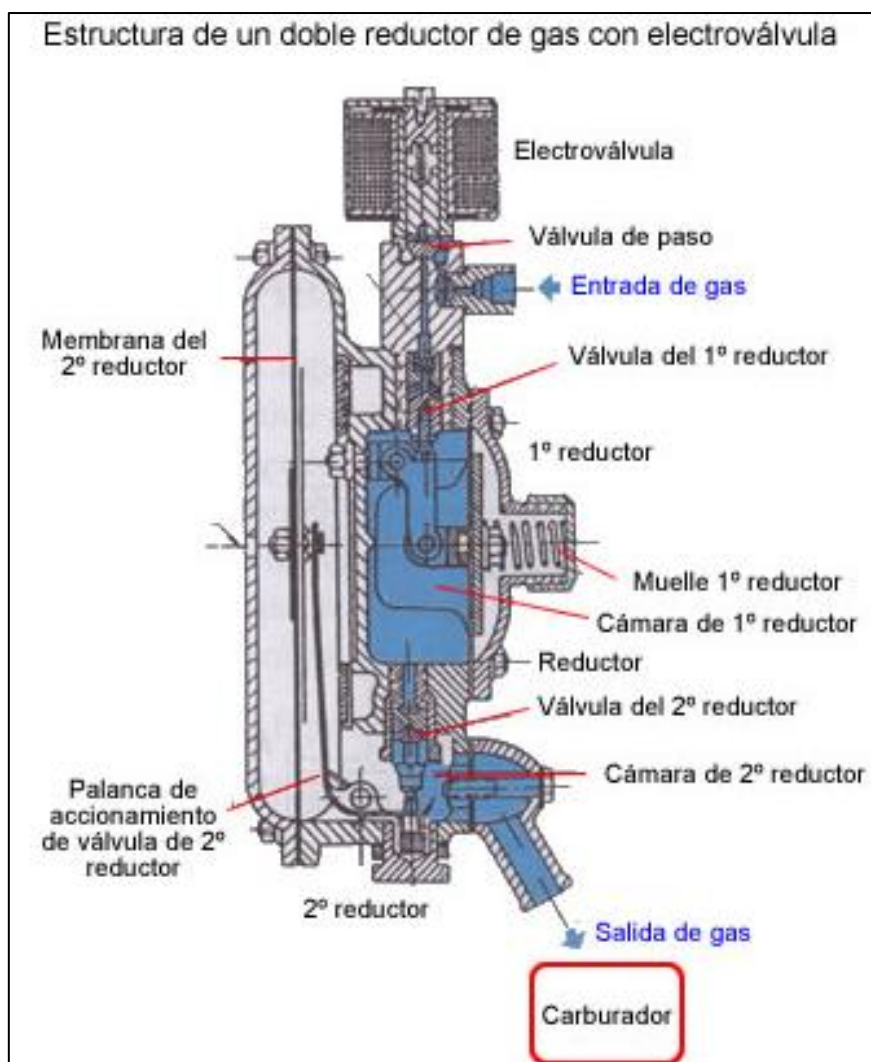
Figura 39. Estructura interna del reductor gasificador



Fuente: <http://www.valvulita.com/web/content/guia-de-conversion-glp-automotriz>

El reductor de presión de gas que es un doble reductor; el primero accionado por resorte helicoidal y el segundo por membrana, también incorpora la electroválvula de paso de forma que el gas llega a esta y de aquí al primer reductor.

Figura 40. Estructura de un doble reductor de gas con electroválvula.



Fuente: <http://www.valvulita.com/web/content/guia-de-conversion-glp-automotriz>

3.13 Unidad de mezcla [22]

El mezclador o llamado también unidad de mezcla es un componente del sistema de conversión de gas licuado de petróleo (GLP) que es capaz de reunir en proporciones adecuadas el aire proveniente del filtro de aire con la succión de GLP que proviene del reductor-vaporizador, para suministrar una cantidad de mezcla carburante requerida en la cámara de combustión del motor y así garantizar el buen funcionamiento de este. Este componente está compuesto principalmente por 2 piezas: cuerpo principal o carcasa, y una tobera (Venturi).

El cuerpo principal es diseñado de tal manera que permite el alojamiento del Venturi, y este último, quede en forma coaxial con el tubo de entrada del múltiple de admisión del motor. El cuerpo principal se construye generalmente de aluminio, y además, tiene características geométricas similares a la entrada del múltiple de admisión tanto por el ingreso de aire como por el de salida de la mezcla aire-GLP.

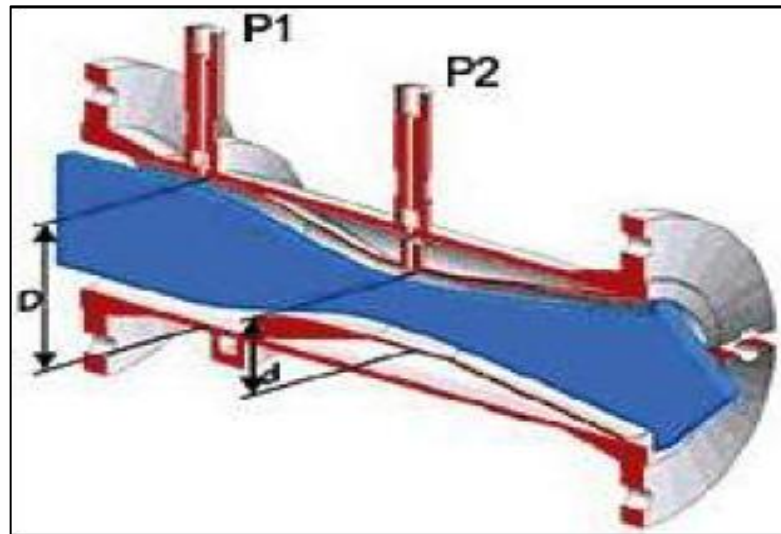
Figura 41. Mezcladores



Fuente: <http://airgnc.com/?Contenido=Categoria&Id=19&Categorias=1&LANG=SP>

El Venturi (Ver figura 42) es la parte que mezcla el GLP con el aire en las proporciones adecuadas para cualquier régimen de carga del motor. Tiene el mismo principio dinámico de flujo que los carburadores convencionales, esto quiere decir, que el flujo de GLP, que proviene a través del conducto que recibe el gas desde el reductor-vaporizador, llega a ingresar al Venturi por la depresión que existe en la garganta. Además, se sabe que el flujo de aire ingresa a la cámara del motor debido a la succión provocada por la carrera descendente del pistón en el proceso de admisión, que se desarrolla desde el ingreso al mezclador y se acelera al pasar por la garganta del Venturi, con lo que se obtiene una presión negativa (succión) en dicho punto.

Figura. 42. Venturi



Fuente: <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/06/06-63.pdf>

3.13.1 Posición del mezclador. Es el dispositivo mecánico que aprovecha el efecto Venturi, garantizando una correcta mezcla aire carburante, tanto en condiciones de régimen estacionario como dinámico. Cada mezclador se proyecta vehículo por vehículo (esto quiere decir que cada mezclador es único, fabricado para cada modelo de auto), a fin de optimizar junto al reductor y al sistema tanto a gas como a gasolina.

Como accesorio del mezclador se tiene el registro de regulación manual, también conocido como regulador de alta. Este es un dispositivo posicionado entre la salida del gas del reductor y la entrada al mezclador, está dotado de un registro o tornillo para la regulación manual de la carburación mediante el control del flujo de gas de baja presión.

El mezclador según su tipo y forma se pueden instalar en diferentes posiciones ya que el sistema no exige una única forma de instalación solo se debe tener en cuenta que la manguera de baja presión (GLP) no tiene que estar estrangulada y debe estar lo más cerca posible al reductor.

3.14 Filtro [23]

La función de este filtro es la de retener impurezas que pueda tener el GLP, este está echo de un material sumamente resistente ya que se encuentra en el sistema de alta presión.

Figura 43. Filtro de GLP

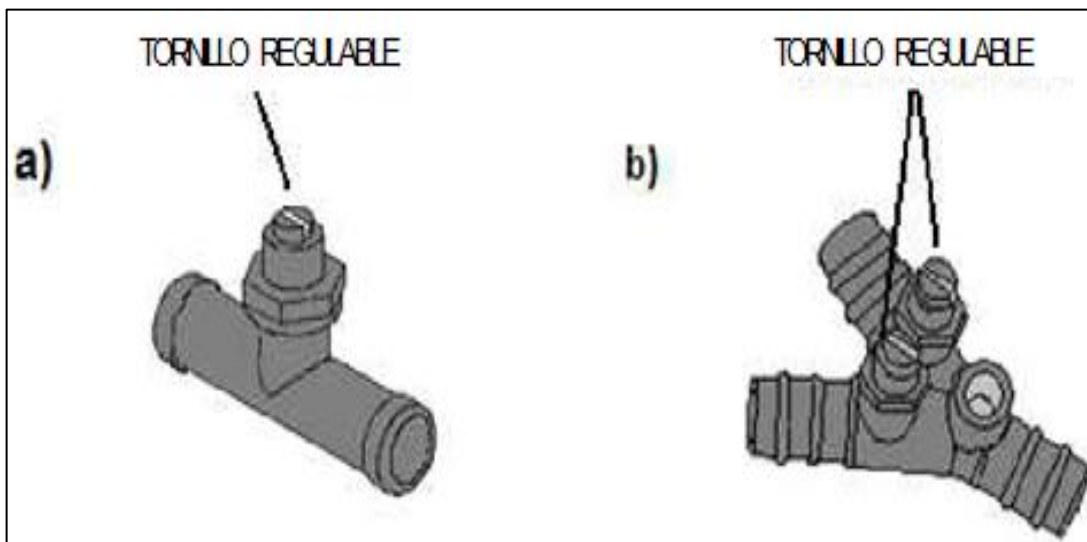


Fuente: Autor

3.15 Regulador de caudal o de máxima [24]

Este dispositivo se encarga de regular el caudal de gas que recibe el carburador cuando el vehículo es carburado o el múltiple de admisión si el vehículo es de inyección electrónica.

Figura 44. Esquema de un regulador: a) simple y, b) doble



Fuente: Manual de instalación LOVATO

3.15.1 Funcionamiento. Se encuentra constituido por un cuerpo de plástico y un tornillo regulable el cual se debe calibrar para regular el caudal de GLP máximo admisible (Figura 44). En los motores carburados, según sean las bocas del carburador el regulador

puede tener una o dos salidas en la que los tornillos serán regulados en función de cada boca.

3.16 Emulador de inyectores [25]

Este elemento electrónico corta o emula el funcionamiento de los inyectores individualmente y envía una señal a la ECU cuando el motor trabaje con GLP, de tal manera que no percibe el Check Engine en el panel del vehículo. (Figura 45).

Figura 45. Emulador de inyectores



Fuente: Autor

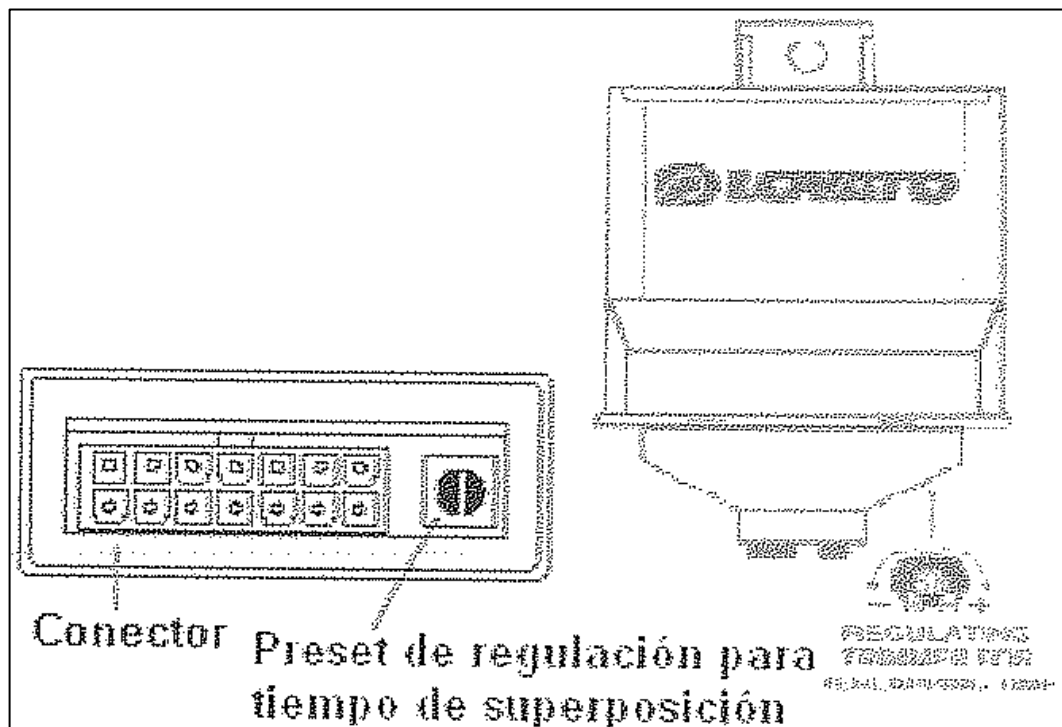
3.16.1 *Tiempo de superposición.* Es una temporización entre el momento que se pasa a GLP y el momento en que se suspende la entrega de gasolina por los inyectores.

Esta temporización son fracciones de segundo que evita al motor se quede sin combustible o se mezcle entre ambos, desde el momento en que activa la electroválvula

de GLP y el momento en que se corta la alimentación de inyectores, dado que el GLP debe llenar la cañería de conexión al mezclador e invadir el múltiple de admisión y llegar a los cilindros, de modo que no sea perceptible y suave el cambio de gasolina a GLP.

3.16.2 Regulación del tiempo de superposición. El tiempo de superposición se regula desde el trimpot o preset (figura 46), para lograr en el momento de la conmutación de gasolina a gas, el emulador no corte inmediatamente el funcionamiento de los inyectores, para dar tiempo a que el gas salga del reductor y llegue a la aspiración, evitando los momentos sin alimentación.

Figura 46. Trimpot o preset



Fuente: Manual de instalación LOVATO

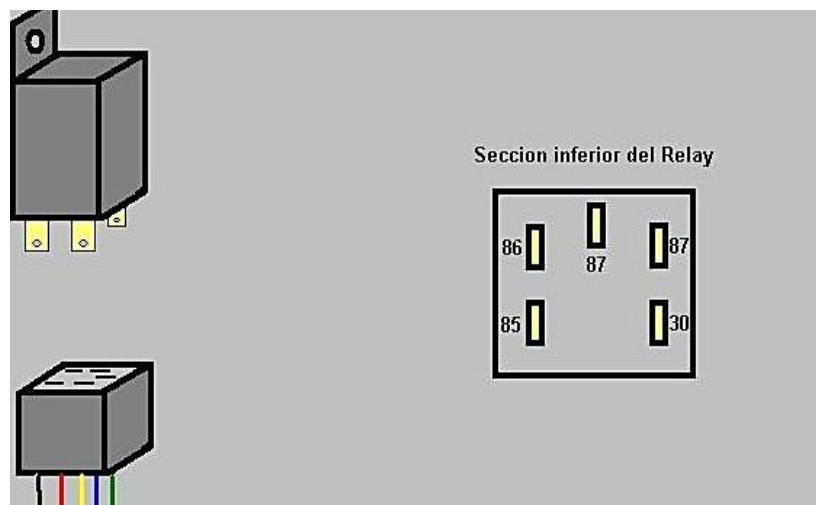
De esta manera al conmutar, por algunos segundos se superpondrán los dos combustibles (gasolina y gas) durante un tiempo regulado con el preset situado en la parte inferior del emulador.

3.17 Relé [26]

Se puede colocar para anular la corriente a la bomba de combustible que se encuentra

dentro del tanque, de esta forma se evita el funcionamiento de la bomba recirculando permanentemente o trabajando en algunos casos en vacío. Este trabaja en forma automática abriendo los circuitos cuando se hace el paso de gasolina a GLP pero no cuenta como en el caso del emulador con un tiempo de superposición de combustibles. Al pasar de GLP a gasolina el relé vuelve a conectar nuevamente el circuito de la inyección y el de la bomba en caso de tenerlo.

Figura 47. Relé



30- Alimentación + constante 12 V hacia batería.

85- Alimentación - constante (conectar a carroceria).

86- Interruptor (Switch).

comando del relay, suministra corriente + hacia este, se conecta un lado del interruptor a cualquier cable que salga desde la chapa y la otra salida al relay.^{mw}

87.1- Hacia consumidor 1 (neblinero 1, bocina 1, luz alta/baja).

87.2- Hacia consumidor 2 (neblinero 2, bocina 2, luz alta 2/baja 2).

Fuente: <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/06/06-63.pdf>

3.18 Kit de Accesorios [27]

Se compone del conjunto de abrazaderas, fusibles, pernos, acoples, que sirven para sujetar, conectar y permitir que el sistema GLP sea instalado.

Figura 48. Accesorios



Fuente: <http://airgnc.com/?Contenido=Categoria&Id=21&Categorias=1&LANG=SP>

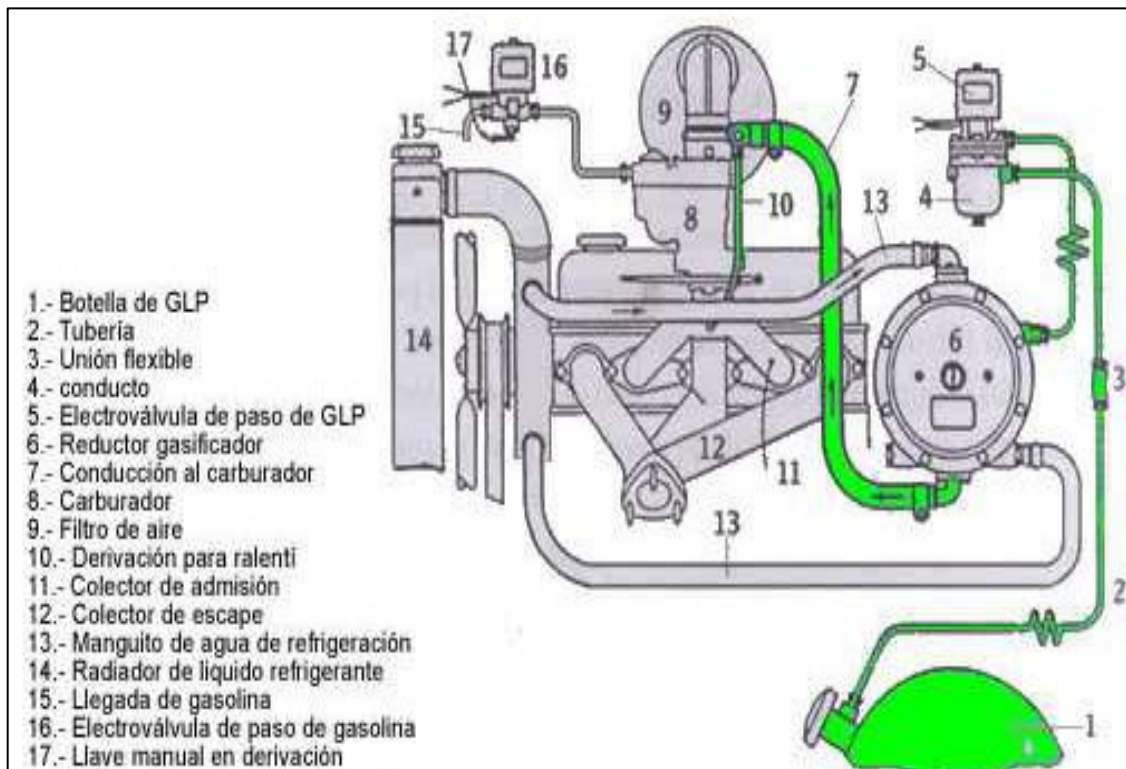
3.19 Aplicación a motores con carburador [28]

La figura 49, nos muestra un equipo para alimentar un motor con GLP. El gas pasa de la botella (que lleva su válvula de cierre) al filtro -electroválvula de paso- y de este lo lleva al reductor gasificador (que comprende en este caso el gasificador y los dos reductores) y por fin el GLP pasa a la espita en el colector de admisión donde se carbura la mezcla. Se cuenta también con una derivación del GLP que va después de la mariposa para mantener el ralentí del motor. El reductor gasificador es calafateado por medio de las tuberías de refrigeración del motor. La alimentación de gasolina sigue intacta con su electroválvula de mando y la válvula en derivación de mando manual.

3.19.1 Componentes del equipo de GLP para motores carburados. El equipo básico necesario, la ubicación y el esquema de los elementos en un vehículo con motor a carburación (Figura 49) es:

- Tanque de almacenamiento para
- GLP.
- Tubería de cobre de alta presión.
- Conmutador para carburación.
- Filtro.
- Electroválvulas para GLP y para gasolina.
- Evaporador o regulador de presión.
- Mezclador aire/GLP.
- Tuberías flexibles y accesorios de montaje.

Figura 49. Componentes del Equipo de GLP para Motores Carburados



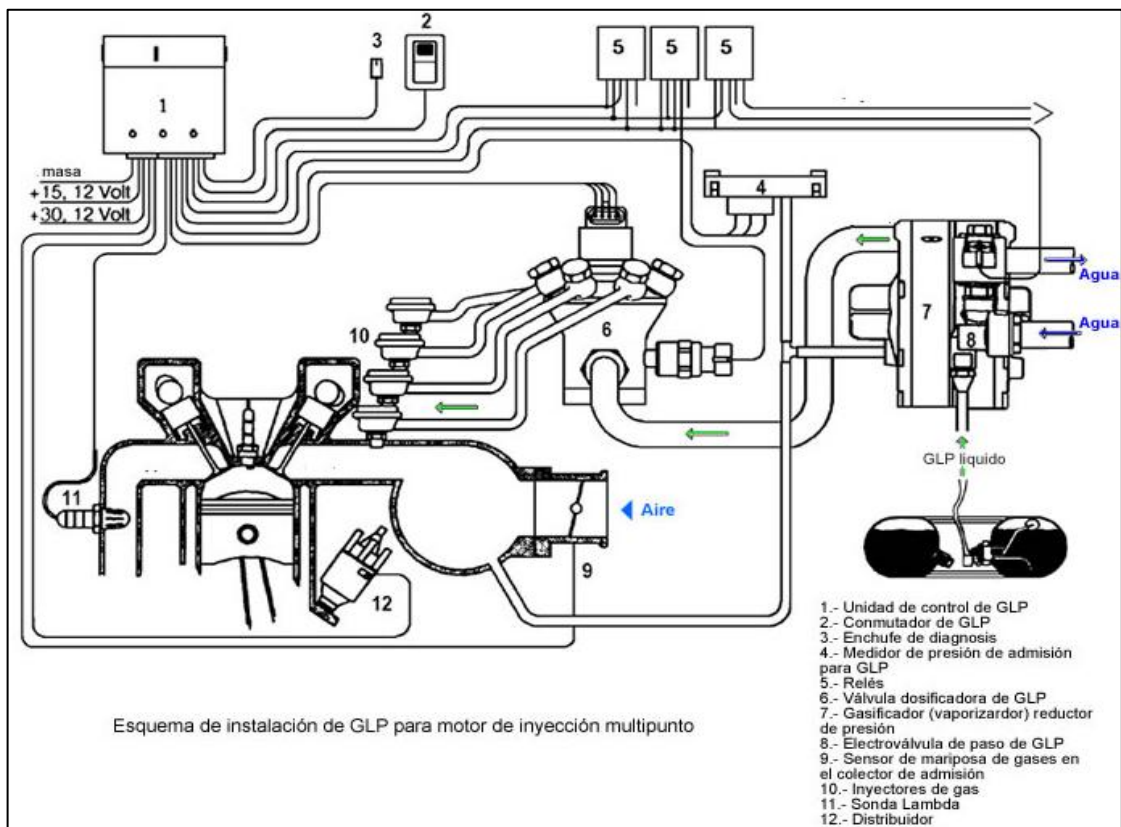
Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.com/glp_motores.htm

3.20 Aplicación a motores con inyección de gasolina [29]

Los motores con sistemas de inyección gasolina también pueden adaptarse para el uso de GLP. Se puede adaptar tanto motores con sistemas de inyección monopunto como multipunto. Como hemos visto anteriormente con los motores con carburador el equipo de GLP se instala de forma paralela al sistema de inyección de modo que puedan convivir los dos sistemas, dejando al conductor la opción de decidir que combustible utilizar. El equipo de GLP es igual al estudiado anteriormente siendo el proceso de repostaje, almacenaje, gasificación y conducción hasta el inyector, del cuerpo de mariposa (en la inyección monopunto) o los inyectores en el colector de admisión (en la inyección multipunto).

3.20.1 Componentes del equipo de GLP para motores a inyección electrónica. El equipo básico necesario, la ubicación y el esquema de los elementos en un Vehículo con motor a inyección electrónica (Figura 50) es:

Figura 50. Componentes del equipo de GLP para motores a inyección electrónica

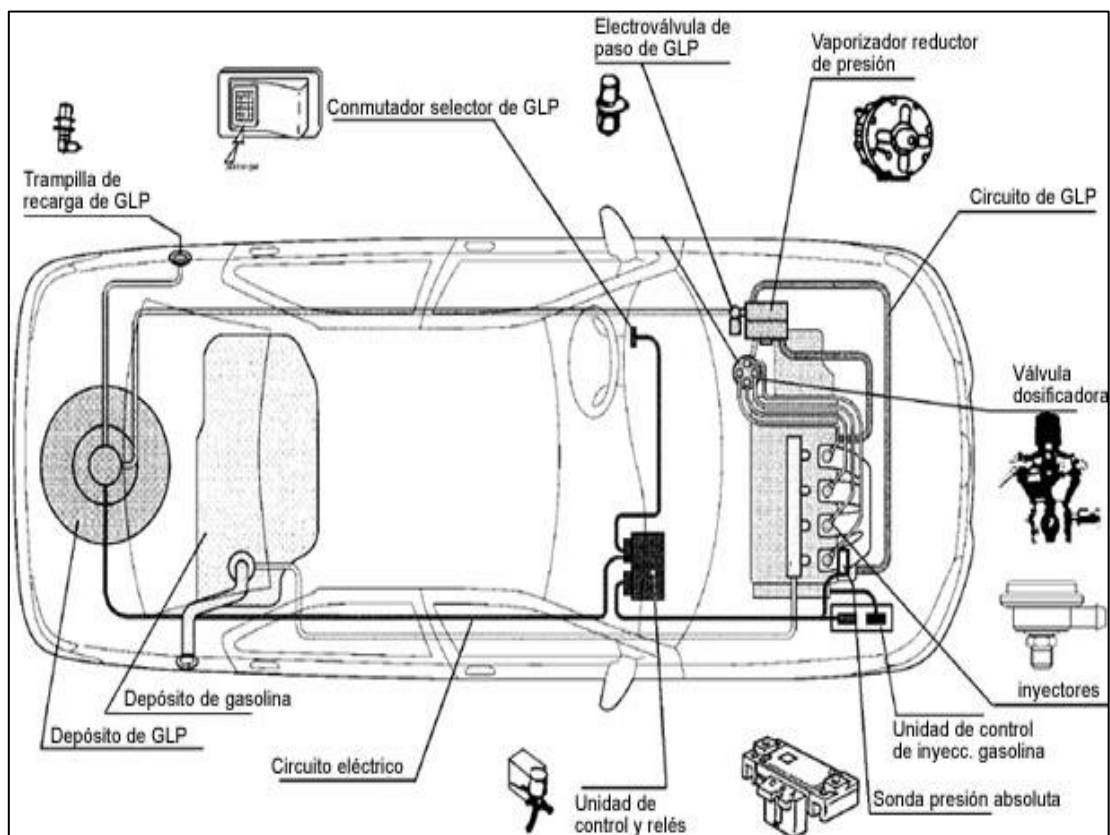


Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.com/glp_motores.htm

- Tubería de alta presión de cobre.
- Conmutador para inyección electrónica.
- Filtro.
- Electroválvula para GLP.
- Evaporador o regulador de presión.
- Unidad de control y relés
- Unidad emuladora de inyectores.
- Mezclador aire/GLP.
- Tuberías flexibles y accesorios de montaje.

El equipo que instalamos en la parte delantera del vehículo sirve para procesar el gas y permitir su integración al motor y el tanque que va en la parte trasera, usado para almacenamiento de combustible (ver gráfico inferior). El tanque tiene una electroválvula múltiple que bloquea la salida del gas en caso de accidente.

Figura 51. Esquema de instalación en un vehículo a inyección



Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.com/glp_motores.htm

3.21 Recorrido del GLP desde su carga hasta la combustión en el motor [30]

El GLP es introducido pasando por la válvula de carga hasta el tanque de almacenamiento. Del tanque de almacenamiento el GLP en estado líquido se dirige por medio de una tubería de cobre hasta el evaporador pasando por un filtro que retiene las posibles impurezas presentes en este; a éste recorrido se le conoce como circuito de alta presión (Figura 52). A la entrada del evaporador-regulador va instalada una válvula electromagnética de corte de GLP, conectada a un conmutador situada en el tablero de mandos.

Figura 52. Recorrido del GLP líquido hasta el evaporador o regulador de presión
(Circuito de alta presión)



Fuente: <http://www.motorgas.es/aplicaciones-a-gas-glp-%C3%B3-gnc-de-nuestros-productos/animaci%C3%B3n-en-un-coche-del-funcionamiento-del-gas-glp-%C3%B3-autogas/>

El evaporador tiene en su interior una serie de cámaras que realizan varias funciones que permitirán regular, vaporizar y dosificar el GLP que es suministrado al motor. En el regulador de presión el gas llega en fase líquida y pierde presión hasta llegar a vaporizarse, transformándose a fase gaseosa (Figura 53). Esta pérdida de presión hace que el gas pierda temperatura pudiendo llegar hasta el congelamiento, por lo cual se hace necesario calentarlo utilizando una derivación del sistema de refrigeración,

haciendo circular agua caliente del radiador por el interior del equipo. Esta derivación del sistema de refrigeración del motor al evaporador se conoce como circuito de calefacción.

Figura 53. Paso de fase líquida a fase gaseosa del GLP en el evaporador o regulador de presión

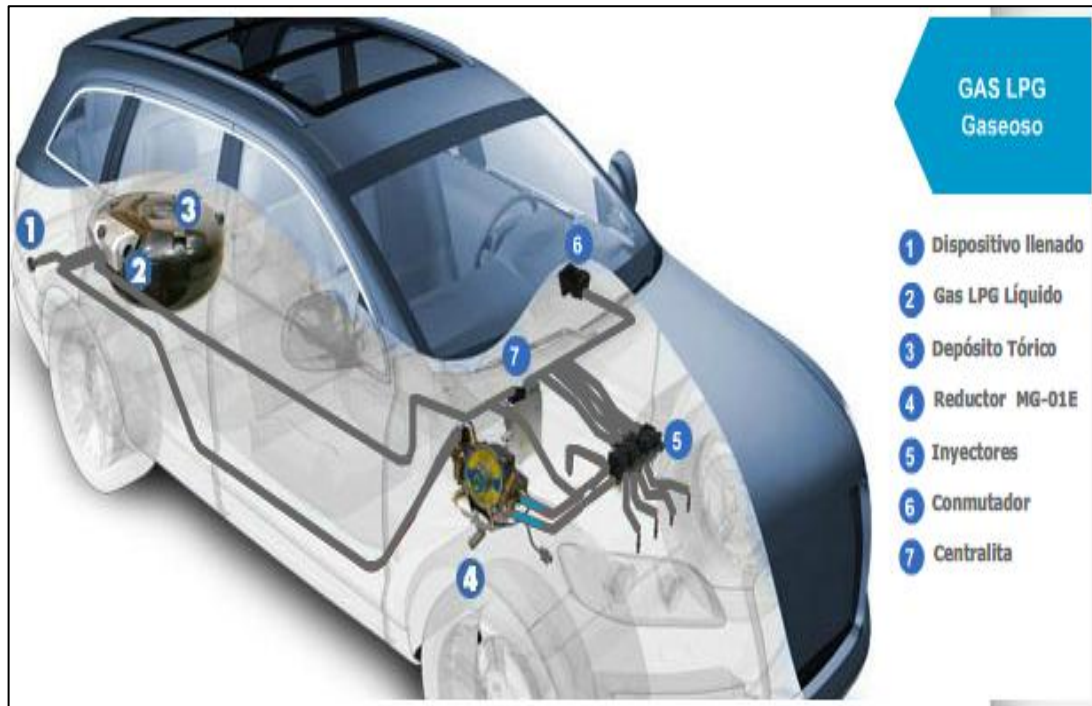


Fuente: <http://www.motorgas.es/aplicaciones-a-gas-glp-%C3%B3-gnc-de-nuestros-productos/animaci%C3%B3n-en-un-coche-del-funcionamiento-del-gas-glp-%C3%B3-autogas/>

Una manguera de caucho recubierta por una malla de acero o de fibra lleva al gas desde el regulador hasta el dosificador o mezclador pasando antes por una válvula limitadora de caudal o válvula de máxima; a éste recorrido se le conoce con el nombre de circuito de baja presión. La manguera tiene que ser de goma para que no se cuartee ni se rompa con las vibraciones del motor. El mezclador tiene la función de proporcionar una adecuada mezcla de aire con el gas para obtener una correcta combustión y se lo instala en el conducto que va desde el filtro de aire hacia el carburador o en el múltiple de admisión para los motores a inyección electrónica. El GLP es suministrado a una presión inferior a la atmosférica, de forma que si los cilindros no aspiran el gas, este no

sale, de igual forma que el nivel de la cuba es inferior al del surtidor de la gasolina y si no hay vacío en el colector de admisión esta no sale (el vacío evidentemente se genera con el giro del motor, a motor parado no hay vacío) (Figura 54).

Figura 54. Distribución de GLP gaseoso a los cilindros del motor



Fuente: <http://www.motorgas.es/aplicaciones-a-gas-glp-%C3%B3-gnc-de-nuestros-productos/animaci%C3%B3n-en-un-coche-del-funcionamiento-del-gas-glp-%C3%B3-autogas/>

El sistema de GLP provee una llave conmutadora que es un dispositivo electrónico y sirve para seleccionar el tipo de combustible y se encuentra instalada al alcance del conductor, en la cabina del vehículo. El conmutador hace imposible que los dos combustibles GLP y gasolina puedan alimentar a la vez al motor.

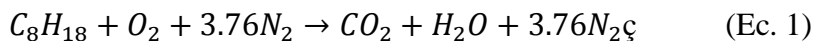
Para vaporizar el GLP se necesita una gran cantidad de calor, por ello si el clima es demasiado frío, los vehículos que tienen este sistema se ponen en marcha con gasolina y cuando están calientes más o menos unos 3 - 5 minutos pasan a funcionar con GLP; en los motores a inyección electrónica, éste paso puede ser automático.

3.22 Cálculo del flujo de aire requerido por el motor [31]

Es conocido también como la relación aire/combustible, es el número que expresa la cantidad, en masa o en volumen de aire aspirado por un motor de combustión para una cantidad unitaria de combustible. Dicha relación es función del combustible, del tipo de motor, de su regulación y de la carburación.

El valor ideal o teórico de tal relación es el correspondiente a la relación estequiométrica. Cuando se trata de gasolina comercial, dicha relación está comprendida entre 14,7 y 15,05 (es decir, unos 15 g de aire por cada gramo de gasolina). Pero esto ocurre en condiciones teóricas o ideales, que no considera la mayor o menor rapidez con que se desarrolla efectivamente la combustión.

La relación de 15,05 resulta de la relación química:



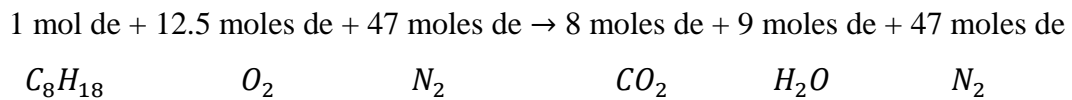
Tomando e cantidades de dióxido de carbono, helio, neón e hidrogeno, y en los análisis de los procesos de combustión, el argón en el aire se trata como nitrógeno, en tanto los gases que existen en cantidades muy pequeñas se descartan.

De modo que el aire seco puede aproximadamente como 79% de nitrógeno y 21 % de oxígeno, de la relación 3,76 resulta de dividir 79 para 21.

Para obtener una información correcta acerca de las cantidades de cada sustancia involucradas en la relación, es necesario que la ecuación química este balanceada correctamente:



Los coeficientes estequiométricos de la ecuación balanceada expresa la cantidad de moles de cada sustancia que interviene en la relación. Por lo tanto en la ecuación anterior:



Si se expresa las cantidades dadas| en gramos se obtiene:

$$1(114g) + 12.5 (32g) + 47(28g) = 8(44g) + 9(18g) + 47(28g)$$

1830= 1830g conservación de la masa

$$\frac{\text{molesaire } O_2 + N_2}{\text{molescombustible } C_8H_{18}} = \frac{1716}{114} = 15.05$$

Es decir que se necesita de 15.05g de aire para quemar cada gramo de combustible durante este proceso de combustión.

3.22.1 Relación estequiometrica del GLP (propano)

$$\frac{\text{molesaire } O_2 + N_2}{\text{molesGLP } C_3 + H_8} = 15.8$$

La relación estequiometrica de GLP es 15.8g de aire que se necesita por cada gramo de GLP para su combustión.

3.23 Requisitos que debe cumplir el GLP según normas INEN 0675 [32]

Los gases licuados de petróleo según normas INEN deben cumplir con requisitos, los mismos que están especificados en la norma NTE INEN 0675, esta norma establece los requisitos que debe cumplir los diferentes gases licuados de petróleo, la cual podemos encontrar en el ANEXO C de Gas Licuado de Petróleo. Requisitos.

3.24 Normas INEN 2 311:2000 para la conversión de motores de gasolina a sistema dual GLP/gasolina [33]

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos que se deben cumplir al realizar las conversiones de motores de combustión interna con carburación solo de

gasolina por carburación dual (GLP/gasolina) o solo de GLP. En el (ANEXO D conversiones de motores de combustión interna) se encontrara la norma en su totalidad.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 311:2000 vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación solo de gasolina por carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP. Requisitos

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO

4.1 Introducción

A continuación se detalla la instalación correcta del Kit de GLP de la marca LOVATO en un motor VW Gol 1.4 aplicando procesos para su correcta instalación y mantenimiento.

4.2 Modelo experimental

Un esquema del modelo experimental es mostrado en la Figura 55. Se observa los componentes principales: Sección de Pruebas (motor VW Gol 1.4) Sistema de Alimentación de Combustible (gasolina y GLP).

Figura 55. Modelo experimental



Fuente: Autor

4.2.1 Sección de pruebas. Está compuesta por un motor de las siguientes características:

Tabla 6. Características técnicas del motor utilizado.

Marca	VW
Modelo	2008
Potencia del motor	85 CV
Cilindrada del motor	1.4cc
Número de cilindros	4 cilindros
Tipo de alimentación del motor	Alimentación a inyección electrónica

Fuente: Autor

4.2.2 Datos técnicos de la construcción de la estructura metálica donde está montado el motor de combustión interna. Para la realización de este trabajo práctico se ha visto en la necesidad de utilizar materiales para su construcción de las siguientes especificaciones:

Tabla 7. Materiales utilizados para la construcción de la estructura metálica

Materiales	Especificación
Tubo redondo	1.5 pulgadas
Electrodos	6011
Angulo metálico	3/4" x 1/8"
Ruedas	5 pulgadas
Pintura esmalte	Azul y negra
Plancha de madera	(60*50) mm.

Fuente: Autor

Pasos de la construcción:

- Se inicia realizando un modelo básico de la estructura tomando en cuenta que soporte la carga a la que está sometido modelo básico de la estructura.

- Se selecciona el material el mismo que debe cumplir las condiciones para soportar dichas cargas.
- Se realiza el corte del material con las medidas que son tomadas del plano básico.
- Se procede a unir los materiales dicha unión se la realiza por medio de soldadura de arco eléctrico.
- Continuando con la construcción se procede al acabado realizando el pulido y luego el pintado de la estructura.

4.3 Montaje e instalación de un sistema de GLP marca LOVATO en un motor a inyección [34]

4.3.1 Instalación mecánica del sistema a GLP. Para ello se realiza una hoja de verificación del motor (ANEXO E, hoja de verificación del estado del motor), para allí continuar con dicha operación.

4.3.1.1 Instalación de la multiválvulas y sistema de carga de GLP. El tanque de almacenamiento tiene dos orificios: uno para el alojamiento de la multiválvulas en donde irá también el sistema de carga, y el otro que sirve de desfogue (figura 56). Para la instalación de estos componentes se procede de la siguiente manera:

Figura 56. Alojamiento de la multiválvulas y desfogue



Fuente: Autor

Preparar la multiválvulas de acuerdo al tamaño del tanque colocando y regulando la entrada del flotador y la tubería de ingreso de gas al tanque. Luego asegurar la multiválvulas en el tanque de almacenamiento.

Figura 57. Multivalvula para colocar en el tanque



Fuente: Autor

Para el sistema de carga, preparar la manguera que servirá para cargar el gas desde un tanque doméstico al de almacenamiento de GLP del motor (figura 58).

Figura 58. Manguera para recargar gas en el tanque



Fuente: Autor

Esta manguera tiene adaptado una válvula by-pass, un filtro para petróleo que se lo pondrá mediante un acople y una válvula industrial para GLP. El sistema de carga va colocado en la entrada de GLP de la multiválvulas.

Al cargar GLP en el tanque del vehículo éste requiere necesariamente de un desfogue; la función de este desfogue, es porque cuando al cargar o introducir el gas, si no existiera dicho desfogue el tanque se llenaría de presión demasiado pronto y no sería posible seguir cargándolo. Para esto el tanque como ya se ha mencionado tiene un orificio de desfogue al cual se le acoplará una válvula by-pass para poder abrir o cerrar cuando se esté cargando el combustible (Figura 59).

Figura 59. Válvula de desfogue



Fuente: Autor

Durante la instalación está totalmente prohibido obstaculizar el funcionamiento de la varilla del flotador, ya que se puede perjudicar su movimiento y limitando de esta manera el trabajo de la válvula de retención del llenado una vez que alcanzado el 80%, es decir, el volumen máximo consentido, de la misma forma colocar correctamente el empaque para conseguir un buen sellado.

4.3.1.2 *Instalación del sistema de carga de GLP.* La válvula de carga debe quedar en una posición que permita un fácil acceso a la misma.

Figura 60. Posición válvula de carga



Fuente: Autor

4.3.1.3 *Instalación del tanque de almacenamiento.* El tanque de almacenamiento se coloca dentro del vehículo, teniendo cuidado de que quede bien asegurado para evitar que por el movimiento del vehículo los elementos adaptados a este se rompan o aflojen. Los lugares más comunes de instalación dependiendo del tipo de vehículo son:

- a. El baúl porta equipaje en vehículos tipo automóvil o sedan.
- b. Detrás del asiento trasero en camiones.
- c. En el balde de las camionetas.
- d. Bajo el piso en vehículos comerciales, etc.

Para tanques tipo cilíndricos una vez posicionado el tanque sobre una base perfectamente horizontal, éste debe ser girado sobre su eje longitudinal axial hasta que el centro de la brida del tanque forme un ángulo aproximado de 30 grados con respecto al plano horizontal, en sentido antihorario igual al indicado sobre el cuerpo de la multiválvulas (ver en figura 26).

El tanque puede ser de distinta capacidad, tamaño y forma, para asegurarlo se utilizarán soportes de acero si es posible inoxidable o pintados con pintura antioxidante, de ser necesario estos serán reforzados en las zonas de anclaje para evitar deformaciones en la estructura. Además, se deberán intercalar juntas de caucho que evitaren el deterioro del tanque; por la misma razón las abrazaderas de anclaje deberán tener una protección plástica.

Figura 61. Instalación del tanque de almacenamiento



Fuente: Autor

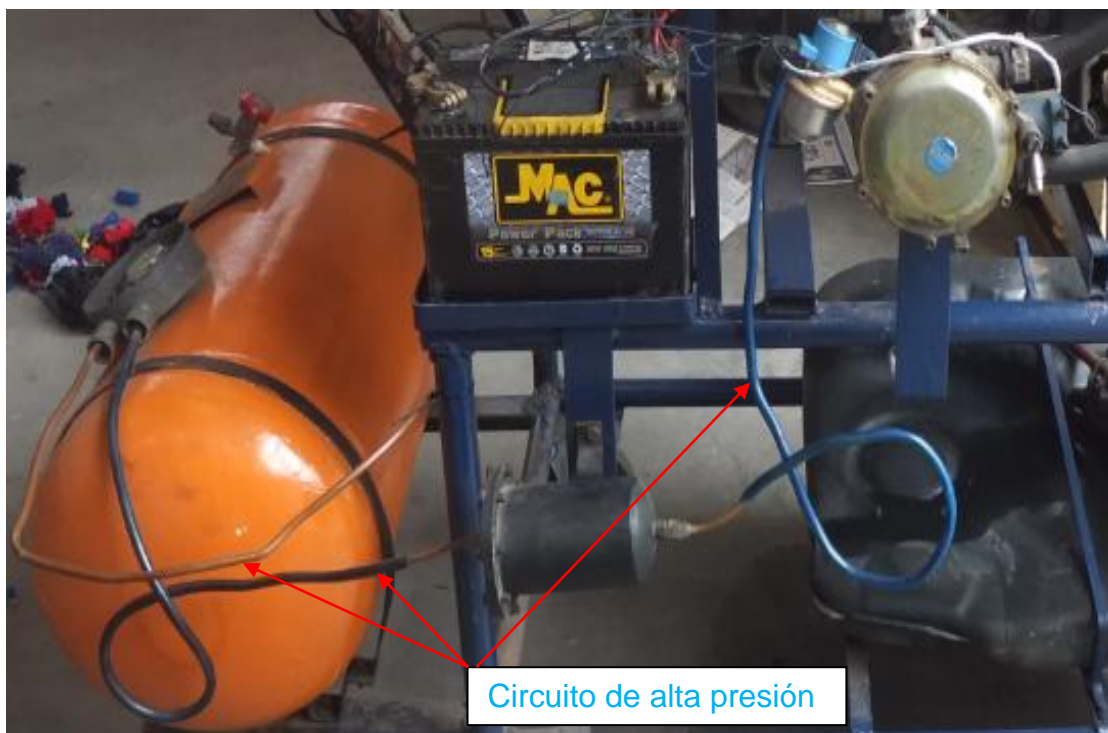
4.3.1.4 *Instalación del circuito de alta presión.* Los elementos que componen este circuito son:

- a. Tubería de alta presión, por donde pasará el GLP líquido (generalmente de cobre).
- b. Recubrimiento de plástico para proteger la tubería de alta presión del medio ambiente y de posibles golpes producidos por el movimiento del vehículo.
- c. Filtro de gas cuya función es la de atrapar las suciedades que pueda contener el GLP.

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

El circuito va desde la multiválvula ubicada en el tanque de almacenamiento, hasta el evaporador regulador de presión (Figura 62). La tubería de alta presión se fija a la salida del GLP líquido en la multiválvula, para luego seguir hasta el filtro de gas y de ahí salir hasta el evaporador o regulador de presión

Figura 62. Instalación del circuito de alta presión



Fuente: Autor

4.3.1.5 Instalación de las tuberías. Cada uno tiene sus respectivos acoples y anillos que por norma de seguridad son de bronce y que estos para su instalación se coloca en la tubería luego se instala en la entrada de los componentes, de tal manera que a medida que se va apretando los acoples estas por si solas se remachan en la tubería.

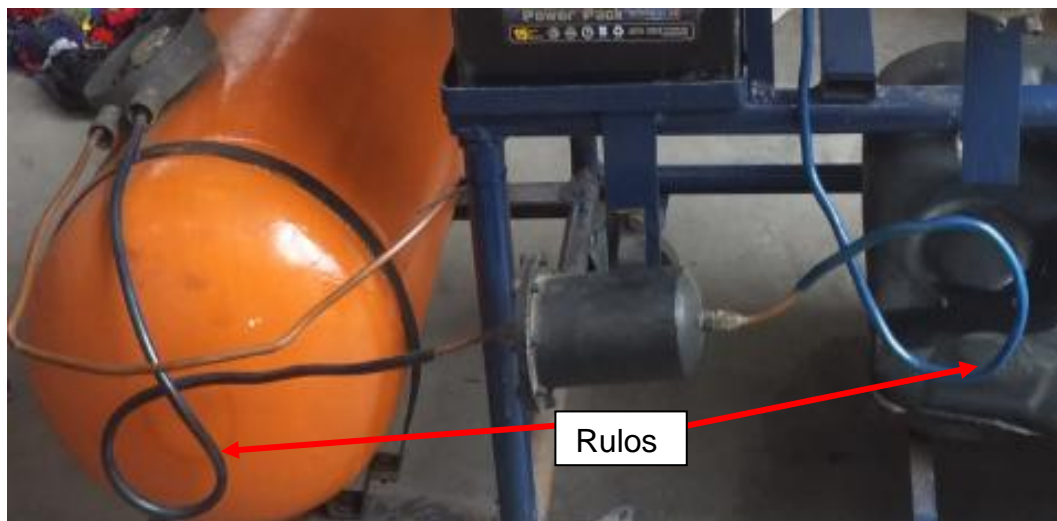
Figura 63. Instalación de las tuberías



Fuente: Autor

Esta tubería en su recorrido deberá estar fijada a la estructura del vehículo y se deberá formar rulos de mínimo dos vueltas entre cada componente del sistema de alta presión .antes de llevar a cabo la unión mediante los empalmes necesarios, hay que examinar que los tubos estén correctamente alineados con el fin de evitar tenciones en los puntos de unión.

Figura 64. Rulos en cañería

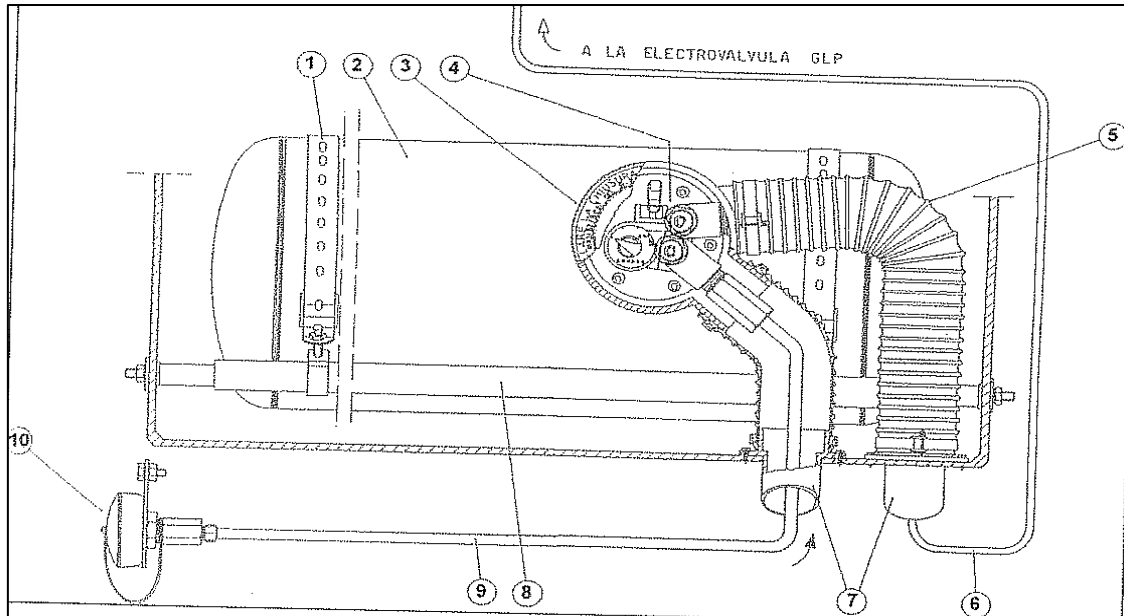


Fuente: Autor

La cañería que va desde el depósito a la electroválvula debe ser sujeta en la parte de debajo de la carrocería, lejos de los tubos de escape y de los nervios de refuerzo de la carrocería. Hay que meter sujeciones (abrazaderas fijadas con tornillos fileteadores)

cada 80cm. Todas las conexiones sometidas a vibraciones tienen que ser realizadas con serpentines o volutas elásticas.

Figura 65. Instalación en la parte posterior del vehículo



Fuente: Manual de instalación LOVATO

Partes:

- 1 Abrazaderas
- 2 Deposito
- 3 Contenedor hermético
- 4 Multiválvula
- 5 Tubo de ventilación
- 6 Tubo de alimentación gas
- 7 Respiraderos
- 8 Travesaño telescópico
- 9 Tubo de llenado
- 10 Boca de llenado

4.3.1.6 Instalación del evaporador. En la parte interior delantera del vehículo junto al motor (Figura 66), a la mayor altura posible y a una distancia adecuada del sistema de escape, de la batería y de la línea frontal del vehículo. Para su correcto funcionamiento

es indispensable que su plano frontal quede en posición vertical y paralelo al eje longitudinal del vehículo.

Figura 66. Instalación del evaporador



Fuente: Autor

Para esto se escoge un lugar conveniente en el soporte del motor, donde se coloca una platina para la sujeción de dicho componente, que además, debe estar en posición horizontal y al que se le acoplará un solenoide o electroválvula de GLP.

Para que la instalación sea correcta se tomara en cuenta las siguientes indicaciones:

- Poner en una posición más baja respecto el nivel del agua del radiador.
- El tapón de purga del aceite no debe estar situado sobre la bobina de encendido.
- Con el fin de evitar que entre impurezas en el reductor, limpiar la tubería de GLP, antes de conectarla.
- Controlar, con las válvulas conectadas que no haya perdidas en la tuberías del gas a través de las uniones.

- Controlar el funcionamiento del termostato verificando que el reductor se caliente rápidamente.
- En el invierno poner anticongelante en el circuito.
- Cada vez que se vacié 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.

4.3.1.7 *Instalación de la electroválvula de GLP.* para ello hay que seleccionar un lugar adecuado lejos del calor o de filtraciones de agua, incluso que cuando se quiera dar el mantenimiento sea accesible, como también para sus instalaciones eléctricas.

Hay que sujetar la electroválvula a la carrocería, mediante su correspondiente mordaza, en posición vertical y con la cubeta de decantación abajo.

Evitar montarla cerca de fuentes de calor ya que el sobrecalentamiento podría causar que la electroválvula perdiera la fuerza magnética necesaria para abrir la válvula móvil.

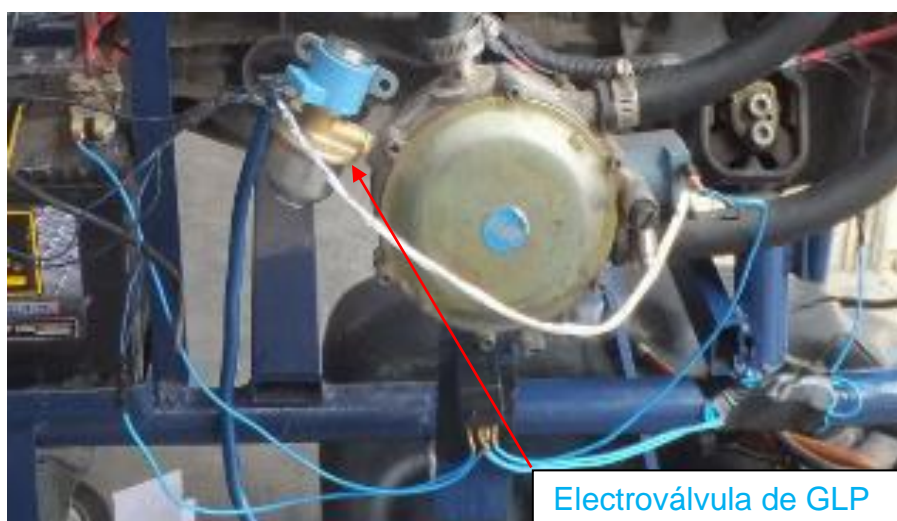
Figura 67. Instalación de la electroválvula de GLP



Fuente: Autor

4.3.1.8 *Instalación eléctrica de la electroválvula de GLP.* Las conexiones eléctricas en el evaporador para que se accione la electroválvula de gas se le realiza de la siguiente manera (Figura 68):

Figura 68. Instalación eléctrica de la electroválvula de GLP



Fuente: Autor

- El cable azul de la electroválvula va al conmutador.
- El cable negro o de tierra se lo acoplará al evaporador regulador de presión.

4.3.1.9 *Instalación del regulador de caudal o de máxima.* El regulador de caudal se encuentra adaptado entre el evaporador y el mezclador unidos por medio de cañerías flexibles.

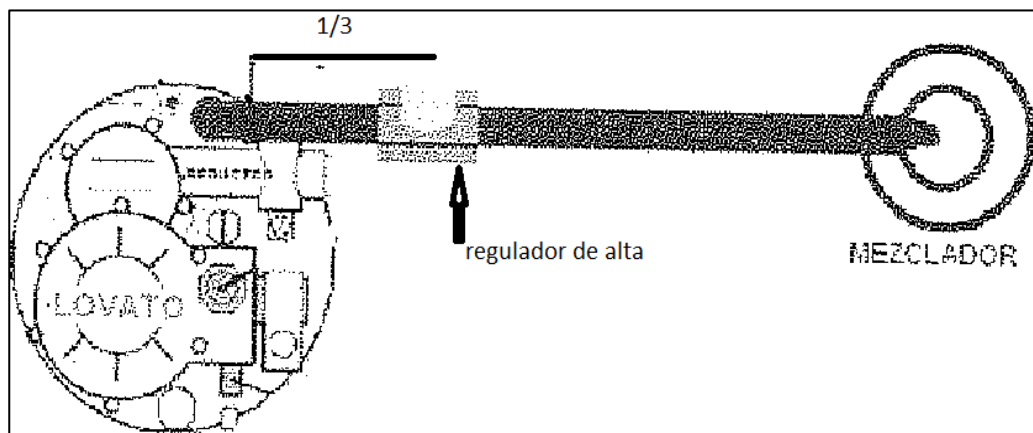
Figura 69. Instalación del regulador del caudal de máxima



Fuente: Autor

El regulador de alta se debe colocar a una distancia de $\frac{1}{3}$ de longitud total de la manguera de GLP hacia el mezclador (figura 70). Debe instalarse en una posición accesible, con el propósito regular el caudal de alta cuando el motor requiere poner a punto.

Figura 70. Distancia del regulador de alta en la manguera



Fuente: Manual de instalación LOVATO

4.3.1.10 *Calibración del caudal de máxima.* Para esto se siguen los siguientes pasos:

- a. Llevar el motor a una temperatura normal de funcionamiento.
- b. Pasar a funcionar con GLP.
- c. Acelerar el motor hasta 2500 / 3000 RPM.
- d. Girar el tornillo de regulación de la válvula de máxima para lograr una aceleración del motor.
- e. Al seguir girando el motor las RPM se irán incrementando hasta notar que las RPM empiezan a descender, en ese punto se habrá logrado la regulación máxima.
- f. Una vez hallado el equilibrio, fijar el tornillo por medio de la contratuerca o el resorte según el tipo de válvula.
- g. Para motores carburados, en el caso de un carburador con 2 bocas y por consiguiente una válvula de máxima de 2 salidas, la operación se debe realizar 2 veces.

4.3.1.11 *Calibración del caudal mínimo.* Este procedimiento se lo hace después de haber regulado el caudal máximo y consiste en:

- a. Llevar el motor a la temperatura normal de funcionamiento.
- b. Poner a funcionar el motor con GLP.
- c. Mariposa del carburador en posición de reposo durante toda la regulación.
- d. Para motores a inyección electrónica se deberá mantener el motor en ralentí.
- e. Girar el tornillo de regulación de mínima que está en el evaporador hasta lograr un ralentí estabilizado.
- f. Fijar el tornillo una vez logrado el equilibrio.

Figura 71. Calibración del caudal mínimo



Fuente: Autor

4.3.1.12 *Instalación del circuito de baja presión.* Los elementos que componen este circuito son:

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

El circuito va desde el evaporador hasta el carburador (Figura 72) si el motor es carburado, o al múltiple de admisión si el motor es a inyección electrónica. La manguera se fija a la salida del regulador de presión para luego seguir hasta el regulador de caudal o de máxima y de ahí finalmente al mezclador. La adaptación de este circuito debe hacerse de tal forma que no existan roces con otros elementos del vehículo.

Figura 72. Instalación del circuito de baja presión

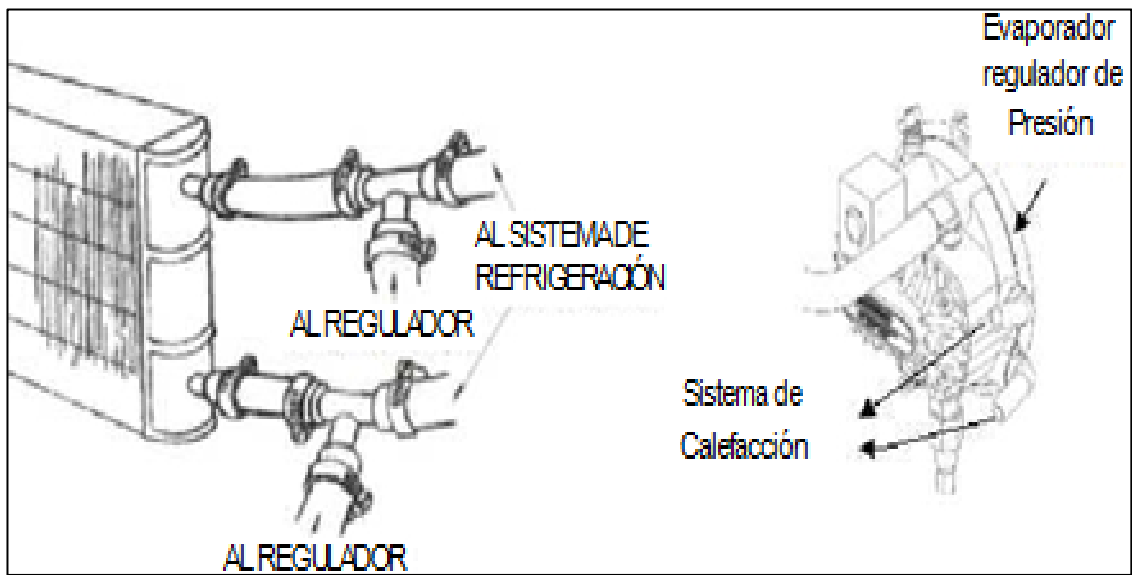


Fuente: Autor

4.3.1.13 *Instalación del circuito de calefacción.* Los elementos que componen este circuito son:

- Mangueras de caucho, utilizada para la circulación del agua caliente proveniente del sistema de refrigeración del motor.
- "T" de material sintético, para adaptar el circuito calefactor de GLP con el sistema de refrigeración del motor.
- Abrazaderas o elementos de ajuste, cuya función es lograr un correcto ajuste de las mangueras para evitar escape de agua.

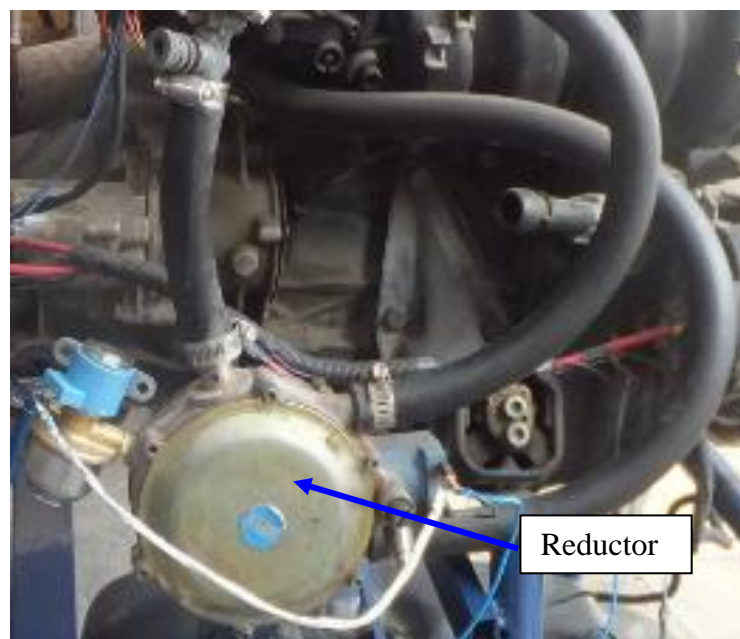
Figura 73. Instalación del circuito de calefacción



Fuente: Manual de instalación LOVATO

El circuito va desde el evaporador hasta al sistema de refrigeración del motor (Figura 74). En el evaporador hay dos entradas específicas para este circuito, donde se conectan las mangueras, que luego se adaptan al sistema de refrigeración del motor utilizando unas "T" de material sintético.

Figura 74. Adaptación al reductor-vaporador

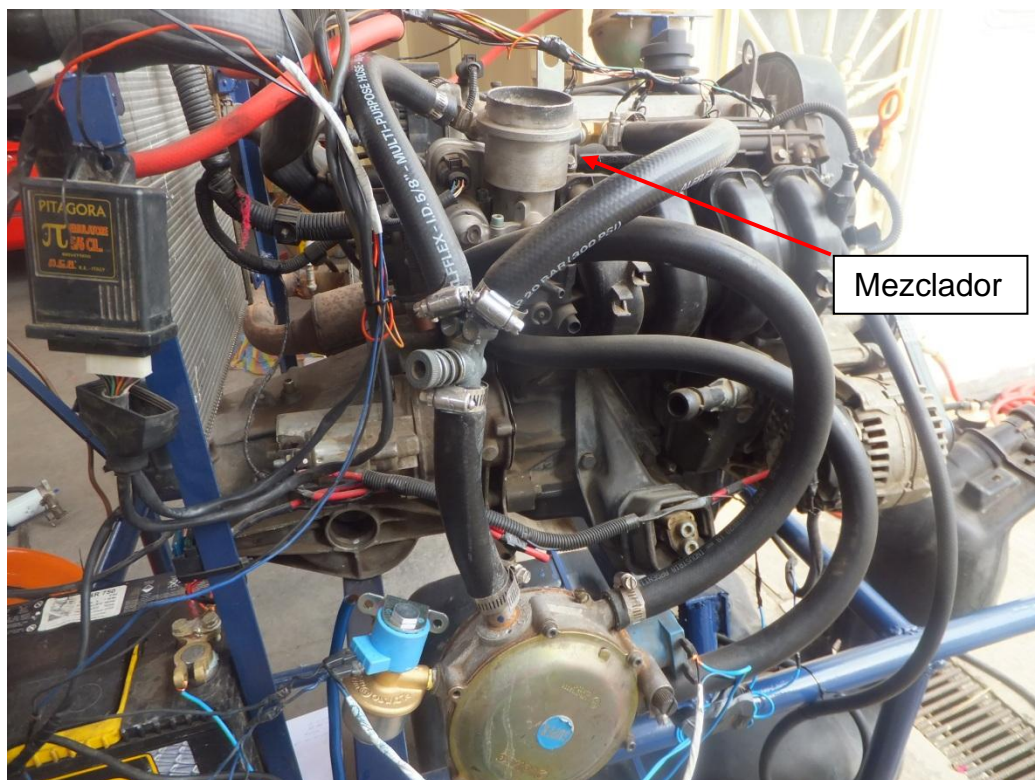


Fuente: Autor

4.3.1.14 Instalación del mezclador. El mezclador tiene la función de suministrar al motor una cantidad de gas, directamente proporcional al aire aspirado por el mismo, es decir mezclar el aire con el gas en la misma cantidad. Esto puede realizarse creando un “Venturi “en el mismo mezclador.

La realización del mezclador está ligada al tipo de alimentación del motor. Su diseño cambiara de acuerdo al tipo de motor o de su sistema de inyección de combustible.

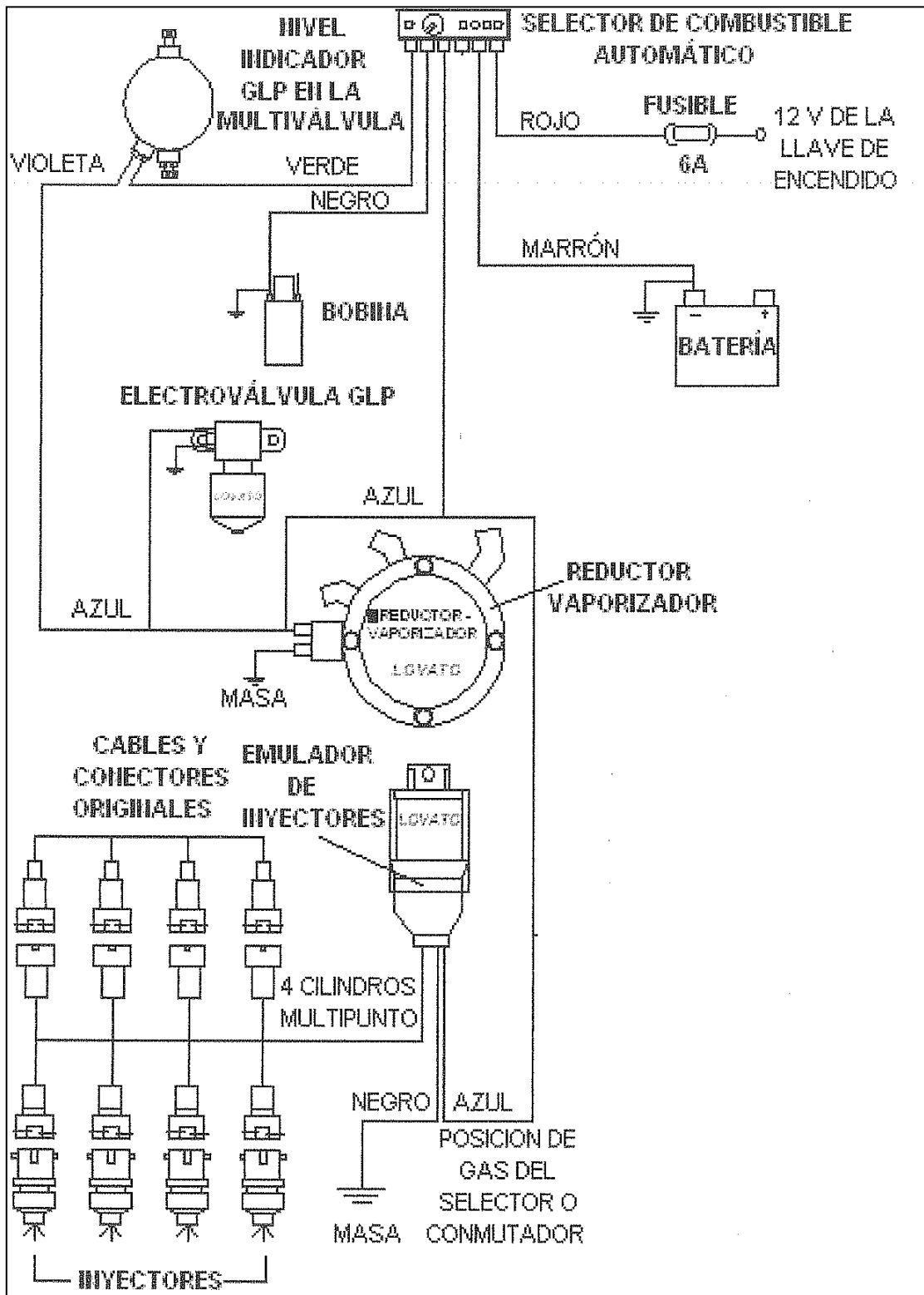
Figura 75. Instalación del mezclador



Fuente: Autor

4.3.2 Instalación eléctrica electrónica. En este proceso se realiza las conexiones de los distintos sistemas eléctricos y electrónicos que tiene el sistema a GLP. Para lo cual se debe tener muy bien identificado los cables de conexión que va hacia cada uno de los actuadores que se utiliza en el sistema.

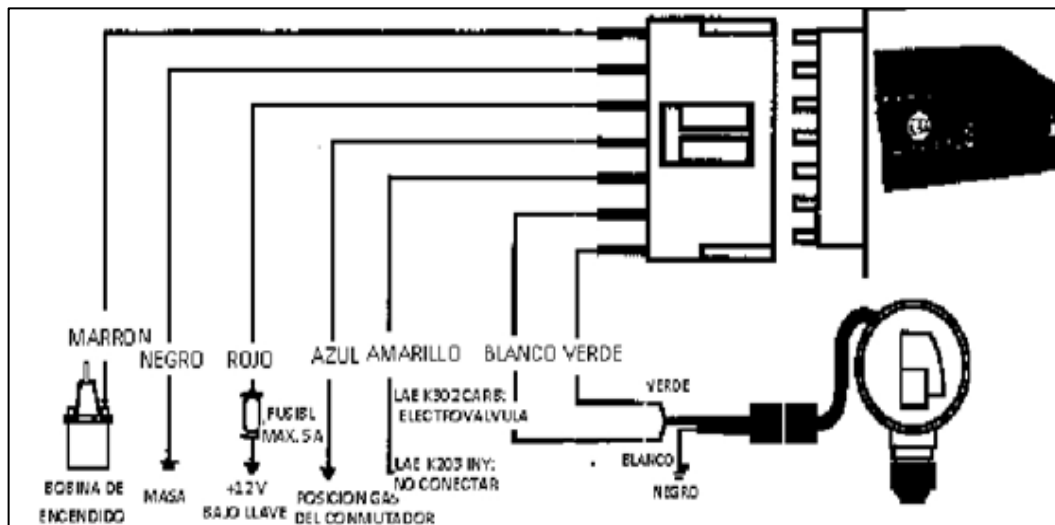
Figura 76. Esquema de Instalación eléctrica electrónica



Fuente: Manual de instalación LOVATO

4.3.2.1 Instalación de la llave de conmutación. Para la instalación de la llave de conmutación se siguen los siguientes pasos.

Figura 77. Instalación de la llave de conmutación



Fuente: Manual de instalación LOVATO

- Buscar el lugar apropiado para la sujeción del conmutador en el motor.
- Efectuar correctamente las conexiones eléctricas dentro del motor. Para esto se deben seguir cuidadosamente las instrucciones que vienen en el conmutador de acuerdo al modelo.

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

Figura 78. Instalación del conmutador



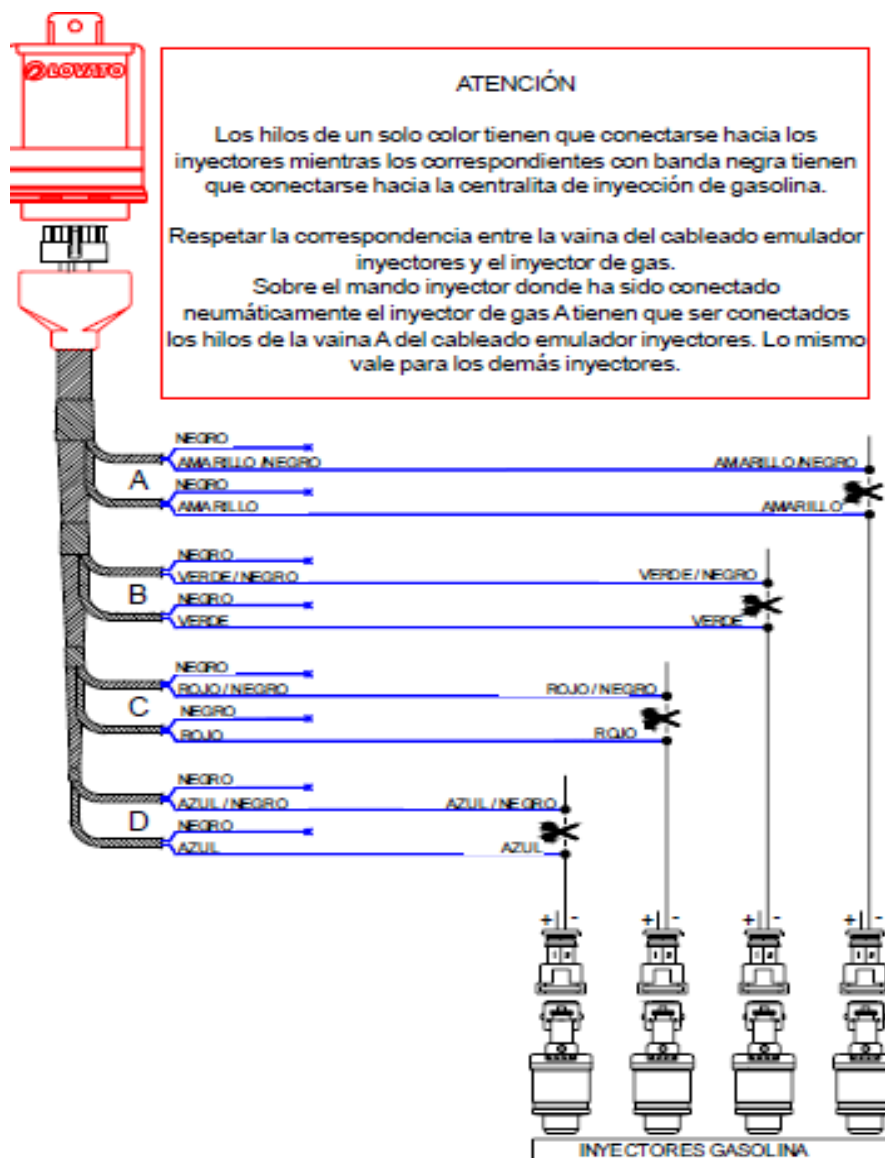
Fuente: Autor

- Eliminar los terminales de color Amarillo, Blanco, Verde del conmutador, debido a que éste debe ser automático.
- Conectar el cable azul del conmutador al switch del motor.

- c. Colocar un fusible como protección en el terminal de color rojo para casos de cortocircuitos. Este debe ser de 5 a 10 Amperios.
- d. Conectar el cable de color rojo a la corriente (cable que va del conmutador a la bobina).
- e. Conectar el cable de color café al cable que va a la primera bujía, ya que esta tiene la función de leer la señal negativa de la bobina

4.3.2.2 *Instalación del emulador de inyectores.* Para esto se busca el lugar más apropiado, en este caso el tablero de control del motor de inyección electrónica arriba del conmutador.

Figura 79. Instalación del emulador de inyectores



Fuente: Manual de instalación LOVATO

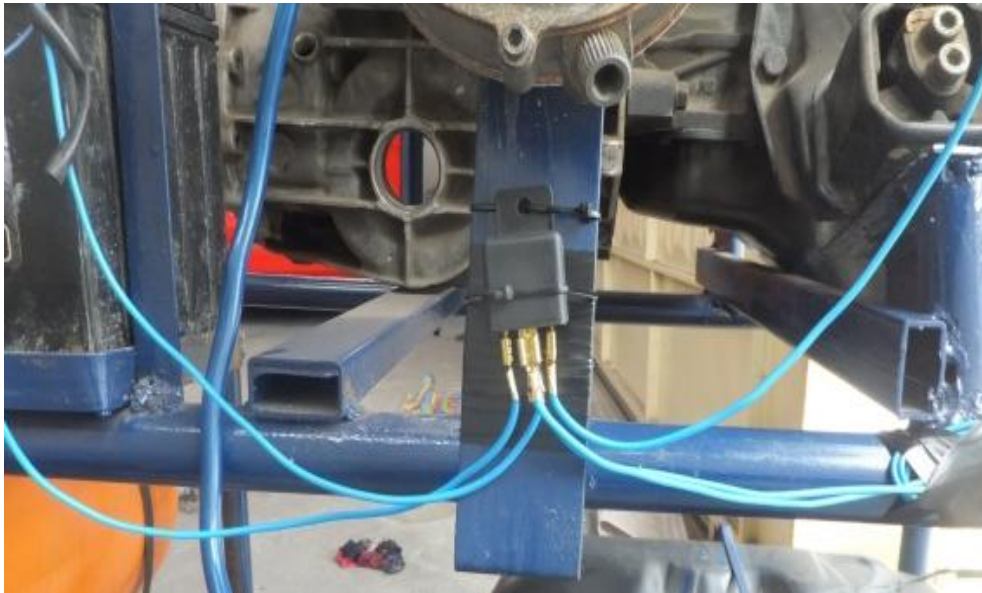
La conexión eléctrica del emulador de inyectores dentro del motor se hace de la siguiente manera:

- a.** Buscar los cables que van desde la computadora a los inyectores. Se corta los cables (en este caso 4 cables, ya que son 4 inyectores)
- b.** Separar los cuatro pares de terminales del mismo color (Amarillo, Rojo, Azul, Verde) que salen del emulador de inyectores.
- c.** Uno de los dos terminales del mismo color que salen del emulador posee una señal (una línea negra) la cual es un indicador que ese es el terminal de entrada de la señal del emulador, lo que indica que el terminal que no tiene la señal va a ser la salida de la señal del emulador.
- d.** Unir los terminales del emulador de inyectores con los de la computadora del motor.

4.3.3 *Instalación del relé.* Se escoge un lugar donde esté seguro y que sea de fácil visualización. Para la conexión eléctrica se siguen los siguientes pasos:

- a.** Conectar el relé en este caso de doble platina.
- b.** Para ponerlo en contacto con el sistema eléctrico, con la ayuda del multímetro se escoge de los cuatro cables que van desde el switch a la bobina el que tenga señal temporizada. Se corta el cable de señal temporizada.
- c.** Conectar los terminales amarillo y blanco del relé con las terminales del cable que viene del switch hasta la bobina con señal temporizada.
- d.** Conectar el terminal azul y negro del relé con el terminal azul del conmutador, del emulador y del solenoide de gas.
- e.** El cable negro debe ser conectado a masa del convertidor.

Figura 80. Conexión del relé



Fuente: Autor

4.4 Modificaciones a realizar para el correcto funcionamiento de un vehículo que utiliza GLP [35]

En lo que respecta al encendido, debido a que la temperatura de la cámara de combustión en el funcionamiento con gas se incrementa, se hace necesario utilizar bujías de un grado menor que tengan mayor capacidad para evacuar rápidamente el calor generado por la combustión, además se recomienda reducir la luz de la bujía a 0.6mm. Esto se debe a que la rigidez de la mezcla del aire/gas es mayor a la mezcla aire/gasolina.

A demás debido a que la temperatura de inflamación del gas es mayor, se recomienda tener un perfecto estado el sistema de encendido tomando en cuenta los siguientes consejos:

- Bobina de encendido de alto poder de ruptura.
- Cables de bujía en buen estado.
- Batería con la tención correcta.
- Sistema de carga en perfecto funcionamiento.

Otro tema a controlar es la adecuada curva de avance, debido a la baja velocidad del frente de llama, por lo que se debe adelantar el salto de la chispa en todo el régimen del motor (en motores a carburador). Los incrementos del avance son grandes, por ejemplo, para marcha en relatin se aconseja 22 grados y para alta rpm 30 grados antes del punto muerto superior PMS, la temperatura del motor sube en promedio de 10 a 15 grados centígrados con respecto a la temperatura de funcionamiento utilizando gasolina, por lo que es conveniente cambiar el termostato para que tenga una apertura a menor temperatura del líquido refrigerante. En lo que respecta al sistema de refrigeración.

4.5 Pasos de la instalación práctica puesta en marcha del motor [36]

- 1.- En primer lugar se revisa que el sistema de corriente del motor se encuentra en buenas condiciones. (Cables de bujías, bujías, sistema de encendido).
- 2.- Revisar el tipo de motor, su cilindrada y el sistema de alimentación que utiliza, para determinar qué sistema de GLP más adecuado, para conseguir el máximo rendimiento.
- 3.- Identificar las posibles conexiones de agua que van a servir para calentar el sistema de gas. En este caso se utiliza la bomba de agua para la calefacción y de igual manera la de entrada de agua al sistema de refrigeración.
- 4.- Se instala y se sujeta firmemente el vapor reductor de GLP en el habitáculo del motor, de forma vertical en un lugar espacioso y cercano al motor manteniendo siempre las tolerancias. Para que la instalación sea correcta hay que respetar las siguientes indicaciones:

- Colocar los elementos de tal modo que se pueda acceder a ellos, facilitando así su regulación y mantenimiento.
- Poner el evapore-ductor en una posición más baja respecto al nivel del agua del radiador.
- El tapón de purga del aceite no debe estar situado sobre el distribuidor o sobre la bobina de encendido.
- Con el fin de evitar que entren impurezas en el reductor, limpiar la tubería del GLP antes de conectarla.
- Controlar el funcionamiento del termostato verificando que el reductor-vaporizador se caliente rápidamente.
- En invierno poner anticongelante en el circuito.

- Cada vez que se vacié el circuito de refrigeración del motor habrá que reponer el nivel del líquido teniendo cuidado de eliminar completamente eventuales burbujas de aire que podrían impedir la circulación del agua de calefacción al el reductor.
- La salida del gas debe estar dirigida hacia arriba.

5.- Conectar las mangueras de refrigerante tanto de la entrada como la de salida, que van, desde el motor hacia el gasificador y viceversa.

6.- Instalar el mezclador de GLP sobre el múltiple de admisión de gasolina.

7.- Conectar el mezclador de GLP con el gasificador de GLP por medio de una cañería de goma, siguiendo el recorrido más corto posible, evitando curvas demasiado cerradas que no dejarían pasar el gas normalmente. En el centro de esta cañería se coloca la llave de regulación de la mezcla aire-gas.

4.6 Presión de GLP insuficiente [37]

Cuando el manómetro señala que la presión de funcionamiento ha disminuido de los 50 psi se nos indica que el volumen de GLP es insuficiente, y se necesitara recargar el tanque estacionario. Esto se podrá comprobar a través del medidor de nivel que se encuentra en el tanque.

El GLP del depósito se termina gradualmente en una distancia de 3 a 4 km y las prestaciones disminuyen progresivamente sin que el motor se apague de repente.

4.7 Ventajas y desventajas del uso del GLP [38]

4.7.1 Ventajas:

- Por ser más limpio que la gasolina, el gas vehicular disminuye en un 80% la emisión de tóxicos y partículas nocivas al ambiente, y reduce en un 50% los ruidos del vehículo.
- Debido a sus propiedades, el gas conserva limpios por más tiempo el aceite, las bujías y el sistema de escape. Por lo tanto, permite ahorrar un 50% con relación

a lo que se invierte en gasolina, 10% respecto al diesel, 70% en costos de sincronización y 40% en cambio de aceite y otros insumos.

- El gas genera menos calor que la gasolina en la cámara de combustión. Por eso el desgaste de las piezas móviles del motor es menor y, por tanto, su vida útil se aumenta a casi el doble.
- Usar GLP resulta incluso más seguro que disponer de gasolina, ya que en caso de escape éste se dispersa en el ambiente sin producir explosión, mientras la gasolina corre el riesgo de estancarse, siendo susceptible de inflamación con cualquier calentamiento.
- Un carro convertido a gas tiene la posibilidad de alternar dos tipos de combustibles, cambiando de gas a gasolina con sólo oprimir un interruptor. Esto permite que el conductor use un combustible u otro según su presupuesto.
- Es falsa la apreciación de que el gas daña las culatas del motor, ya que este problema se origina por reparaciones deficientes o partes de regular calidad.
- El beneficio de pasarse a gas lo sienten más quienes usan de modo intensivo su carro (como los taxistas) o quienes disponen de uno de alto cilindraje, ya que usan más combustible que quienes tienen vehículo en otras condiciones.
- Los motores a gas se encienden fácilmente en climas fríos y no sufren la acumulación de carbón, porque el gas es un combustible seco.

4.7.2 Desventajas:

- Espacio que ocupan las botellas o depósitos.
- El suministro es muy puntual.
- Políticamente está restringido su uso a vehículos en nuestro país.

4.8 Evaluación, pruebas de rendimiento y de funcionamiento del sistema [39]

Para las pruebas de funcionamiento de los motores a carburación e inyección electrónica, primero se procede a verificar si las conexiones de los elementos que componen el sistema de GLP están correctamente ajustadas para que no exista ninguna fuga. Para esto se realiza una prueba de estanqueidad, siguiendo los siguientes pasos:

Cargar el tanque de almacenamiento con una mínima cantidad de GLP.

Para verificar si las conexiones están correctamente ajustadas se procede a realizar la prueba primeramente con el sistema de carga de GLP, para esto se echa agua jabonosa en todas las conexiones para ver si existen fugas, de ser así, se procede a realizar los respectivos ajustes.

Figura 81. Verificación de conexiones



Fuente: Autor

En todas las conexiones se usara agua jabonosa poniéndola con la mano o con la ayuda de una brocha empapando el elemento para verificar si existen fugas en: la multiválvula, sistema de desfogue, filtro, evaporador regulador de presión, etc.

Una vez realizada la verificación de las conexiones, se procede a cargar el tanque de almacenamiento para lo cual se siguen los siguientes pasos:

1. Colocar la válvula industrial que se encuentra en el sistema de carga en el tanque doméstico.
2. Abrir la llave de entrada de la multiválvula.
3. Abrir la llave del sistema de desfogue, colocar una manguera en este caso sirve la de 16 mm. Y sumergirla en un balde de agua, esto con el fin de que se minimice el ruido que se produce durante el proceso.
4. Abrir la válvula by-pass del sistema de carga y poner el tanque domestico boca abajo.

Figura 82. Carga del depósito de GLP



Fuente: Autor

El tiempo de duración de carga del GLP durará aproximadamente 5 - 7 minutos, verificando que el tanque de almacenamiento se llene solo en un 80 % como máximo, para que no exista sobre presión y evitar posibles accidentes.

4.9 Análisis de niveles de contaminación

Esta prueba nos permite analizar cómo se está realizando el proceso de combustión en el motor, si se encuentra con mezcla rica o pobre. Para así poder realizar las regulaciones del caso.

Figura 83. Analisis de gases



Fuente: Autor

Por medio del analizador de gases se puede diagnosticar diferentes condiciones del estado del motor: Fallas mecánicas, fallas de encendido, fallas del carburador o de inyección de combustible.

En motores a inyección los valores de emisión de gases máximos expresados en porcentajes son los siguientes los mismos que son tomados de la norma NTE INEN 2 204:2002 de Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina (ANEXO F):

Tabla 8. Emisión de gases máximos en motores a inyección

CO (%)	2.50 Máximo
O ₂ (%)	3.00 Máximo
CO ₂ (%)	13.0 Mínimo
HC (PPM)	350 Máximo
NO _x (PPM)	0 Máximo

Fuente: Autor

Para realizar esta prueba hay que esperar que el motor este en su temperatura normal de funcionamiento para así poder obtener datos claros de las emisiones de gases. En nuestro caso en el estudio de análisis de gases arrojo los siguientes resultados:

Tabla 9. Análisis de gases de gasolina frente a GLP.

GASES	GASOLINA		GLP	
	ralentí	Acelerado	ralentí	Acelerado
CO	2.63 % Vol.	5.77% Vol.	0.24% Vol.	1.87% Vol.
CO ₂	4.20% Vol.	2.10% Vol.	3.9% Vol.	3.56% Vol.
CO corregido	5.78% Vol.	11.00% Vol.	0.66% Vol.	2,417% Vol.
HC	929 p.p.m.	1035 p.p.m.	280 p.p.m.	248 p.p.m.
O ₂	3.38% Vol.	2.7% Vol.	3.05% Vol.	2.88% Vol.
RPM	2400	3610	1040	3110
temperatura ambiente	20 ° C	20 ° C	20 ° C	20 ° C

Fuente: Autor

4.10 Análisis de rendimiento y costos de operación por combustible

4.10.1 Análisis de rendimiento. Para analizar el rendimiento del motor se efectuara pruebas utilizando un dinamómetro el mismo que indicara los valores de potencia y torque del motor. En la tabla 9 se puede observar los resultados obtenidos al realizar el análisis de potencia y torque.

Tabla 10. Análisis de potencia y torque máximos

COMBUSTIBLE	POTENCIA MÁXIMA	TORQUE MÁXIMO
GASOLINA	80.7 HP a 4780 r.p.m.	76.10HP a 4920 r.p.m.
GLP	89.07 lbf.ft a 2340 r.p.m.	75,20 lbf.ft a 2830 r.p.m.

Fuente: Autor

4.10.2 Análisis de costos entre combustibles. Si tomamos en cuenta que 1 Kg de GLP equivale a 0,38 galones, se tomara en consideración la siguiente observación se introducirá en el tanque de combustible un galón de gasolina súper y en tanque GLP de introducirá 2.7 kg de GLP y se dejara encendido en ralentí el motor por un periodo de tiempo y luego medimos cuanto se ha consumido se obtendrá el análisis de costos.

Esta prueba se la realizó tomando como referencia el tiempo y el consumo de los combustibles en el tiempo que se impuso, debido a que es un banco didáctico y la prueba no se la puede hacer en carretera como sería lo idóneo. La validación de la prueba se encuentra en el ANEXO G de validación de los análisis por parte de los ingenieros automotrices del Colegio Técnico Huasimpamba.

Tabla 11. Análisis de costos entre combustibles

Motor VW 1.4 GOL	Gasolina súper	GLP
Tiempo	4 horas	4 horas
Consumo	3 galones	4.80kg (1.83 galones)
Costo	5.94 dólares	3.84 dólares

Fuente: Autor

Para la obtención de estos datos se ha tomado en cuenta el costo de los combustibles:

Tabla 12. Costo de los combustibles

COMBUSTIBLES	Costo
GLP sin subsidio	12 dólares los 15 Kg
Gasolina súper	1.98 dólares el galón

Fuente: Autor

CAPITULO V

5. MANUAL DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO LIBRE DE RIESGOS DEL SISTEMA GLP

5.1 Aspectos de seguridad

Para realizar la conversión de una manera segura se debe tener en cuenta las seguridades en los distintos ámbitos de la conversión a continuación se detallara cada uno de ellos.

5.2 En el centro de servicio [40]

El centro de servicio donde se realice las conversiones GLP debe constar de medidas de seguridad para evitar accidentes entre estas:

1. Debe constar de una suficiente ventilación.
2. Debido a que el GLP en forma gaseosa, es más pesado que el aire, el lugar donde se esté realizando el mantenimiento, no debe estar por debajo del nivel de la calle.
3. No se debe fumar en el sitio donde se esté realizando el trabajo.
4. Los talleres, podrán intervenir en el depósito de combustible gaseoso, únicamente si posee un quemador que permita desgasificar el sistema.

5.2.1 *Para efectuar los ensayos deberán poseer como mínimo lo siguiente:*

- Manómetro cuyo rango de presión sea el adecuado para esta labor.
- Patrón para control del manómetro de medición.
- Analizador de gases de combustión.
- Manómetro de baja presión.
- Dinamómetro.
- Tacómetro (o medidor de revoluciones del motor).
- Medidor de compresión de cilindro del motor.
- Explosímetro.
- Torquímetro para control de ajuste.

- Equipo para ensayo hidráulico.
- Equipo para ensayo neumático
- Vacuómetro
- Compresómetro
- Línea de aire comprimido LIMPIO y SECO (sin presencia de residuos, aceite, humedad etc.)Para prueba de fugas.

5.3 Del operario [41]

El operario debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Debe haber seguido una formación técnica sobre la instalación de sistemas GLP por personal calificado específicamente en el tema.
2. El operario, no debe llevar ropa acrílica, que genere electricidad estática.
3. Se deberá usar guantes y gafas ya que el contacto con el GLP, puede provocar, quemaduras, debido al congelamiento por descompresión.
4. El operario deberá utilizar la herramienta adecuada para evitar daños en el sistema, y no provocar accidentes personales.

El operario no está permitido realizar:

- a. Conexiones ubicadas en lugares poco accesibles.
- b. La ubicación de tuberías o cañerías donde pueda acumularse gas, por pérdidas no detectadas.
- c. El enchufe de manguitos, y utilizar materiales diferentes al bronce o al acero.
- d. Uniones utilizando caños que contienen rosca derecha e izquierda en la misma pieza.
- e. El curvado de cañerías o tuberías, donde dicha operación debilite a aquellos elementos.
- f. Empalmes utilizando nipples cerrados o muy próximos unos de otros.
- g. Cortes en la estructura, reduciendo su resistencia, con el propósito de instalar cañerías, tuberías o mangueras y desviándolos del objetivo para el cual fueron diseñadas.
- h. Reparaciones de defectos en la línea que canaliza el GLP.

5.4 Del sistema de GLP [42]

Para la instalación del sistema se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se requiere del uso de racores, empaques, manguitos y conductos de alta calidad que deben ser compatibles con el GLP. (Gomas sintéticas, piezas homologadas).
- En cada uno de los elementos constituyentes del sistema, se revisara la estanqueidad del mismo utilizando un producto espumoso
- Los depósitos cuentan con una válvula de seguridad que regula la presión del GLP, en caso que ésta suba, por efecto de una temperatura excesiva. Además la válvula de alimentación al motor está asegurada contra roturas en el circuito, pues se cierra inmediatamente si se produjera un cambio brusco en el caudal del GLP. Así también, la válvula de llenado se detiene automáticamente al llegar a cierto nivel, asegurando una óptima proporción entre GLP líquido y gaseoso.
- Los depósitos son fabricados con planchas de acero especial de espesores 2,5 ó 3,0 mm. Que son más de tres veces los espesores utilizados en el tanque de gasolina. En consecuencia, ante un impacto externo, los depósitos de GLP sufrirán un daño varias veces menor que el tanque de gasolina. Además, son probados al 100%, con una presión de 45 kg/cm² (su presión de trabajo no alcanza a 7 kg/cm²). Cabe indicar que el diseño de los mismos permite soportar presiones superiores a 125 kg/cm², sin presentar roturas.
- Ante una desconexión abrupta de las tuberías de gas, por un fuerte impacto externo, las válvulas del depósito, automáticamente cierran el paso del GLP, evitando fugas.
- Después de instalado el equipo, por norma del fabricante, se revisan tres veces las conexiones, a fin de verificar la inexistencia de fugas en todo el sistema
- La evolución técnica en el diseño de los equipos, hace que la alimentación del GLP en estado gaseoso al motor, sea muy eficiente y absolutamente exenta de fallas y combustiones a destiempo.
- Las tuberías utilizadas son de cobre con pared muy gruesa y protegidas con un revestimiento de plástico contra impactos externos. Estas tuberías cumplen con las normas europeas sobre el particular. Adicionalmente, estas tuberías de cobre están protegidas por un tubo de plástico duro, que impide sufran deformaciones

por efecto del movimiento de bultos dentro de la maletera, que es el lugar donde se instalan normalmente los depósitos

5.5 En el vehículo durante la intervención [44]

Realizar una revisión del estado del motor principalmente los siguientes aspectos:

5.5.1 Estado del funcionamiento del motor. El funcionamiento del motor en el auto se debe encontrar con un buen estado de ralentí, no presentar fallas durante su prueba en pista o carretera.

5.5.2 Sistema de alimentación de gasolina. El sistema de alimentación de combustible puede ser mediante inyectores (multipunto), cada uno de los inyectores no debe presentar ninguna avería y su desempeño debe ser óptimo. En el caso de los carburados debe contar con un buen hermetismo entre el Venturi y la mariposa.

5.5.3 Sistema eléctrico y de encendido del motor. El sistema eléctrico se debe encontrar intacto y no presentar nada inusual; en cuanto al encendido se reemplazarán las bujías y los cables de bujía. Las bujías serán reemplazadas por otras de 4 electrodos y los cables por unos nuevos ya que tenemos que asegurar un buen abastecimiento de corriente a las bujías.

5.5.4 Sistema de refrigeración del motor. En la medida de lo posible el motor deberá poseer el termostato del sistema de circulación de refrigerante, esto ayudará a que alcance rápidamente la temperatura ideal. Las mangueras de refrigeración (agua) se deben encontrar en muy buenas condiciones.

5.5.5 Sistema de distribución de gases. Las mangueras de reciclamiento de gases (desfogue del motor a la manguera de admisión) se deben encontrar en perfectas condiciones. Revisión preliminar de un vehículo antes de la instalación de un sistema GLP.

5.5.6 *Líneas de admisión de aire.* Todas las líneas de admisión no deberán fugas ni admisión de aire por lugares indebidos. Cada manguera se encontrará debidamente asegurada y deberá mantenerse así para garantizar su hermeticidad.

5.5.7 *Línea de los gases de escape.* Los gases de escape deben realizar una buena evacuación, los tubos de escape se encontrarán en buenas condiciones.

5.5.8 *Información técnica necesaria del vehículo.* Obtener la información técnica necesaria del vehículo principalmente los siguientes aspectos:

- a. Número de cilindros
- b. Relación de compresión
- c. Potencia del motor
- d. Cilindrada del motor
- e. Tipo y características del sistema de alimentación del motor.
- f. Diagrama del circuito eléctrico y/o electrónico del motor

Cualquier vehículo que funcione a gasolina técnicamente puede ser adaptado para el uso de Gas GLP o AutoGas como carburante, sea cual sea su uso siendo posible tanto en vehículos nuevos como usados.

5.6 Del propietario del vehículo [45]

El propietario deberá realizar mantenimientos periódicos del sistema cada 15.000Km. En el ANEXO H de tablas de mantenimiento se encuentran tablas que nos ayude a llevar el correcto mantenimiento del sistema, siendo obligatoria la verificación de los dispositivos en dicha verificación se revisaran fugas, anclajes y distancias mínimas.

5.7 Mantenimiento del motor alimentado con GLP [46]

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

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

- 1.- Control de las condiciones de la tubería principal y de los componentes relativos.
- 2.- Verificación de la presión de la primera fase y de la intermedia del reductor.
- 3.- Control de las condiciones, del tubo flexible de la presión baja.
- 4.- Controlar que no se haya acumulado suciedad en el orificio de compensación de la presión ejercida sobre la membrana.
- 5.- Control de la instalación eléctrica para que sea eficiente y que las conexiones no estén oxidadas (cada 10.000kms aprox).
- 6.- Revisión general del reductor-vaporizador utilizando repuestos originales para asegurarse que no haya depósitos aceitosos (cada 50.000kms aprox).
- 7.- Cada cinco años, se deberá realizar una prueba hidráulica en los depósitos de GLP, esta prueba se debe realizar a 300bar.

5.7.1 *Mantenimiento programado.* El mantenimiento de los dispositivos, al igual que cualquier otro componente del vehículo, es una condición indispensable para garantizar la eficiencia y la seguridad de la instalación. Además la ejecución de los controles de mantenimiento permite prolongar la duración y la funcionalidad de todos los dispositivos contribuyendo a reducir los costes de gestión.

Las inspecciones están programadas cada 15.000 km y permiten mantener la plena eficiencia la instalación. Obviamente estos controles no sustituyen las intervenciones previstas por los Fabricantes de Automóviles que tendrán que ser realizados con los intervalos previstos por los mismos. Con este propósito se aconseja llevar a cabo el control en la instalación después de haber realizado la intervención prevista por el Fabricante evitando de este modo la repetición de algunas operaciones.

5.8 Diagnóstico de averías [47]

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 GLP 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:

- Sistema de encendido.
- Sistema de arranque.
- Batería.
- Posibles problemas en la aspiración del aire.
- Condiciones del motor.
- Alimentación carburante.

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

Tabla 13. Averías-soluciones

Averías	Soluciones
a. El motor no funciona ni a gas ni a gasolina	<p>Controlar si las electroválvulas se conectan.</p> <p>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.</p>
b. El motor funciona a gas pero no a gasolina.	<p>Verificar que la electroválvula del gas se halle abierta y la de la gasolina, cerrada.</p> <p>Examinar las conexiones eléctricas.</p> <p>Si el coche ya ha funcionado con gas, verificar que no haya impurezas que obstruyan la apertura de la electroválvula de la gasolina.</p> <p>Verificar el funcionamiento de la bomba de la gasolina.</p> <p>Controlar el carburador, la válvula de aguja y la cubeta.</p>
c. El motor funciona a gasolina pero no a gas.	<p>Verificar que la llave de paso de la multiválvula esté abierta.</p> <p>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.</p> <p>Verificar que la electroválvula de la gasolina esté cerrada y la del gas abierta; al girar la llave de contacto con la posición del</p>

	<p>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.</p> <p>Controlar que cuando se vacíe la cubeta, no salga más gasolina.</p>
d. El motor funciona a gas pero con marcha lenta irregular.	<p>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.</p> <p>Efectuar los controles mencionados en el punto c.</p>
e. El motor funciona a gas pero la aceleración no es buena.	<p>Verificar que el tubo del gas que une el reductor al mezclador no esté roto o aplastado.</p> <p>Examinar la carburación, la idoneidad del sistema de mezclado.</p> <p>Mirar que la tubería G.L.P. de la presión alta no esté aplastada.</p>
f. El motor funciona a gas pero no alcanza la potencia máxima.	<p>Efectuar los controles indicados en el punto e.</p> <p>Controlar el circuito de calefacción del reductor (que el agua sea suficiente, las tuberías, la válvula termostática).</p>
g. El motor funciona a gas pero con un consumo muy alto	<p>Controlar, limpiar o reemplazar el filtro del aire.</p> <p>Controlar la carburación al mínimo y al máximo.</p> <p>Controlar el avance.</p>

Fuente: Manual de Instalación LOVATO

CAPÍTULO VI

6. OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

6.1 Introducción

En este capítulo se encontrara recomendaciones para utilizar el banco didáctico de una forma correcta y alargar la vida útil del mismo.

6.2 Manual del usuario para el banco didáctico

Este manual está dirigido para las personas que pongan en funcionamiento el banco didáctico tomando en cuenta las siguientes recomendaciones.

Figura 84. Banco didáctico



Fuente: Autor

Este banco didáctico está equipado con un sistema de combustible dual que le permite funcionar ya sea con gasolina o con GLP, según le convenga. Este sistema contiene puntos que requieren de su atención especial por ser requeridos para la operación normal:

- Un cilindro de almacenamiento de GLP el mismo que se verificar que contenga GLP en el indicador de la válvula.

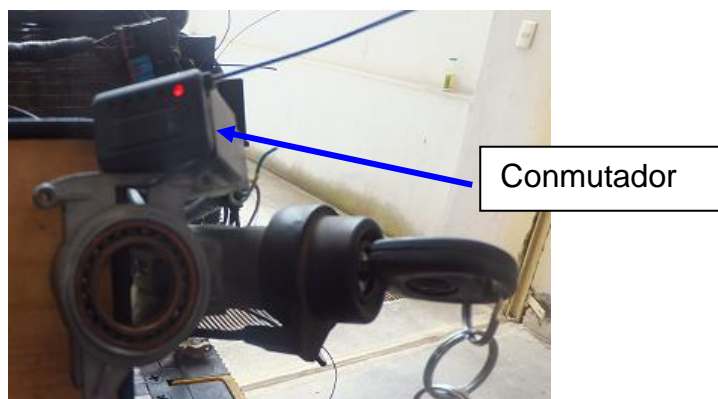
Figura 85. Indicador de la válvula



Fuente: Autor

- Un interruptor en el tablero para cambio de gas a gasolina y viceversa (interruptor de conmutación) el mismo que debe estar en la posición a gasolina primero y luego de unos 3 minutos pasarla a GLP.

Figura 86. Interruptor de conmutación



Fuente: Autor

- Utilizar solo la llave de encendido que viene con el banco didáctico ya que no encendería por ningún motivo con una llave diferente.

Figura 87. Llave de encendido



Fuente: Autor

- Verificar que el sistema de refrigeración tenga refrigerante debido a que este evitara daños en el motor y en el reductor.

Figura 88. Sistema de refrigeración



Fuente: Autor

- Para el correcto funcionamiento del sistema y prevenir un daño a la bomba eléctrica del vehículo, se recomienda no dejar el tanque de gasolina con menos de un cuarto del tanque.
- Si enciende el motor con GLP estando el tanque de gasolina en la reserva, ocasionará que se queme la bomba de combustible
- No encienda el motor directamente con gas ni lo haga si el sistema de gasolina se encuentra en la reserva ya que dañará permanentemente la bomba de gasolina.
- No dejar el banco didáctico a la intemperie ya que puede producir oxidación en los elementos metálicos y daños en los elementos eléctricos que el mismo contiene.
- Evitar golpes en los distintos elementos ya que los mismos podrían dejar de funcionar.

6.3 Llenado del sistema de GLP [48]

Figura 89. Llenado del sistema de GLP



Fuente: Autor

- Colocar la válvula industrial que se encuentra en el sistema de carga en el tanque doméstico.
- Abrir la llave de entrada de la multiválvula.
- Abrir la llave del sistema de desfogue, colocar una manguera en este caso sirve la de 16 mm. Y sumergirla en un balde de agua, esto con el fin de que se minimice el ruido que se produce durante el proceso.
- Abrir la válvula by-pass del sistema de carga y poner el tanque domestico boca abajo.
- Llenar el tanque de GLP solo hasta el 80%

¡ADVERTENCIA!

El sistema dual de combustible de GLP y gasolina, por ser un sistema a alta presión, sólo puede ser modificado por los Distribuidores y Centros de Servicio autorizados. Por favor no intente modificar, sustituir o desmontar ningún componente ya que puede ocasionar un accidente o un mal funcionamiento del motor.

6.4 Guía básica de mantenimiento del banco didáctico [49]

El mantenimiento que le brinde al mismo hará que la vida útil del banco didáctico se prolongue.

Existen fundamentalmente tres tipos de mantenimiento:

6.4.1 *Mantenimiento correctivo.* aquel en el que se reparan las diferentes partes del vehículo en el momento en que dejan de funcionar o empiezan a fallar.

6.4.2 *Mantenimiento preventivo.* consiste en seguir las instrucciones del fabricante, que se detallan en el manual del vehículo por tipo de servicio y los espacios de tiempo en que deben realizarse las operaciones de mantenimiento.

6.4.3 *Mantenimiento predictivo.* Cuando se realizan diagnósticos o mediciones que permiten predecir si es necesario realizar correcciones o ajustes antes de que ocurra una falla.

6.5 Revisiones o inspecciones

Las inspecciones de funcionamiento, ajustes, reparaciones, limpieza, lubricación entre otros deben llevarse a cabo en forma periódica mediante un plan establecido de forma mensual, semestral o anual o cada vez que se utilice el banco didáctico.

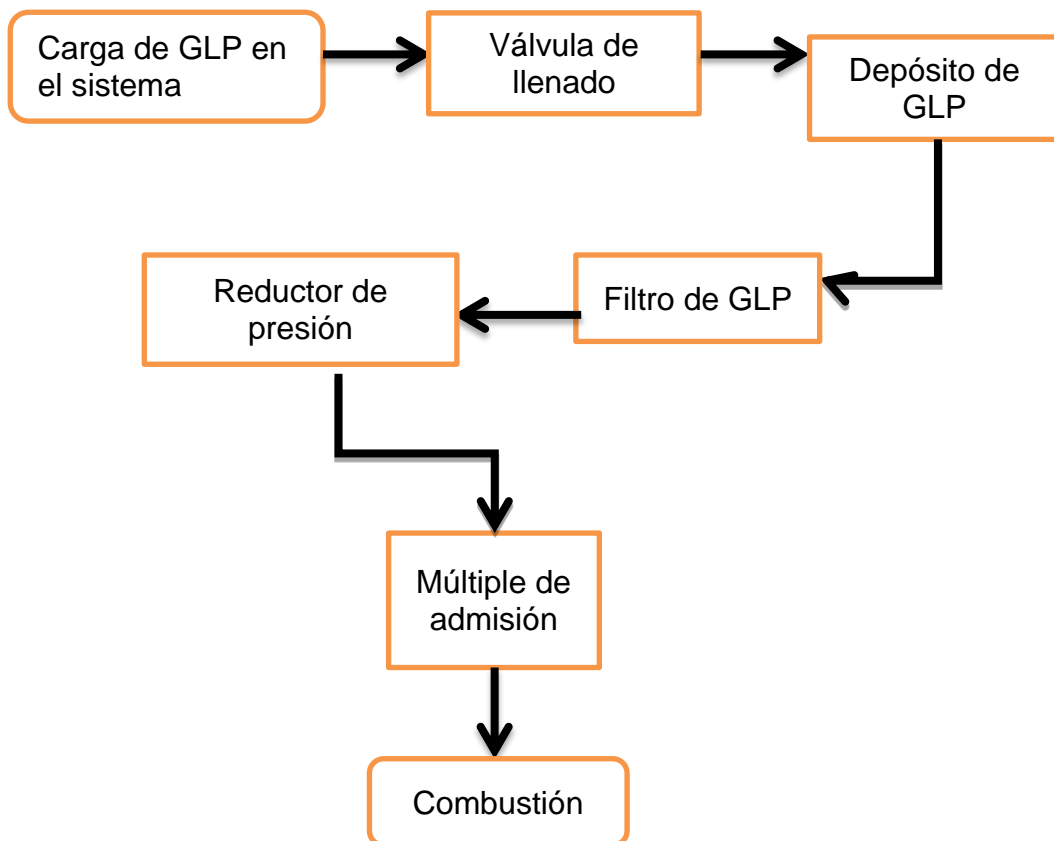
- Las fajas o bandas del alternador o de la distribución. Verifiqué quebraduras o espesores y reemplácelas en caso de ser necesario.
- Si la batería tiene tapones removibles, revise el nivel de agua, el cual debe estar por encima de las celdas, pues éstas deben permanecer sumergidas en el líquido.
- Revise las terminales de la batería, si muestran corrosión límpielas con un cepillo de alambre si es necesario. Reemplace cualquier cable dañado de manera inmediata. Asegúrese de que las gasas estén firmemente sujetas al borne.
- Revise los niveles del aceite del motor. Cuando realice el cambio, también reemplace el filtro de aceite
- El cambio de aceite se lo debe realizar por medio de una inspección visual del mismo.
- Inspeccione visualmente el radiador para detectar fugas o superficies dañadas.
- Revise el nivel del líquido refrigerante en el radiador, rellene si es necesario con refrigerante, el depósito.
- Las bujías deben mantenerse libres de carbón y suciedad ya que el buen estado de este sistema incide en la calidad de la combustión del vehículo y por ende reduce las emisiones al aire.
- Verificación del estado de la carrocería en la zona de fijación de los elementos del sistema GLP.
- Verificación de la fijación y de la integridad del depósito de GLP, válvula de cilindro y tuberías (alta presión) y mangueras (baja presión) de GLP.
- Verificación de la instalación eléctrica del sistema GLP (cables, conexiones, estanqueidades).

- Verificación de la estanqueidad de los empalmes del sistema GLP (agua, gas).
- Mantenimiento regulador de presión (limpieza del filtro de alta presión).

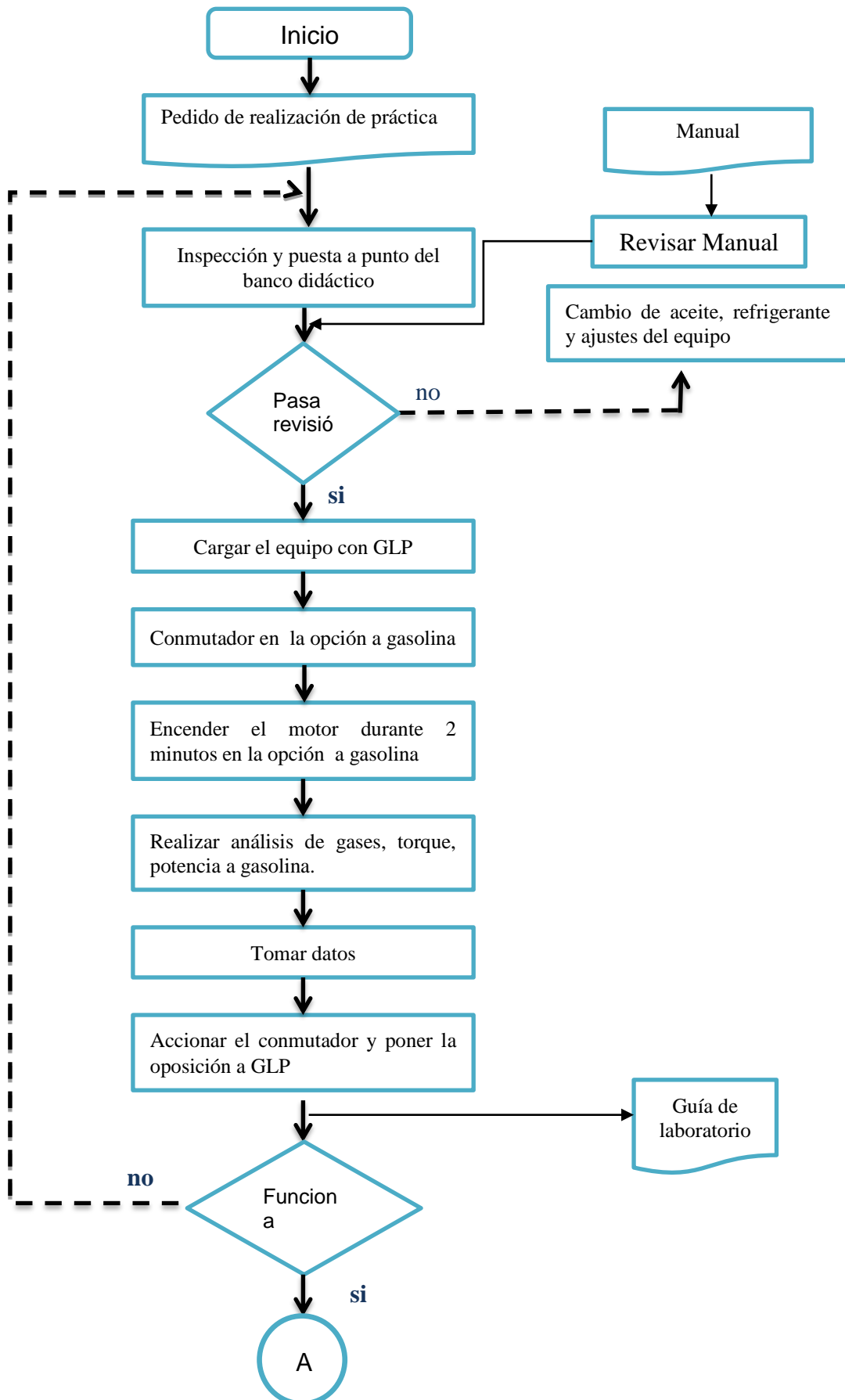
6.6 Guía de laboratorio del banco didáctico

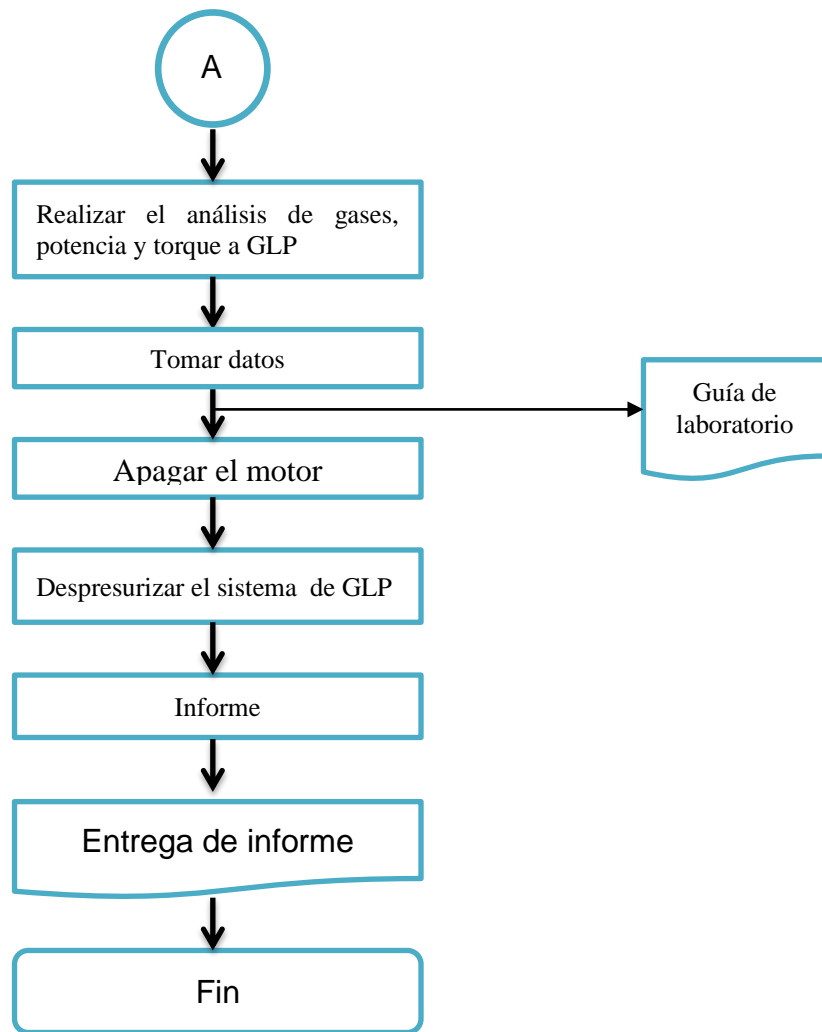
La guía de laboratorio nos facilitara el análisis y práctica del funcionamiento de los sistemas de alimentación a GLP. En el ANEXO I de guía de laboratorio se encontrara un modelo básico del documento.

6.7 Flujo del GLP en el sistema de alimentacion



6.8 Flujograma de puesta en funcionamiento del banco didáctico





CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA CONVERSIÓN

7.1 Introducción

En este capítulo se analizará los costos de conversión en un vehículo, no olvidemos que dichos costos variaran de acuerdo al tipo de vehículo que se va a convertir.

7.2 Costos del kit a GLP [50]

El costo del kit de GLP para la conversión en vehículos puede variar de acuerdo a:

- La marca del kit a utilizar
- Al tipo de alimentación que tenga el vehículo (carburador o inyección)

En el banco didáctico se utilizó un kit de marca LOVATO este equipo tiene un costo aproximado de 1200 dólares.

7.3 Costos de mano de obra para la conversión

El montaje se hace en aproximadamente de 8 a 12 horas, ya sea en vehículos con carburador, inyección monopunto o multipunto, y no es necesario realizar modificaciones en el vehículo, de forma tal que luego se puede desmontar el sistema y el vehículo queda igual que antes de la instalación.

El costo de instalación en el país por no haber muchos talleres instaladores fluctúa entre 250 y 300 dólares.

7.4 Costos de mantenimiento del sistema.

El mantenimiento de los vehículos de GLP es más económico debido a que la combustión del GLP no produce residuos carbonosos, reduciendo el desgaste del motor y prolongando la vida útil del aceite.

Los componentes adicionales necesarios para el uso del GLP son poco susceptibles de averiarse; en caso de que esto suceda, reemplazarlos resulta sencillo y barato.

Se puede afirmar que el uso de GLP no sólo implica un menor gasto de mantenimiento, sino que además prolonga la vida útil del motor.

7.5 Costos del combustible (GLP) para funcionamiento [51]

El precio de venta del GLP envasado en el Ecuador está fuertemente subvencionado por el Estado, el subsidio es aproximadamente de 0,69 dólares por kilogramo de GLP el costo del kilogramo DE GLP sin subsidio seria de 0,80 dólares esto según la información del Banco Central Del Ecuador .

Tabla 14.Costos del combustible (GLP) para funcionamiento

Combustible	Costo en dólares del kilogramo
GLP subsidiado	0,11
GLP sin subsidio	0,80

Fuente: Banco Central del Ecuador

7.6 Costo directo e indirecto para la conversión.

En la actualidad para realizar este tipo de conversión el costo aproximado será de:

Tabla 15. Costo directo e indirecto para la conversión

Costo Directo	Dólares
Kit de conversión a GLP	1200.00
Mano de obra	300.00
Equipos	320.00
Costo Indirecto	
Imprevistos	182.00
Total	2002.00

Fuente: autor

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Se construyó un banco didáctico para el funcionamiento y reconocimiento de partes de un sistema de alimentación por (GLP) en un motor de explosión interna de marca VW gol 1.4 que servirá para difundir de mejor forma los conocimientos a los compañeros estudiantes de ingeniería automotriz.

En este documento se pudo detallar y diferenciar las claramente las ventajas que tiene el usar GLP con respecto a la gasolina en los motores de combustión interna.

Se enumeró los principales sistemas de alimentación encontrados en la mayoría de los vehículos, así como se detalló su funcionamiento básico de cada uno de los mismos.

Se enumeró y detallo las calibraciones que se debe considerar en los elementos que componen el sistema de alimentación a GLP.

Se instaló los elementos necesarios en un motor a inyección electrónica utilizando los métodos adecuados de conversión y cumpliendo con las especificaciones del equipo.

Detallamos las consideraciones que se debe tomar en cuenta para evitar los accidentes en el momento de la conversión y durante toda la vida útil del equipo.

Se realizó un manual técnico de la forma correcta de la utilización del equipo, estableciendo tiempos de mantenimiento para alargar la vida útil tanto del equipo como del vehículo.

Se elaboró guías de laboratorio para que los estudiantes de ingeniería automotriz realicen prácticas y amplíen sus conocimientos sobre el sistema de alimentación a GLP y puedan realizar el reconocimiento de las partes funcionamiento y realizan los análisis de combustión, potencia y torque y determinen sus ventajas y desventajas.

8.2 Recomendaciones

Durante la construcción del banco didáctico se debe se recomienda utilizar los materiales y equipos para su construcción para evitar daños en los equipos y el operario.

Se recomienda utilizar el equipo de conversión de forma correcta y realizar los ajustes pertinentes en el aupó de alimentación a GLP para obtener las ventajas mencionadas en este documento.

Para ampliar información sobre los sistemas de alimentación de inyección es recomendado utilizar libros y manuales específicos del tema.

Se recomienda que la calibración de los elementos del equipo ya que si dichas calibraciones no se realizan de la forma adecuada el equipo no puede funcionar o funcionaria con fallas.

Para la conversión del sistema es necesario utilizar equipos de conversión que estén homologados y cumplan con las exigencias que este va a soportar utilizando procedimiento que en un futuro pueda ocasionar accidentes.

Para las conversiones futuras en este documento se puede encontrar todos los aspectos necesarios a tomar en cuenta para realizar una conversión con éxito y libre de toda eventualidad.

Se recomienda utilizar el manual técnico para poner en funcionamiento el banco didáctico y así poder realizar las prácticas y ampliar los conocimientos los estudiantes de la escuela de ingeniería automotriz.

Es recomendable utilizar la guía de laboratorio para tener un conocimiento de la práctica y sacar nuestras propias conclusiones sobre los beneficios del GLP

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RUEDA, Jesús. Manual técnico De Fuel Injection. 5^{ta} Edición. México. Diseli.2011. Pág.68-72.
- [2] GERSCHLER, y otros. Tecnología del automóvil. 20va edición. Barcelona. 2005. Pág.251-255.
- [3] RUEDA, Jesús. Manual técnico De Fuel Injection. 5^{ta} Edición. México. Diseli.2011. Pág.74-78.
- [4] RUEDA, Jesús. Manual técnico De Fuel Injection. 5^{ta} Edición. México. Diseli.2011. Pág.80-86
- [5] LABARTHE, Luis y otros. GLP y Aplicaciones. Unica. 2009. Pág. 9-16
- [6] GRUPO DE AUTORES TÉCNICOS INSTALADORES DE SEDIGAS. Manual Para Instaladores Autorizados De Gas. 2ª edición. Perú. 2011. Pág. 18-23.
- [7] LABARTHE, Luis y otros. GLP y Aplicaciones. Unica. 2009. Pág. 36-39.
- [8] <http://www.motorglp.com>
- [9] YUGLA, Diego. Análisis Comparativo de Parámetros Característicos y Adaptación de un Sistema GLP al Motor Suzuki 1.6 Inyección Gasolina del Vehículo Vítara 5 Puertas. Ecuador. 2008. Pág.61-69
- [10] GERSCHLER, y otros. Tecnología del automóvil. 20va edición. Barcelona. 2005. Pág.25.28
- [11] <http://www.motorglpperu.com/equipo.htm>
- [12] <http://www.lovatogas.com>
- [13] POMATTA, y otros. Instalaciones de Combustibles Gaseosos. Italia. 2008. Pág.42.45.
- [14] LOVATO, Autogas. Manual de Instalación GLP. Italia. 2008. Pág.8-12
- [15] GRUPO DE AUTORES TÉCNICOS. Manual de Conocimientos Prácticos para instaladores de gas. España. 2007. Pág.29-33
- [16] GRUPO DE AUTORES TÉCNICOS. Manual de Conocimientos Prácticos para instaladores de gas. España. 2007. Pág.36.38
- [17] <http://www.mercagas.com>
- [18] LOVATO, Autogas. Manual de Instalación GLP. Italia. 2008. Pág.13-15
- [19] LOVATO, Autogas. Manual de Instalación GLP. Italia. 2008. Pág.15-19
- [20] BRC GAS EQUIPMENT. Manual para el Instalador “Justo”. Pág. 22-23
- [21] <http://www.worldlpgas.com>

- [22] <http://www.lovatogas.com>
- [23] <http://www.worldlpgas.com>
- [24] LOVATO, Autogas. Manual de Instalación GLP. Italia. 2008. Pág.21
- [25] LOVATO, Autogas. Manual de Instalación GLP. Italia. 2008. Pág.23-26
- [26] LÓPEZ, José. Manual de Instalaciones de GLP. Perú. 2006. Pág.17-19
- [27] LÓPEZ, José. Manual de Instalaciones de GLP. Perú. 2006. Pág. 27-31
- [28] <http://www.motorglp.com>
- [29] <http://www.motorglp.com>
- [30] BRC GAS EQUIPMENT. Manual para el Instalador “Justo”. Pág. 34-35
- [31] SÁNCHEZ, Albert y SORIANO, Albert. Edición Comentada Del Reglamento Técnico De Combustibles Gaseosos. Argentina. Año 2008. Pág. 51-53.
- [32] NTE INEN 2 311:2008. 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. 1ra revisión. Ecuador. 2008. Pág.2-9.
- [33] YUGLA, Diego. Análisis Comparativo de Parámetros Característicos y Adaptación de un Sistema GLP al Motor Suzuki 1.6 Inyección Gasolina del Vehículo Vitara 5 Puertas. Ecuador. 2008. Pág.87-94.
- [34] YUGLA, Diego. Análisis Comparativo de Parámetros Característicos y Adaptación de un Sistema GLP al Motor Suzuki 1.6 Inyección Gasolina del Vehículo Vitara 5 Puertas. Ecuador. 2008. Pág.98.105.
- [35] <http://www.motorglp.com>
- [36] YUGLA, Diego. Análisis Comparativo de Parámetros Característicos y Adaptación de un Sistema GLP al Motor Suzuki 1.6 Inyección Gasolina del Vehículo Vitara 5 Puertas. Ecuador. 2008. Pág.108-111.
- [37] POMATTA, y otros. Instalaciones de Combustibles Gaseosos. Italia. 2008. Pág. 44
- [37] <http://megagas.com>
- [39] YUGLA, Diego. Análisis Comparativo de Parámetros Característicos y Adaptación de un Sistema GLP al Motor Suzuki 1.6 Inyección Gasolina del Vehículo Vitara 5 Puertas. Ecuador. 2008. Pág.115-123
- [40] <http://www.fichasdeseguridad.com>
- [41] <http://www.fichasdeseguridad.com>
- [42] <http://www.fichasdeseguridad.com>
- [43] <http://www.fichasdeseguridad.com>

- [44] <http://www.fichasdeseguridad.com>
- [45] <http://www.fichasdeseguridad.com>
- [46] GRUPO DE AUTORES TÉCNICOS. Manual de Conocimientos Prácticos para instaladores de gas. España. 2007. Pág. 41-45.
- [47] GRUPO DE AUTORES TÉCNICOS INSTALADORES DE SEDIGAS. Manual Para Instaladores Autorizados De Gas. 2ª edición. Perú. 2011. Pág. 51-55.
- [48] GUALTIERI, Pablo. Manual de GNC.1ra Edición. Artes Gráficas Negri. Buenos Aires Argentina 2010. Pág. 63-65.
- [49] GUALTIERI, Pablo. Manual de GNC.1ra Edición. Artes Gráficas Negri. Buenos Aires Argentina 2010. Pág. 72-74
- [50] <http://www.ircongas.com/index.html?msgOrigen=95&msgValor=0&formulario=Presupue>
- [51] <http://www.petrocomercial.com>

BIBLIOGRAFÍA

- BRC GAS EQUIPMENT. Manual para el Instalador “Justo”.
- GERSCHLER, y otros. Tecnología del automóvil. 20^{va} edición. Barcelona. 2005
- GRUPO DE AUTORES TÉCNICOS INSTALADORES DE SEDIGAS. Manual Para Instaladores Autorizados De Gas. 2^a edición. Perú. 2011
- GRUPO DE AUTORES TÉCNICOS. Manual de Conocimientos Prácticos para instaladores de gas. España. 2007.
- GUALTIERI, Pablo. Manual de GNC.1^{ra} Edición. Artes Gráficas Negri. Buenos Aires Argentina 2010
- LABARTHE, Luis y otros. GLP y Aplicaciones. Unica. 2009.
- LÓPEZ, José. Manual de Instalaciones de GLP. Perú. 2006
- LOVATO, Autogas. Manual de Instalación GLP. Italia. 2008
- NTE INEN 111:1998 .Cilindros de Acero Soldados para Gas Licuado de Petróleo “GLP”. Requisitos. 5^{ta} Revisión. Ecuador. 1998.
- NTE INEN 2 204:2002. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina. 1^{ra} revisión. Ecuador. 2002.
- NTE INEN 2 311:2008. 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. 1^{ra} revisión. Ecuador. 2008.
- NTE INEN 675:1982. Gas Licuado de Petróleo. Requisitos. Ecuador. 1982.
- POMATTA, y otros. Instalaciones de Combustibles Gaseosos. Italia. 2008
- RUEDA, Jesús. Manual técnico De Fuel Injection. 5^{ta} Edición. México. Diseli.2011.
- SÁNCHEZ, Albert y SORIANO, Albert. Edición Comentada Del Reglamento Técnico De Combustibles Gaseosos. Argentina. Año 2008.
- YUGLA, Diego. Análisis Comparativo de Parámetros Característicos y Adaptación de un Sistema GLP al Motor Suzuki 1.6 Inyección Gasolina del Vehículo Vitara 5 Puertas. Ecuador. 2008

LINKOGRAFÍA

APLICACIONES DEL GLP A MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

<http://www.motorglp.com>

2012-08-26

CARACTERÍSTICAS DEL GLP

<http://www.ecigas.com.ar/caracteristicas.htm>

2012-07-25

CONEXIONES DEL SISTEMA AUTOGAS

<http://www.cise.com>

2012-06-14

EQUIPOS DE INSTALACIÓN A GLP

<http://www.mercagas.com>

2012-10-16

IMÁGENES DEL SISTEMA DE AUTOGAS

<http://www.images.google.com.pe/>

2012-06-20

INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DE GLP

<http://www.worldlpgas.com>

2012-07-24

NORMAS TÉCNICAS INEN

[http://www.inen.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=206
&Itemid=62](http://www.inen.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=206&Itemid=62)

2012-09-15

PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES EN EL ECUADOR

<http://www.petrocomercial.com>

2012-11-10

PRECIOS DE LOS EQUIPOS A GLP

<http://www.ircongas.com/index.html?msgOrigen=95&msgValor=0&formulario=Presupue>
2012-09-13

PARTES DE UN SISTEMA AUTOGAS

<http://www.lovatogas.com>
2012-08-26

SEGURIDAD EN LA INSTALACIÓN DE VEHÍCULOS A GLP

<http://www.fichasdeseguridad.com>
2012-08-28

SISTEMAS DE INYECCIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

<http://www.injetronic.com.br/>
2012-09-26

TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA AUTOGAS

<http://www.motorglpperu.com/equipo.htm>
2012-09-13

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GLP

http://www.megagas.com.au/main_pages/Environment.html&usg=ALkJrhgcfuujlb_K2SuLVs0IrAFaGrzlrA
2012-10-03