



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica

**ESTUDIO DEL SISTEMA GLP COMO COMBUSTIBLE
ALTERNATIVO DE USO EN VEHÍCULOS AUTOMOTRICES**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz**

Autor:

Mauricio Arturo Barrera Suárez

Director:

Edgar Mauricio Barros Barzallo

Cuenca - Ecuador

2012

DEDICATORIA

A Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora. Por brindarme los medios necesarios para continuar mi formación académica, siendo un apoyo incondicional para lograrlo ya que sin él no hubiera podido.

A cada uno de los que son parte de mi familia que me acompañaron a lo largo del camino, brindándome la fuerza necesaria para continuar y ayudándome en lo que fuera posible, dándome consejos y orientación. Quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositándome su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios, todo poderoso por darme la vida para lograr esta meta aspirada después de tantos esfuerzos, caídas entre otras cosas, que he tenido durante mi formación profesional. Porque él hizo realidad este sueño, por eso mil gracias Dios.

A mis padres, Barrera Héctor y Suarez Gloria, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual. De ellos es este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

A mi novia María J. Illescas y mis amigos por ayudarme y apoyarme sin condiciones, ofreciéndome siempre esa mano amiga en los momentos más difíciles de nuestra carrera a pesar de nuestras diferencias.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza.

A mi director de proyecto de grado, Ing. Mauricio Barros, que ha sido una gran ayuda y que sobre todo, me ha sabido entender, aconsejar y guiar, en este proyecto.

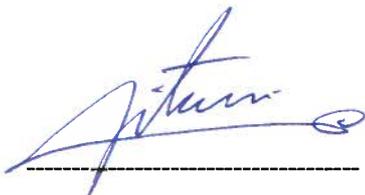
Handwritten signature and date
09/10/12

ESTUDIO DEL SISTEMA GLP COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO DE USO EN VEHÍCULOS AUTOMOTRICES.

RESUMEN

El presente trabajo comprendió el análisis del sistema de gas licuado de petróleo (GLP) como combustible alternativo de uso en vehículos automotrices, se analizó las características de este gas, destacando sus ventajas y desventajas frente a otros combustibles de uso frecuente, además contiene la descripción de cada componente que conforma el sistema de conversión a inyección GLP, rescatando los beneficios e inconvenientes que representara la instalación de este equipo adicional en base a investigaciones realizadas en la web, revistas y documentos en donde se plantee esta opción de uso para el GLP. Finalmente se determinó que este gas es un combustible factible para el uso vehicular y disminuye la contaminación ambiental.

Palabras claves: gas, conversión, dual, inyección, bifuel, glp



Ing. Hernán Viteri.
Director de Junta Académica.



Mgstr. Mauricio Barros Ing.
Director de tesis.



Mauricio Barrera
Alumno.

Handwritten signature
09/10/12

ABSTRACT

STUDY OF PLG SYSTEM AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE FOR AUTOMOBILES

The present research contains an analysis of petroleum liquid gas (PLG) as an alternative energy source for automobiles. The characteristics of this type of gas are analyzed. The advantages and disadvantages compared with other frequent energy sources were highlighted. Besides, a description of each of the components that form part of the PLG injection conversion system is made. We emphasize on the benefits and inconveniences of the installation of this additional equipment, based on the research on web pages, magazines and other documents where the option of PLG is presented. Finally, we were able to determine that the use of this gas as fuel for vehicles is feasible and that it reduces environmental pollution.

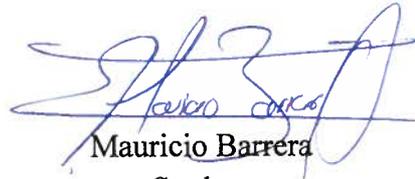
Key Words: gas, conversion, dual, injection, bifuel.



Ing. Hernán Viteri.
Director of the Board



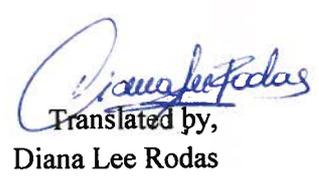
Mgstr. Mauricio Barros Ing.
Thesis Director



Mauricio Barrera
Student



UNIVERSIDAD DE
AZUAY
DPTO. IDIOMAS



Translated by,
Diana Lee Rodas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xii
Introducción	1
CAPITULO 1: GAS LICUADO DE PETRÓLEO	
1.1 Definición de gas combustible	2
1.2 Propiedades de los combustibles gaseosos	2
1.2.1 Densidad.....	2
1.2.2 Poder calorífico	2
1.2.3 Temperatura de inflamación.....	3
1.3 Ventajas de los combustibles gaseosos	4
1.4 Familia de gases	4
1.4.1 Primera familia	4
1.4.2 Segunda familia.....	5
1.4.3 Tercera familia	5
1.5 Generalidades de los gases combustibles.....	6
1.5.1 Primera familia	6
1.5.2 Segunda familia.....	6
1.5.3 Tercera familia	7
1.6 Tipos de gases	8
1.6.1 El gas manufacturado	8
1.6.2 El gas natural	8
1.6.3 Gas licuado de petróleo	9
1.7 Gases de uso automotriz.....	9
1.8 El gas licuado de petróleo	10

1.8.1 Propano.....	11
1.8.2 Butano	11
1.8.3 Diferencias entre el propano y butano	12
1.9 Origen del Gas Licuado de Petróleo	13
1.10 Características del GLP	13
1.11 Propiedades del Gas Licuado de Petróleo	15
1.12 Equivalencias energéticas del Gas Licuado de Petróleo	16
1.13 Almacenamiento y transporte de los GLP	16
1.13.1 Botellas de uso doméstico	17
1.13.2 Botellas de uso industrial	17
1.13.3 Botellas de automoción	17
1.13.4 Depósitos fijos.....	17
1.13.5 Grandes almacenamientos.....	18
1.13.6 Camiones cisterna	18
1.13.7 Vagones cisterna	18
1.14 Medidas de seguridad para el uso y almacenaje del GLP.....	19
1.15 Usos y aplicaciones de GLP.....	19
1.16 El GLP aplicado en los automóviles	20
1.16.1 Ventajas del uso de combustibles GLP	22
1.16.2 Gas licuado de petróleo vs gas natural comprimido	23
1.17 Conclusión	24

CAPITULO II: SISTEMA DE CONVERSIÓN A GLP

2.1 Propiedades de funcionamiento del sistema	25
2.1.1 La electrónica	27
2.2 Componentes principales	29
2.2.1 Unidad de almacenamiento	29
2.2.2 Multiválvula	30
2.2.3 Reductor Vaporizador	32
2.2.4 Inyectores	33
2.2.5 Computadora	34
2.2.6 Sensor de presión	35
2.2.7 Conmutador.....	36

2.2.8 Plug de combustible	36
2.3 Software	37
2.4 Instalación y regulación	37
2.5 Instalación del equipo GLP	40
2.6 Conclusión	41

CAPITULO III: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA GLP

3.1 Evidencia del uso del sistema GLP	42
3.2 Ventajas del uso del sistema GLP	43
3.2.1 Ventajas técnicas del sistema GLP	43
3.2.1.1 Volatilidad	43
3.2.1.2.El número de octano	44
3.2.1.3 Limpieza de combustión.....	45
3.2.2 Ventajas económicas	45
3.2.3 Ventajas ambientales	46
3.3 Desventajas del sistema GLP	48
3.4 Conclusión	49

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE COSTOS Y FACTIBILIDAD DEL SISTEMA GLP

4.1 Costos de instalación de un sistema GLP	50
4.1.1 Costo de capital	50
4.1.2 Costo de mantenimiento	50
4.1.3 Costo de combustible	50
4.1.4 Amortización de la inversión	51
4.2 Inversión del equipo principal.....	52
4.3 Beneficios económicos de la instalación.....	53
4.3.1 Ahorro en combustible	53
4.3.2 Ahorro en lubricante.....	53
4.3.3 Ahorro en bujías	54
4.4 Disponibilidad del GLP	54
4.5 Factibilidad de instalación	54

4.5.1 Instalación del sistema de alimentación a gas	55
4.5.2 Instalación del tanque de GLP	56
4.6 Autonomía del vehículo con sistema GLP	58
4.7 Seguridad	59
4.8 Riesgos del sistema GLP	61
4.8.1 Incendio y explosión	61
4.8.2 Asfixia	61
4.8.3 Factor humano	61
4.9 Durabilidad	62
4.10 Mantenimiento	63
4.11 Elementos críticos para una buena conversión a GLP	64
4.11.1 La mezcla correcta	64
4.11.2 Temperatura del motor	65
4.11.3 Calidad del aceite	65
4.11.4 Viscosidad del aceite	65
4.12 Conclusión	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 GLP.....	10
Figura 1.2 Propano	11
Figura 1.3 Butano.....	11
Figura 1.4 Gas licuado de petróleo	10
Figura 1.5 Refinería de petróleo	13
Figura 1.6 Rango de inflamabilidad del GLP vs otros combustibles.....	14
Figura 1.7 Densidad relativa de los gases	14
Figura 1.8 Abastecedor de GLP.....	21
Figura 1.9 GNC y GLP	23
Figura 2.1 Principio de funcionamiento del sistema GLP	25
Figura 2.2 Diagrama de funcionamiento del sistema electrónico GLP	28
Figura 2.3 Sistema GLP	29
Figura 2.4 Unidad de almacenamiento en el automóvil.....	30
Figura 2.5 a) Tanque toroidal – b) Tanque cilíndrico	30
Figura 2.6 Multiválvula en el automóvil.....	31
Figura 2.7 Multiválvula.....	31
Figura 2.8 Reductor en el automóvil.....	32
Figura 2.9 Reductor vaporizador.....	32
Figura 2.10 Inyectores en el automóvil.....	33
Figura 2.11 Inyectores.....	33
Figura 2.12 Computadora en el automóvil.....	34
Figura 2.13 Computadora.....	34
Figura 2.14 Sensor presión en el automóvil.....	35
Figura 2.15 Sensor de presión	35
Figura 2.16 Conmutador en el vehículo	36
Figura 2.17 Plug de combustible en el automóvil.....	36
Figura 2.18 Plug de combustible.....	37
Figura 2.19 Diagrama de instalación del sistema GLP	40
Figura 3.1 Evidencia de uso de un sistema GLP	42
Figura 4.1 Beneficios económicos	53
Figura 4.2 Aceite lubricante	54
Figura 4.3 Tanque de GLP	55
Figura 4.4 a) Cilindro sobre cama plana – b) Cilindro sobre cama elevada	57

Figura 4.5 Autonomía de combustible	59
Figura 4.6 Deposito toroidal de GLP	59
Figura 4.7 Motor de combustión interna.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Limite de inflamabilidad de los gases	3
Tabla 1.2 Características físicas de las familias de gases	6
Tabla 1.3 Propiedades fisicoquímicas del propano y butano.....	12
Tabla 1.4 Propiedades físicas del propano y butano	15
Tabla 1.5 Equivalencias energéticas GLP vs otros combustibles	16
Tabla 3.1 Índice de octano del GLP.....	44
Tabla 3.2 Costo de combustibles en el Ecuador / Petroecuador	45
Tabla 3.2. Emisiones de carburantes.....	47
Tabla 4.1 Análisis de costos de combustible.	51
Tabla 4.2 Costo total del sistema GLP.....	52

Mauricio Arturo Barrera Suarez

“Trabajo de graduación”

Mgstr. Edgar Mauricio Barros Barzallo. Ing.

Octubre, 2012

ESTUDIO DEL SISTEMA GLP COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO DE USO EN VEHÍCULOS AUTOMOTRICES

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de dicho proyecto se fundamenta en la necesidad de analizar la factibilidad de uso del Gas Licuado de Petróleo (GLP) como un combustible alternativo en vehículos automotrices, con el fin de reducir las emisiones y costos de movilidad de usuarios en el Ecuador.

La contaminación ambiental debido a emisiones vehiculares es un problema que se da a nivel mundial, siendo necesaria la optimización de la tecnología utilizada como también la búsqueda de combustibles alternativos que contaminen menos y sean más amigables con el medio ambiente. En países como el nuestro existen alternativas de energía que todavía no han sido explotadas, entre algunas de las nuevas alternativas de energía para motores de combustión interna se destaca el gas licuado de petróleo.

El GLP es un combustible muy económico en el Ecuador, para el uso de este combustible es necesaria la instalación de un sistema de conversión a GLP, convirtiendo al motor del automóvil en bifuel. En el consiguiente estudio se muestra el sistema de gas licuado de petróleo y cada uno de sus componentes mostrando su funcionamiento. Para poder determinar si es factible su instalación en vehículos, identificando propiedades y características de este gas combustible, como también ventajas y desventajas que puede presentar la adaptación de este equipo en el vehículo, desde el punto de vista de costos, seguridad, contaminación y mantenimiento. Para finalmente poder determinar la factibilidad de uso del GLP como combustible alternativo en nuestro País, en base a investigaciones realizadas tanto en internet como en libros.

CAPÍTULO I: GAS LICUADO DE PETRÓLEO

1.1 Definición de gas combustible

“Un gas combustible es un gas que se utiliza para producir energía térmica mediante un proceso de combustión”¹.

1.2 Propiedades de los combustibles gaseosos ²

1.2.1 Densidad

La densidad relativa de un gas respecto al aire es la relación entre las masas volumétricas del gas y del aire tomadas en las mismas condiciones de presión y temperatura, esta propiedad lógicamente es adimensional. La densidad es un parámetro importante de cara a la ventilación de locales, los gases manufacturados y el gas natural son más ligeros que el aire (la ventilación deberá realizarse por las zonas altas), mientras que el GLP y sus mezclas son más pesados.

1.2.2 Poder calorífico

La relación entre el poder calorífico superior y el inferior depende de la proporción de los elementos, carbono e hidrógeno, a pesar de esto se encuentra, que para gases, esta relación es siempre próxima a un valor de 0.9. El poder calorífico para los gases, se expresa en kw.h/m^3 , sin embargo este valor no tiene mucho sentido para el propano y butano comerciales en estado líquido, por lo que en estos casos se expresa por unidad de masa.

¹Tomado de:
http://es.wikipedia.org/wiki/Gas_combustible. Consulta: 28 de Abril del 2012.

² Tomado de:
<http://www.emc.uji.es/asignatura/obtener.php?letra=3&codigo=59&fichero=1077811553359>
Consulta: 11 de Mayo del 2012.

1.2.3 Temperatura de inflamación. Límites de inflamabilidad

La temperatura de inflamación es el valor mínimo al cual debe ser llevado un punto de una mezcla inflamable de gas combustible y comburente, para que la combustión pueda comenzar y propagarse. También se le conoce como temperatura de ignición o de auto inflamación. La combustión de un gas combustible necesita la presencia de aire comburente (no se considera la combustión con oxígeno puro).

Considerando todas las posibles mezclas caracterizadas por el contenido en gas respecto a la mezcla homogénea, por ejemplo desde 0% (aire puro) a 100% (gas puro), se observa que la combustión no puede darse y propagarse más que dentro de una zona comprendida entre esos valores extremos, esta zona es conocida como zona de inflamabilidad, cuyos límites son:

El límite inferior, (tabla 1.1), por debajo de este valor hay demasiado aire en la mezcla para que la combustión pueda desarrollarse. El límite superior, (tabla 1), por encima de este valor no hay bastante aire comburente para que la combustión se produzca.

Tabla 1.1 Límites de inflamabilidad de los gases.

Fuente: <http://www.emc.uji.es/asignatura/obtener.php?letra=3&codigo=59&fichero=1077811553359>
Consulta: 11 de Mayo del 2012.

GAS	LIMITES INFLAMABILIDAD			
	Por relación en V		Por factor de aire	
	L.I.	L.S.	L.I.	L.S.
NATURAL				
Drenthe	5,4	14,6	1,87	0,62
Skida	5,2	14,2	1,88	0,62
Lacq	5,1	14,0	1,92	0,63
Efosik	4,8	13,7	1,86	0,59
Arzew	4,8	13,7	1,86	0,59
Groningue	6,0	15,7	1,87	0,64
G.L.P.				
Propano C.	2,4	9,3	1,75	0,43
Butano C.	1,8	8,8	1,67	0,42
Aire prop.(7,6)	8,7	33,8	1,85	0,35
Aire prop(15,6)	4,2	16,5	1,78	0,40
Aire But. (7,3)	10,5	37,7	1,71	0,33
MANUFACT.				
De cockeria(5,6)	4,6	32,0	4,77	0,49

1.3 Ventajas de los combustibles gaseosos

- Facilidad de manejo y transporte por tuberías.
- No presentan cenizas, ni materias extrañas.
- El control de la combustión es mucho más fácil, lo que nos permite mantener la temperatura de combustión aún con demandas variables.
- Posibilidad de calentar el gas, elevando de esta manera la temperatura de combustión, y por lo tanto, aumentando el rendimiento térmico.
- Proceden, o suelen proceder, de combustibles sólidos de baja calidad, por lo que nos permite darle un uso mejor a dichos combustibles.
- Es posible determinar su composición exacta, por lo que es posible determinar bastante bien su poder calorífico.

1.4 Familia de gases

*“Cuando un gas es capaz de reaccionar con el oxígeno del aire de forma rápida y con desprendimiento de energía térmica (proceso de combustión) se denomina gas combustible”.*³ Los gases se clasifican por la familia a la que pertenecen. Los más usados actualmente son el Gas Licuado de Petróleo (GLP) y el Gas Natural Comprimido (GNC). Se distinguen tres familias de gases, según el índice de Wobbe:

1.4.1 Primera familia:

Esta familia está formada por gases manufacturados. Los principales gases de esta familia son:

- Gas ciudad: El proceso productivo consiste en la transformación de un hidrocarburo no apto para el consumo doméstico en otro gaseoso idóneo.
- Gas de hulla: El proceso productivo consiste en la transformación del carbón de hulla en gas y en carbón de coque.
- Gas de agua: El proceso productivo consiste en inyectar vapor de agua en un lecho de carbón de coque a 1000 °C obteniéndose el gas de agua.

³Tomado de:

<http://www.dcgasextremadura.es/gas.htm>

Consulta: 20 de Octubre del 2012.

- Gas craqueado o reformado: El proceso productivo consiste en aplicar calor a hidrocarburos aptos para el consumo doméstico (líquidos craqueados, gases reformados) para poder formar una mezcla de gases apta para intercambiar con el gas ciudad para sustituirlo o suplementarlo. Se caracterizan por tener el índice de Wobbe bajo, entre 5 350 y 5 925 kcal/m.

1.4.2 Segunda familia:

Esta familia está formada por los gases naturales, que se encuentran en la naturaleza. Los gases de esta familia, tienen un índice de Wobbe medio, entre 9 340 y 13 065 kcal/m. Los principales gases de esta familia son:

- Gas natural.
- Aire butanado (con mayor contenido en butano).
- Aire propanado (con mayor contenido en propano).

1.4.3 Tercera familia:

Esta familia está formada por productos derivados del petróleo (se denominan G.L.P.). Una característica es que se almacenan en fase líquida y se evaporan para el consumo. Estos gases son los que tienen un alto índice de Wobbe, cuyo valor está comprendido entre 17 400 y 20 850 kcal/m. Los principales gases de esta familia son:

- Butano.
- Propano.

Las tres clases de familia de gases se clasifican básicamente en función del valor de W_s (Wobbe), en la siguiente tabla 1.2, se resume las principales características como la densidad poder calorífico superior (PCS), índice de Wobbe y límites de inflamabilidad.

Tabla 1.2. Características físicas principales de las familias de gases.

Fuente: <http://www.fullmecanica.com/i/clasificacion-de-los-gases-combustibles> Consulta: 18 de Mayo del 2012.

FAMILIA	NOMBRE DEL GAS	COMPONENTE PRINCIPAL	OBSERVACION	DENSIDAD	PCS EN VOLUMEN kWh/m ³	PCS EN MASA kWh/kg	INDICE DE WOBBE MJ/m ³	LIMITE DE INFLAMABILIDAD	ODORIZANTE
1ra. Familia	Gas Manufacturado	Metano+H ₂ +CO	Tóxico, en desuso	< 1	5, 23		19, 13 a 27, 64	6 A 45	
2da. Familia	Gas Natural	Metano	No tóxico Inodoro Incoloro	< 1	12, 2		39, 1 a 54, 7	5 A 15	Tetrahidrotiofeno
3ra. Familia	GLP	Propano	No tóxico Inodoro Incoloro	>1	27, 29	14	72, 9 a 87, 3	2, 4 a 9, 5	Mercaptano
		Butano	No tóxico Inodoro Incoloro	1	36	13, 95		1, 8 a 8, 4	Mercaptano

1.5 Generalidades de los gases combustibles

1.5.1 Primera familia

Pertenece a esta familia el gas de ciudad o gas manufacturado, el gas de coquería, y el gas de mezcla hidrocarburo-aire de bajo índice de Wobbe, que se ha obtenido de la destilación del carbón de piedra, del craqueado del petróleo, de los basurales; también se utiliza metano y propano.

Características del gas de ciudad

Más liviano que el aire, poder calorífico: 4 700 kcal/m³. Su alto nivel de hidrógeno y la toxicidad de los gases manufacturados radican en la presencia del monóxido de carbono como parte de su composición intrínseca, distinto a los gases licuados y gas natural, que no presentan monóxido de carbono como parte de su composición natural. Se elabora en fábricas o refinerías y se almacena en los gasómetros; es distribuido por redes.

1.5.2 Segunda Familia

Pertenecen el gas natural, gas natural sintético, gas natural licuado; son combustibles cuyo poder calorífico fluctúa alrededor de los 9 800 kcal/m³.

Gas Natural y Sintético

Estos yacimientos son el resultado de importantes masas de material orgánico, que al quedar sepultado bajo un sello natural rocoso impermeable, en ausencia de oxígeno, da lugar a la formación del gas metano. Es el de más baja densidad de los gases combustibles, lo que incide en la seguridad al disminuir las posibilidades de explosión.

Es más limpio, comparativamente, con respecto a los componentes de las otras familias; no es tóxico. Mientras que el gas natural sintético, se elabora en las plantas o refinerías, mezclando propano y aire.

Gas Natural Licuado (GNL)

Proceso de elaboración:

El GNL es un gas que ha sido enfriado hasta el punto que se condensa a líquido, lo cual ocurre a una temperatura de aproximadamente $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a presión atmosférica. Este proceso, denominado “licuefacción”, permite reducir su volumen en aproximadamente 600 veces.

El transporte se realiza en barcos metaneros. Se almacena en estado líquido en estanques especiales de doble pared (diámetros 60-70 metros). La regasificación se realiza haciéndolo circular por tuberías con agua de mar; por efecto de temperatura, el gas se evapora, se regula la presión y entra a la red de gasoducto.

1.5.3 Tercera Familia

A esta familia corresponden los gases licuados de petróleo o también llamados GLP, que son una mezcla de hidrocarburos obtenidos en el proceso de refinación del petróleo, cuyos componentes son el propano y butano. El poder calorífico del gas licuado es de $22\ 400\text{ kcal/m}^3$.

Características del Gas Licuado

La forma más común de distribución es a través de cilindros o balones de gas licuado, siendo la forma más típica en formato de cilindros de 5, 11, 15 y 45 kg. También puede ser suministrado por redes y estanques propios. El propano comercial, formado principalmente por Propano C_3H_8 , tiene una densidad como gas de $1,5 \text{ kg/m}^3$ a una temperatura de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y un poder calorífico nominal de $24\ 000 \text{ kcal/m}^3$. El butano comercial presenta una densidad igual a 2 kg/m^3 y un poder calorífico nominal de $29\ 000 \text{ kcal/m}^3$. El poder calorífico del gas licuado es de $22\ 400 \text{ kcal/m}^3$.

1.6 Tipos de gases

1.6.1 El gas manufacturado

Este fue el primero en utilizarse fabricado a partir de la destilación del carbón, mediante el calentamiento del mismo, siendo el llamado gas manufacturado los productos volátiles de esta destilación (procedimiento tradicional). La industria del gas lo fabrica actualmente por tratamiento (reorganización y cracking) de productos petroleros. Los productos que lo componen son:

- Monóxido de carbono (CO), lo que les da un carácter tóxico.
- Hidrógeno, hasta una proporción del 50%.
- Metano.
- Pequeñas proporciones de CO_2 , N_2 , O_2 e hidrocarburos.

1.6.2 El gas natural

Proviene de los yacimientos naturales subterráneos o submarinos en las llamadas “bolsas de gas”, bajo tierra, cubiertas por capas impermeables que impiden su salida al exterior y son producto de la descomposición de la materia orgánica bajo grandes presiones. Los productos que lo componen son:

- Metano.
- Etano.
- Propano.
- Butano.
- Nitrógeno.
- Dióxido de carbono.

1.6.3 Gases licuados del petróleo (GLP)

Se denominan así al butano y propano comerciales, que provienen del refinado del petróleo, pero estos también están presentes en cantidades moderadas en los yacimientos de gas natural y son recuperados en la preparación de éste antes de su transporte.

1.7 Gases de uso automotriz

Existen dos tipos de gases aplicables al uso vehicular, el gas natural comprimido y el gas licuado de petróleo, ambos provienen de yacimientos de petróleo y son hidrocarburos. Los dos gases son totalmente diferentes desde su composición química, lo que se refleja en diferentes formas de manipulación, uso y medidas de seguridad. Una de las principales diferencias es que el GNC al ser un gas más liviano, requiere almacenarse a alta presión (200 bares) mientras que el GLP puede almacenarse a baja presión (7 bares). Esta importante diferencia de presiones de almacenamiento lleva consigo diferentes características de los componentes mecánicos que integran el sistema de gas automotor de uno y otro producto. Es importante resaltar que los componentes utilizados para un vehículo que utiliza GLP, no pueden ser utilizados con GNC, porque no están preparados para trabajar a alta presión, son componentes totalmente diferentes.

Tanto los equipos para GLP como para GNC son similares, pero no iguales. El GLP es un gas que al ser sometido a una presión de siete bares (unidad de presión atmosférica), sufre una licuefacción, es decir, se convierte a líquido y por eso puede

ser almacenado en tanques que no necesitan soportar grandes presiones. Un claro ejemplo son los tanques de gas doméstico que se emplea en cocinas.

El GNC, es un gas que para utilizarlo en vehículos automotores requiere ser sometido a grandes presiones (comprimirlo hasta 200 bares) para poder almacenar la mayor cantidad posible en un tanque de volumen determinado, al ser almacenado sólo como gas (no líquido como el GLP), el volumen efectivo dentro del tanque es menor que en el GLP.

1.8 El gas licuado de petróleo

*Es un hidrocarburo, derivado del petróleo, que se obtiene durante el proceso de refinación de otro derivado denominado gasolina”.*⁴ (Figura 1.1). Normalmente, el butano y el isobutano se mezclan con propano en varias proporciones, dependiendo el uso que se requiera dar al combustible

Composición química.

Sus principales componentes son: 90% propano (C_3H_8) y 6% el butano (C_4H_{10}), los cuales se obtienen en grandes cantidades de los pozos de gas y de petróleo crudo, así como de las refinerías. Tiene una presión normal de $45^\circ C$ y su estado es normalmente gaseoso.



Figura 1.1 GLP.

Fuente: <http://www.ciete.es/articulos/item/70-gas-licuado-del-petroleo-glp-el-autogas.html> Consulta: 23 de Abril del 2012.

⁴Tomado de:

http://www.austrogas.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=3
Consulta: 22 de Mayo del 2012.

1.8.1 Propano

El propano, (figura 1.2), es particularmente útil como un combustible portable porque su punto de ebullición es de -42°C . Esto significa que a temperaturas muy bajas, se vaporizará tan pronto como sea liberado del contenedor presurizado. El resultado es un combustible de quemado limpio que no requiere mucho equipamiento para vaporizarlo y mezclarlo con el aire. Formula química: C_3H_8

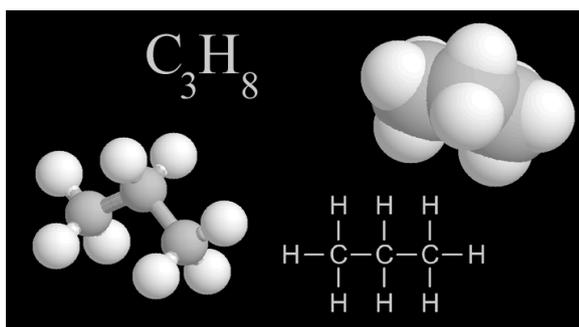


Figura 1.2. Propano.

Fuente: <http://miguelangelgyanes.blogspot.com/2012/04/suministro-de-propano.html> Consulta: 16 de Junio del 2012.

1.8.2 Butano

Su punto de ebullición es aproximadamente de -0.6°C , lo cual significa que no se vaporizará en temperaturas muy frías. Esta es la razón de que el butano, (figura 1.3), tenga usuarios más limitados y se mezcle con el propano en lugar de usarse por sí mismo. Formula química: C_4H_{10}

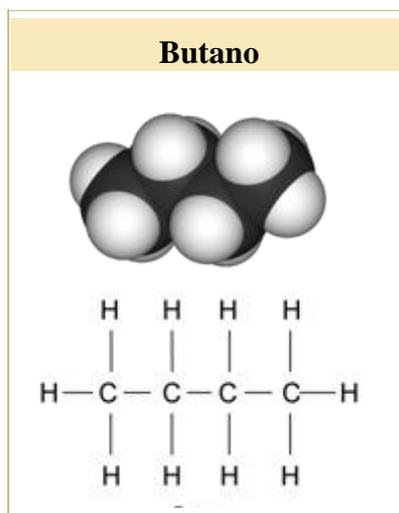


Figura 1.3. Butano.

Fuente: http://profevilla.blogspot.com/2012_05_01_archive.html Consulta: 16 de Junio del 2012.

Se lo denomina Gas Licuado de Petróleo, (figura 1.4), porque se produce en estado de vapor pero se convierte en líquido mediante compresión y enfriamiento simultáneos de estos vapores, necesitándose 273 litros de vapor para obtener un litro de gas líquido.



Figura 1.4. Gas licuado de petróleo.

Fuente: http://www.austrogas.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=23 Consulta: 18 de Abril del 2012.

1.8.3 Diferencias entre el propano y butano

Las principales diferencias entre ambas energías residen en las temperaturas de licuado, su paso del estado gaseoso a líquido. Mientras que el propano se licúa a $-42,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, el butano lo hace a $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Así, las condiciones ambientales influyen en el almacenamiento de cada producto. El propano es ideal para zonas frías o instalaciones exteriores, y el butano, para instalaciones interiores o zonas más cálidas. Algunas propiedades fisicoquímicas para ambos gases se enumeran a continuación (tabla 1.3).

Tabla 1.3. Propiedades fisicoquímicas del propano y butano.

Fuente: <http://es.scribd.com/do/Tabla-I-Propiedades-fisicas-del-propano-y-butano>.

Propiedad	Propano	Butano
Fórmula General	C_3H_8	C_4H_{10}
Masa Molecular (g/mol)	44	58
Aspecto Físico	Gas, inodoro, insípido	Gas, inodoro, insípido
Punto de Ebullición ($^{\circ}\text{C}$)	-42.1	-0.5
Calor Latente de Vaporización (kJ/kg)	425.51	385.76
Densidad a 20°C (kg/L)	0.505	0.580
Tensión de vapor a 20°C (psi)	156.50	31.3
Temperatura Crítica ($^{\circ}\text{C}$)	96.8	152
Presión Crítica (psi)	597.57	533.54

1.9 Origen del Gas Licuado de Petróleo

La mayoría de las compañías no están enfocadas a este tipo de combustible, no obstante los producen porque son un bioproducto en el proceso de refinamiento para otros combustibles. Cuando se extrae gas natural del suelo, un 90% es metano. El resto viene en forma de varios gases licuados de petróleo, los cuales la compañía separa del metano antes de que se use para los hogares. Los gases licuados de petróleo son separados del petróleo también, (figura 1.5). El proceso de refinado produce un 3% de este tipo de gas, aunque dependiendo del método utilizado, puede aumentar considerablemente.



Figura 1.5. Refinería de petróleo.

Fuente: <http://lacalle.com.ec/wp-content/uploads/2011/10/refineria-esmeraldas.jpg> Consulta: 02 de Abril del 2012.

1.10 Características del GLP

- Permanece en estado gaseoso a la temperatura normal y presión atmosférica y se almacena y transporta en estado líquido en tanques.
- Es muy inflamable, cuando se escapa y se vaporiza se enciende violentamente con la menor llama o chispa. A continuación se muestra (figura 1.6), los rangos de inflamabilidad de algunos combustibles.

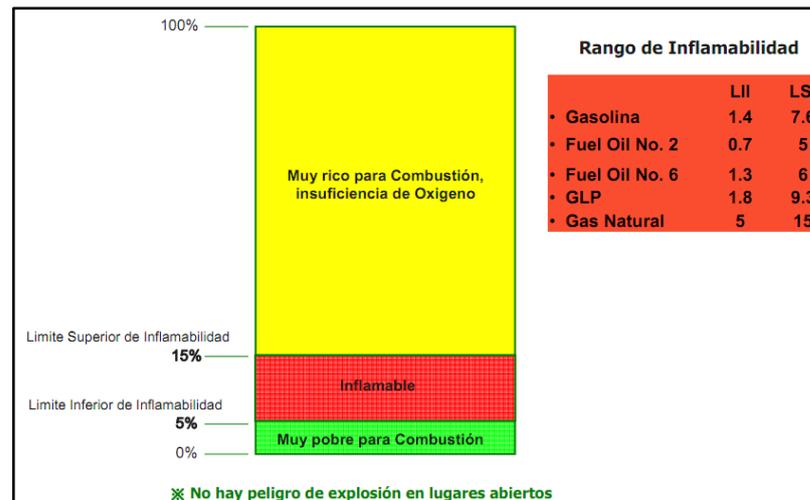


Figura 1.6. Rango de inflamabilidad GLP vs. Otros Combustibles.

Fuente: http://www.aesdominicana.com.do/app/do_2011/neg_gas.aspx Consulta: 11 de Marzo del 2012.

- No tiene olor cuando se produce y licúa, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante para detectarlo cuando se fugue, llamada etil mercaptano No es tóxico, solo desplaza el oxígeno, por lo que no es propio para respirarlo mucho tiempo.
- No tiene color, es transparente como el agua en su estado líquido
- El GLP, es excesivamente frío, porque cuando se licuó se le sometió a muy bajas temperaturas, por lo cual al contacto con la piel producirá siempre quemaduras de la misma manera que lo hace el fuego.
- No es corrosivo y se disuelve en muchos otros productos. El Gas Licuado de Petróleo se pueden suministrar a granel o envasados.
- Es más pesado que el aire, por lo que al escaparse, tenderá a ocupar las partes más bajas, como el piso, fosas y pozos que haya en el área. La densidad relativa del GLP se indica en la figura 1.7.

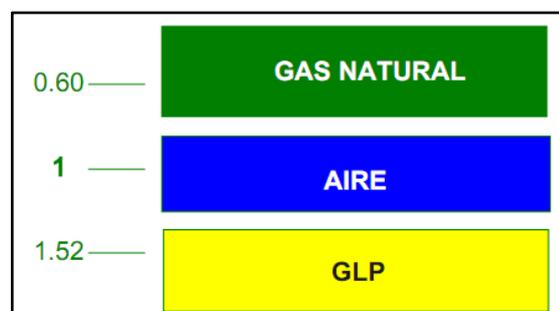


Figura 1.7. Densidad relativa de los gases.

Fuente: http://www.aesdominicana.com.do/app/do_2011/neg_gas.aspx Consulta: 11 de Marzo del 2012.

1.11 Propiedades del Gas Licuado de Petróleo

Tiene la propiedad de pasar a estado líquido al someterlo a una presión relativamente superior a la atmosférica, propiedad que le confiere la gran ventaja de poder ser almacenado en estado líquido, ocupando un volumen muy reducido. Para comprender las características físicas - químicas y propiedades del butano y propano como indica la tabla 1.4., es necesario conocer que los mismos están compuestos por partículas extremadamente pequeñas en constante movimiento y a medida que aumenta la temperatura, más rápido es el movimiento de las partículas.

Tabla 1.4. Propiedades Físicas del Propano y Butano.

(Tomado del Manual de servicio para el instalador de gas – LP, REGO, Engineered Controls International, Inc.).

PROPIEDADES	PROPANO	BUTANO
Presión de vapor en kg/cm ² a 21° C	9,3	1,2
Presión de vapor en kg/cm ² a 41° C	15,2	2,9
Densidad relativa del líquido a 16° C	0,509	0,582
Punto de ebullición inicial a 1 atm en ° C	-46	-9
Calor específico del líquido en kcal/kg a 16 ° C	0,33	0,31
Metros cúbicos de vapor por líquido a 16 ° C	0,27	0,23
Metros cúbicos de vapor por kg a 16 ° C	0,53	0,41
Densidad relativa del vapor a 16 ° C (aire=1)	1,52	2,01
Temperatura de ignición en el aire en ° C	493-605	482-538
Temperatura máxima de la llama en el aire en ° C	1,890	1,990
Límites de inflamabilidad en el a) Inferior	2.15	1,55
Aire % del vapor mezcla aire-gas b) Superior	9060	8,60
Valor totales de calor a) cal/1 (gas)	22,4	29,2
Después de la vaporización b) kcal/1	11,83	11790
c) kcal/1 (líquido)	6,095	6,793
Punto de ebullición normal	de - 159	a -160°
Densidad líquida a presión barométrica normal	de 0,42 a	0,48kg/lts

Es importante señalar que el GLP es inflamable en concentraciones normales de oxígeno en el aire. El comportamiento de GLP dentro de recipientes obedece a características tales como la densidad, la relación líquido – vapor, la presión y temperatura, considerando que coexistan las fases, permanecerán equilibradas

siempre y cuando la temperatura del ambiente permanezca estable y las condiciones de operaciones y conservación de los recipientes sean apropiadas.

El GLP se mantiene en forma líquida en el recipiente debido a que se encuentra sometido a una presión superior a la atmosférica. Cuando este producto entra en contacto con el ambiente, se transforma en gas aumentando el volumen, determinado en 262 veces aproximadamente. El gas al ser comprimido y enfriado se condensa hasta convertirse en líquido, en cuyo estado se le transporta y maneja desde las refinерías, a las plantas de almacenamiento y de estas a los usuarios, ya sea por auto-tanques o recipientes portátiles, en donde el gas sale en estado de vapor para poder ser utilizado en calderas y aparatos domésticos.

1.12 Equivalencias energéticas del Gas Licuado de Petróleo

Los altos niveles de rendimiento y versatilidad hacen del Gas Licuado de Petróleo un combustible universal, capaz de sustituir a cualquier otro combustible líquido o gaseoso en cualquier tipo de aplicación. A continuación en la tabla 1.5 se muestran las equivalencias energéticas del GLP vs. otros combustibles.

Tabla 1.5. Equivalencias energéticas GLP vs. otros combustibles.

GLP	EQUIVALENCIAS					
	ELECTRICIDAD	CARBÓN	LEÑA	DIESEL	GASOLINA	PETRÓLEO
1 kg.	14 kwh.	2 kg.	6 kg.	0.35 glns.	0.45 glns.	0.37 glns.

1.13 Almacenamiento y transporte del GLP.⁵

Aprovechando la cualidad del GLP de licuarse a temperatura ambiente, cuando se le somete a una presión moderada, se almacena y transporta de esta forma en recipientes de acero (botellas, depósitos cilíndricos o esféricos, cisternas de ferrocarril y carretera, etc.). Los recipientes fijos o móviles más comúnmente utilizados para el transporte, almacenamiento y uso del GLP son los siguientes:

⁵Tomado de: Manual S.E.P.E.I. de bomberos.
<http://es.scribd.com/doc/86213022/30/GASES-COMBUSTIBLES> Consulta: 18 de Junio del 2012.

1.13.1 Botellas de uso doméstico

Están dotadas de una válvula de acoplamiento rápido por presión, que sirve tanto para llenar la botella como para su acoplamiento al regulador de presión y a la instalación de consumo. En el interior de esta válvula existe otra de seguridad con un orificio de salida lateral que evita la rotura de la botella en caso de sobrellenado o sobrecalentamiento. Para la utilización de las botellas se debe acoplar a su válvula un regulador que proporciona una presión constante y con un sistema que, en caso de incendio, provoca el desprendimiento del regulador y el cierre automático de la válvula de la botella.

1.13.2 Botellas de uso industrial

Sus características constructivas son similares a las anteriores. Una válvula en el centro de su casquete superior sirve para su llenado y para conectarla a la instalación de consumo por medio de cañerías flexibles. La conexión de esta válvula se realiza por rosca a izquierdas. Disponen de una pequeña válvula de seguridad incorporada, con capacidad suficiente para aliviar el exceso de presión en caso de sobrecalentamiento.

1.13.3 Botellas de automoción

Para alimentar los motores de vehículos automóviles que funcionan con GLP, se emplean botellas especiales que disponen de un tubo que va desde la válvula hasta el fondo de las mismas, de forma que el producto sale en fase líquida. Estas botellas tendrán que ser fabricadas bajo estrictas normas de seguridad.

1.13.4 Depósitos fijos

Cuando la instalación de consumo necesita disponer de una capacidad superior a 980 kg. que corresponden al máximo que puede proporcionar una batería de botellas (28 botellas de 35 kg), se pueden instalar uno o varios depósitos fijos. Los depósitos están fabricados con chapas de acero y están calculados para resistir una presión

máxima de trabajo de 20 kg/cm^3 (19,6 bar) que corresponden a la tensión de vapor del propano comercial a $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Todos los depósitos sufren antes de entrar en servicio una prueba hidráulica a 26 kg/cm^3 . Los depósitos fijos pueden ser “aéreos” (instalados sobre el terreno y pintados de color blanco reflectante para evitar su calentamiento por el sol) o enterrados (instalados en un foso de hormigón o de ladrillo relleno con arena, están protegidos contra la corrosión). En algunas urbanizaciones o en pequeñas poblaciones se ha instalado un almacenamiento centralizado de GLP y un sistema de tuberías de distribución.

1.13.5 Grandes almacenamientos

En los parques de refinerías, plantas de llenado de GLP, fábricas de gas y en las industrias petroquímicas existen depósitos cilíndricos de hasta 213 m^3 geométricos y esferas de hasta $6\,000 \text{ m}^3$. Estas últimas pueden estar refrigeradas cuando el producto que se almacena en ellas es propano.

1.13.6 Camiones cisterna

Destinados a la distribución de GLP, que disponen de su equipo de trasvase compuesto, básicamente, por una bomba y un contador de fase líquida y otros destinados al gran transporte por carretera que, generalmente, son cisternas de construcción auto portante que van remolcadas por una cabeza tractora y disponen de un punto de máximo llenado regulado al 85% de su capacidad, una galga rotativa para conocer el nivel de GLP en cualquier momento, un manómetro y una boca de acceso con brida que permite acceder al interior de la cisterna para su limpieza.

1.13.7 Vagones cisterna

Para el transporte de los GLP por ferrocarril existen vagones con capacidades de 20 y 40 toneladas. Disponen de los mismos accesorios y válvulas que los camiones cisterna.

1.14 Medidas de seguridad para el uso y almacenaje del GLP

Debido a que el GLP es un gas muy inflamable hay que tener ciertas consideraciones, tanto para su utilización e instalación:

- Un tanque de GLP nunca debe ser sobrellenado por arriba del 90% de su capacidad.
- Si se deja escapar el GLP en un espacio abierto tenderá a descender a las partes más bajas, pero si existe una corriente de aire la disipará rápidamente.
- No comprobar con una llama encendida las posibles fugas de GLP.
- No fumar o prender algún tipo de flama cuando esté trabajando cerca de cualquier compuesto que tenga relación con algún combustible. La mezcla aire-combustible es inflamable y puede, en cualquier momento presentarse una ignición.
- No dejar que el GLP tenga contacto con la piel. El GLP es almacenado en un tanque que está diseñado para guardarlo en estado líquido bajo presión.
- No permitir que el GLP se acumule en áreas por debajo del suelo, como sería el caso de una fosa para cambio de aceite o alineamiento de llantas, el GLP desplaza al oxígeno y en su lugar queda una mezcla aire combustible que podría ser peligroso.
- Nunca realizar algún mantenimiento al servicio del tanque o alguna reparación que se sospeche pudiera contener cualquier mínima cantidad de GLP dentro. Antes que cualquier válvula o marcador de combustible o flotador debe ser separado o removido del tanque el GLP y deberá ser evacuado en su totalidad del interior del mismo.
- En caso de fugas por rupturas en tanques, siempre se procederá a girar estos hasta colocar la fuga en la zona de vapor, recuerde que el GLP se almacena como líquido vapor en equilibrio.

1.15 Usos y aplicaciones del GLP

Dentro de las principales ventajas que tiene el uso del GLP sobre otros combustibles, se deben mencionar: limpieza, economía, alto poder calorífico, fácil manejo y transporte, seguridad en su uso, razones por las cuales el uso del GLP es cada vez mayor en el ámbito industrial, comercial y doméstico.

En el sector industrial, se destaca el uso del GLP en: metal-mecánica, cerámica, industria alimenticia, textil, cría de aves, galvanizado, laboratorio, agricultura, etc. Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

- Hornos estacionarios y continuos.
- Calderas
- Equipos de corte y soldadura de metales.
- Quemadores industriales.
- Sopletes y mecheros.
- Secadoras.
- Montacargas y vehículos.

En el sector comercial, se destaca el uso del GLP en: panaderías, locales de expendio de alimentos, lavanderías, etc. Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

- Hornos.
- Secadoras de ropa.
- Cocinas industriales.
- Calentadores.

En el sector doméstico, se destaca el uso del GLP en: viviendas unifamiliares, viviendas multifamiliares, edificios, piscinas, saunas, etc. Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

- Cocinas.
- Secadoras de ropa.
- Calentadores de agua.
- Calefactores.
- Lámparas.

1.16 El GLP aplicado en los automóviles

Los vehículos construidos y reconvertidos para funcionar con GLP se están convirtiendo en algo muy común en varios países, y su uso se extiende a otros paulatinamente. “Según las estadísticas de la asociación WLPGA (World Liquefied

Petroleum Gas Association), más de nueve millones de vehículos en 38 países operan con GLP. No es una idea nueva: vehículos funcionando con propano han existido por décadas. Los beneficios incluyen la reducción de emisiones, contaminando menos el medioambiente”⁶.

El precio resulta mucho más económico que la gasolina, y dado su alto octanaje rivaliza en rendimiento con la gasolina y el diesel. Los países donde más se utiliza este sistema son Australia, Bélgica, Francia, Japón, Holanda, Estados Unidos e Inglaterra.

En menor medida, se utiliza en otros países aunque todavía queda algún tiempo para que se extienda su uso. En ocasiones (sobre todo en Europa), los coches son construidos con un sistema únicamente preparado para GLP. El motor es preparado para que funcione con máxima eficiencia con propano, aunque muchos consumidores siguen preocupados por la dificultad de conseguir estaciones de combustible que lo provean.

Por ello, muchos coches de GLP tienen un sistema dual: uno para gasolina y otro para propano. El sistema está preparado para conmutar a lo corresponda en el momento adecuado. EL GLP, (figura 1.8), permite reducir hasta en un 90% las emisiones contaminantes frente al diesel y en un 50 % también los niveles de ruido.



Figura 1.8. Abastecedor de GLP.

Fuente: <http://www.renovablesverdes.com/aumentar-el-consumo-del-autogas-menos-contaminante-y-mas-economico/> Consulta: 08 de Mayo del 2012.

⁶Tomado de:

<http://www.worldlpgas.com> Consulta: 26 de Junio del 2012.

1.16.1 Ventajas del uso de combustible GLP

- Los costos del kit de conversión son más bajos frente a kits para otros gases como para los de GNC.
- Bajo costo por kilómetro de carrera, frente a combustibles como gasolina y diesel.
- En la actualidad existe distribuidores disponibles en cada localidad (ciudad de Guayaquil) de GLP en garrafa y también de estaciones de GLP para uso exclusivo de transporte público.

Ventajas frente a otros combustibles

- La combustión del GLP es más suave, como resultado del alto contenido de octano. A diferencia de otros combustibles, no necesita de aditivos para garantizar una alta calidad.
- El GLP no contiene plomo y es por lo tanto, más limpio y no deja ningún residuo. En realidad, es mejor que la gasolina, ya que llega al motor en forma de gas puro, con una mejor combustión que resulta y menos golpes.
- Con la tecnología moderna, casi no hay flujo de monóxido de carbono, y en comparación con la gasolina y el diesel, los gases de escape contienen sustancias menos nocivas.
- La vida útil del motor se extiende como una consecuencia de la ausencia de ácidos y depósitos de carbono.
- El aceite de motor no se diluye con una reducción consiguiente en los costes de mantenimiento.
- El arranque en frío no es ningún problema, el rendimiento del motor es casi el mismo que con gasolina.
- No hay derrame al llenar el tanque y sin posibilidad de robo o hurto.
- El ruido del motor es bajo y funciona de una manera más respetuosa para el medio ambiente.

1.16.2 Gas licuado de petróleo vs. gas natural comprimido

En el campo de los automóviles los gases más utilizados en la actualidad son el GNC y el GLP. Con excepción de los autos eléctricos, todo lo demás funciona con algún tipo de hidrocarburo como combustible. Además de la gasolina, el diesel y el biodiesel y el alcohol, está el gas.

Hay dos formas distintas en el que se comercializa el gas como combustible. El metano, llamado gas natural y el GLP, (figura 1.9). Hay una diferencia sustancial entre ambos, el metano (CH_4) es el hidrocarburo más liviano y tienen que almacenarse a muy alta presión (aproximadamente 250 Atmósferas) el GLP es una mezcla de propano y butano que se almacena a baja presión siendo un hidrocarburo más pesado.

También hay una diferencia en el rendimiento energético teniendo ambos un contenido más bajo de energía que los hidrocarburos líquidos (gasolina y petróleo diesel). La ventaja del GLP es que no requiere alta presión y se licua a temperaturas relativamente altas, por lo que los tanques pueden ser más livianos y más grandes. El metano requiere tanques probados a 300 atmósferas que por su resistencia, son pesados. La desventaja de ambos con respecto a la gasolina es la menor densidad de energía y por consiguiente el menor tiempo y espacio requeridos para llevar el combustible. Dicho en otras palabras, para recorrer la misma distancia utilizando gas se requiere un mayor peso y volumen del que se requeriría usando gasolina.



Figura 1.9. GNC y GLP.

Fuente: <http://tomasenlinea.com/2012/03/gnv-vs-glp/> Consulta: 17 de Junio del 2012.

1.17 Conclusión

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

CAPÍTULO II: SISTEMA DE CONVERSIÓN A GLP

2.1 Principio de funcionamiento del sistema

El GLP se carga a través de una toma de carga externa que puede ser visible o invisible, es una toma bastante pequeña que puede ser colocada en el vano de la tapa del tanque de gasolina y a la que se le encaja un acople cuando se requiere cargar gas. El tanque recibe el gas desde la toma de carga, (figura 2.1), y lo distribuye hacia el vaporizador a través de la multiválvula que contiene una serie de válvulas de control (de seguridad, de sobrepresión y de corte) para evitar la explosión o falla por exceso de temperatura, presión, etc., los tanques pueden tener forma cilíndrica o tórica (en forma de llanta). Los tanques toroidales y cilíndricos que se utilizan para el GLP, soportarán presiones de alrededor de 7 bares; para ambos casos los hay en varios tamaños y dimensiones.

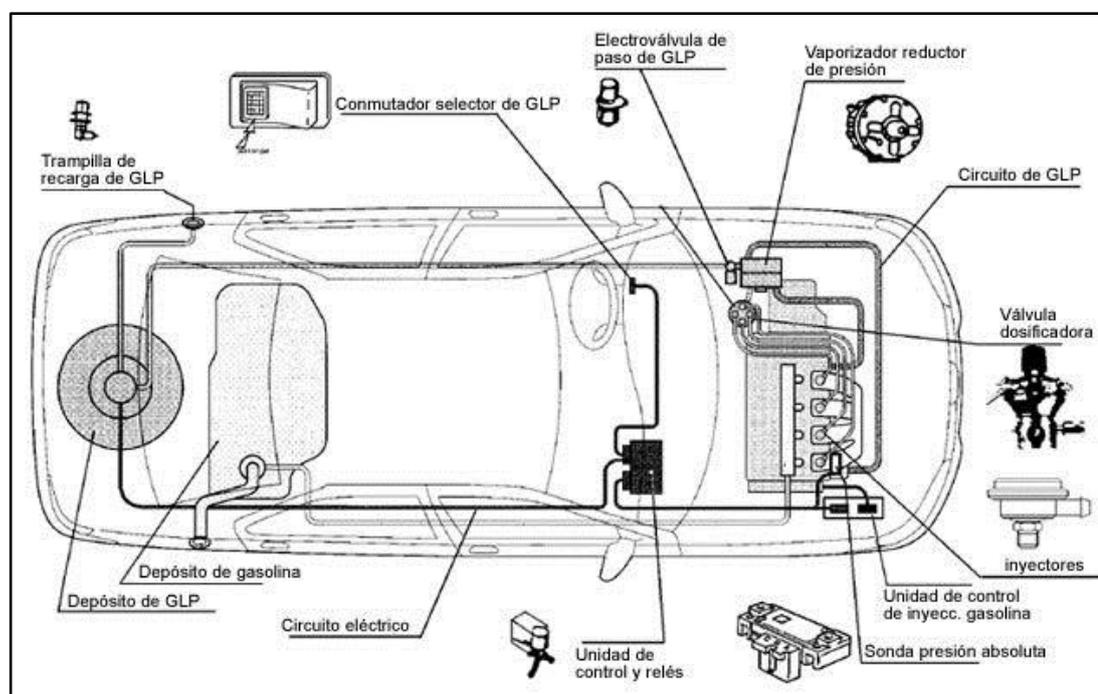


Figura 2.1. Principio de funcionamiento del sistema GLP.

Fuente: <http://www.valvulita.com/web/content/guia-de-conversion-glp-automotriz> Consulta: 21 de Junio del 2012.

Las electroválvulas son llaves de paso eléctricas que abren y cierran el paso de gas, al mismo tiempo que cierran y abren el paso de gasolina (una siempre está cerrada cuando la otra está abierta) para evitar el uso simultáneo de ambos combustibles. Son controladas por un conmutador que tiene las posiciones "Gasolina" y "Gas", en el caso de los automóviles carburados con una posición central que corta el paso de los dos combustibles para permitir que la gasolina se acabe en la cuba del carburador antes que empiece a entrar el gas.

De manera genérica, en el caso de sistemas inyectados, a la posición central del conmutador se le llama "Automático" y hace el cambio de combustible a determinadas rpms (en algunos modelos de conmutador se puede fijar un límite de trabajo en rpm para gas y gasolina). El tambor de metal que recibe el gas del tanque se conoce como vaporizador porque gasifica o vaporiza el GLP líquido del tanque.

Para realizar este trabajo necesita el agua o refrigerante del sistema de refrigeración del motor. El agua al calentarse eleva la temperatura del GLP vaporizándolo y evita que el gas se congele al reducirse la presión. Adicional a ello el vaporizador/reductor debe brindar un flujo o caudal adecuado al motor en el que se está instalando.

Equipo para vehículos a inyección.

Los equipos de inyección secuencial no utilizan un mezclador, sino un sistema de punteras (otro tipo de electroválvulas) -mal llamadas "inyectores"- que se instalan perforando el múltiple de admisión del motor, una para cada cilindro. Estas electroválvulas son comandadas por un programa que intenta copiar el tiempo de inyección de la computadora del auto pero tienen como límite la velocidad de apertura de las mismas electroválvulas, así como su duración y calidad.

Estos programas típicamente no son auto adaptivos, por lo que es necesario regresar a ponerlos a punto según el desgaste de las electroválvulas y el manejo del auto, así como ante las respuestas de la ECU (la computadora del auto) que si es auto adaptiva al nuevo combustible.

2.1.1 La electrónica

Los inyectores son dispositivos electromecánicos que permiten la gasificación de la gasolina en la cámara de combustión en autos "inyectados", (figura 2.2). El emulador de inyectores debe estar conectado de manera correcta para impedir que los inyectores trabajen cuando el motor del vehículo funcione a gas, pero al mismo tiempo generar una señal que la ECU interprete de forma correcta y no reporte como falla por mal funcionamiento.

Existen dos maneras en las cuales se emula, como los inyectores son actuadores, o se cortan del todo (lo que generará un error en la computadora o ECU porque no se cerró el circuito), o se baja la tensión en la línea a un nivel en la que el inyector no funciona (pero encuentra un circuito eléctrico que haga creer a la ECU que el sistema está operativo).

La sonda lambda o sensor de oxígeno es uno o varios dispositivos incrustados en el tubo de escape que se encarga de evaluar la cantidad de oxígeno que quedó luego de la quema del combustible. Esta información le indica a la ECU qué cambios en el sistema a gasolina deberá realizar de manera automática para mejorar la combustión.

Debido a que esta sonda brinda una señal de cierto tipo al funcionar en gasolina, se requiere emular la señal cuando funciona a gas para evitar confusiones en la ECU, para ello se utiliza un emulador de sonda lambda o emulador de sensor de oxígeno. Al mismo tiempo se puede aprovechar la información de la sonda junto con el TPS, RPM, MAP/MAF y otros sensores para el funcionamiento del sistema de Lazo Cerrado, cuando el motor del auto está funcionando a gas.

El emulador de sonda lambda enviará una señal que la ECU interpretará como correcta para que no modifique el sistema, cuando la electrónica del auto así lo requiera. Esto es probable que no sea necesario en autos anteriores a 1996, para los que ya utilizan OBD2 y superior, se hace imprescindible un emulador de sonda lambda y así evitar el testigo de "Check Engine"

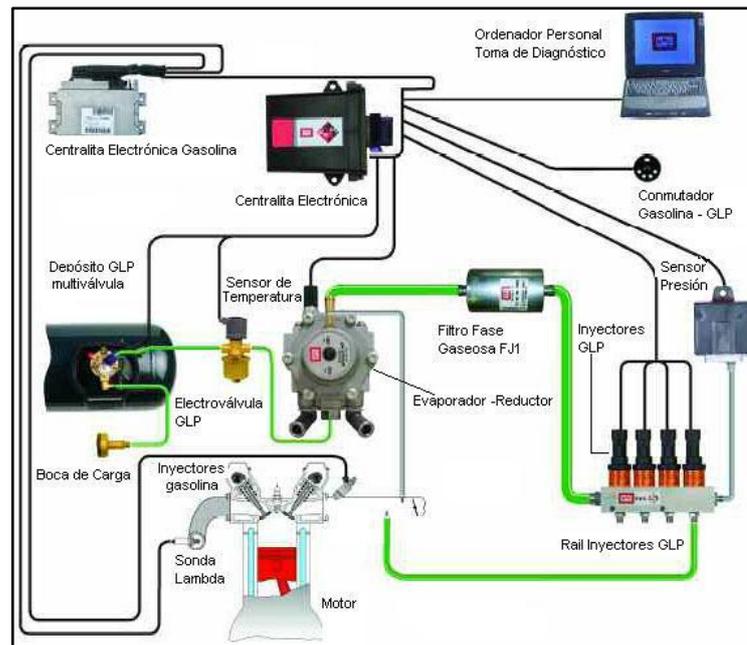


Figura 2.2. Diagrama de funcionamiento del sistema electrónico GLP.

Fuente: <http://www.brc.it/getcontent.aspx?t=4>ype=1&lang=it> Consulta: 21 de Junio del 2012.

En autos sin electrónica el colocar una sonda lambda y utilizar un voltímetro permite mejorar la regulación manual. Aquí es importante notar que hay varios tipos de señal, las más comunes son entre 0 y 1 voltios (normalmente los autos americanos y japoneses) y entre 0 y 5 voltios, también conocidos como de banda ancha (normalmente los autos europeos).

El lazo cerrado es un motor de pasos colocado en lugar del registro de alta y que utiliza las lecturas de la sonda lambda, TPS, RPM, MAP/MAF, etc., para evaluar de manera dinámica si abre o cierra el registro de alta del sistema de gas, reduciendo al mínimo el exceso de gas. Dependiendo de la programación de la ECU, la electrónica utilizada, el conocimiento del instalador y su pericia, algunos de estos subsistemas podrían generar que el testigo de “Check Engine” se encienda.

Esto es nocivo para el correcto funcionamiento del auto, ya que estos errores se "guardan" en la ECU y podrían provocar que el sistema accione procedimientos en caso de ciertos errores que podrían llevar al malfuncionamiento general del auto e incluso, en algunos modelos, a que la ECU se bloquee.

2.2 Componentes principales

El sistema GLP está conformado por varios componentes como se indica en la figura 2.3, a continuación se describe cada uno de ellos:



Figura 2.3. Sistema GLP.

Fuente: <http://www.motorgas.es/gas-glp-%C3%B3-autogas-gnc-gas-natural/> Consulta: 22 de Junio del 2012.

2.2.1 Unidad de almacenamiento

El gas o GLP puede ser almacenado en un tanque de acero, (figura 2.4), especialmente diseñado para vehículos, el cual tiene dos opciones. Una es el tanque toroidal o redondo, (figura 2.5 a), y el cilindro estándar o cilíndrico, (figura 2.5 b), ambos cumplen con todas las medidas de seguridad.

Sus válvulas están fabricadas de acuerdo con la seguridad del depósito. La válvula de servicio del combustible al motor está asegurada contra roturas que produzcan un cambio brusco del caudal de GLP utilizado, cerrándose inmediatamente.

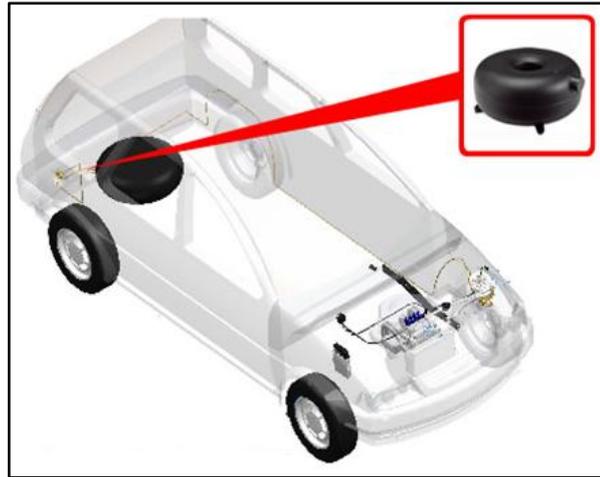


Figura 2.4. Unidad de almacenamiento en el automóvil.

Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/galerias/> Consulta: 23 de Junio del 2012.

Además, existe una válvula de seguridad auxiliar, que hace imposible que la presión suba dentro del depósito más allá de una cantidad prefijada. También está previsto que la válvula de llenado pare automáticamente al llegar a cierto nivel, lo que no permite un exceso de riesgo en cuanto a la posibilidad de llenado total del depósito.



Figura 2.5. a) Tanque Toroidal – b) Tanque Cilíndrico.

2.2.2 Multiválvula

La multiválvula electrónica del tanque, (figura 2.6), proporciona la lectura del nivel del gas (GLP) y al mismo tiempo el control del flujo de gas hacia el motor, en caso de un accidente o ruptura de la línea, esta cierra electrónicamente el paso del gas.

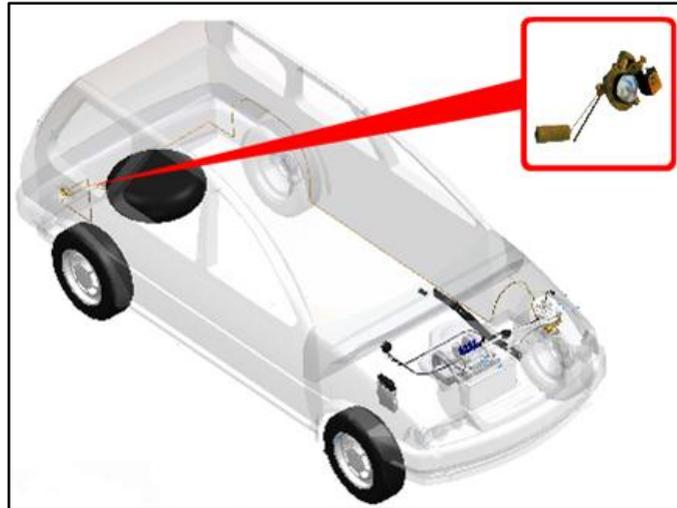


Figura 2.6. Multiválvula en el automóvil.

Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/galerias/> Consulta: 23 de Junio del 2012.

Esta válvula es utilizada para el llenado del depósito. A ella se conecta el surtidor de GLP por un sistema de acoplamiento rápido totalmente estanco y el resto del procedimiento es muy similar al que se utiliza para suministrar gasolina. Esta válvula, (figura 2.7), lleva incorporados dos sistemas de seguridad: doble válvula antirretorno, que evita la salida del GLP cuando se conecta el surtidor, y dispositivo de máximo llenado, que garantiza que no se sobrepase, en el llenado, el 80% de la capacidad del depósito, ya que al llegar a este porcentaje la válvula se cierra automáticamente.



Figura 2.7. Multiválvula.

2.2.3. Reductor – Vaporizador

El vaporizador – reductor, (figura 2.8), para el GLP es del tipo mono fase de membrana y el vacío compensado por el colector de entrada. Es diseñado para asegurar una presión de suministro superior a la presión en las tuberías de admisión del motor.

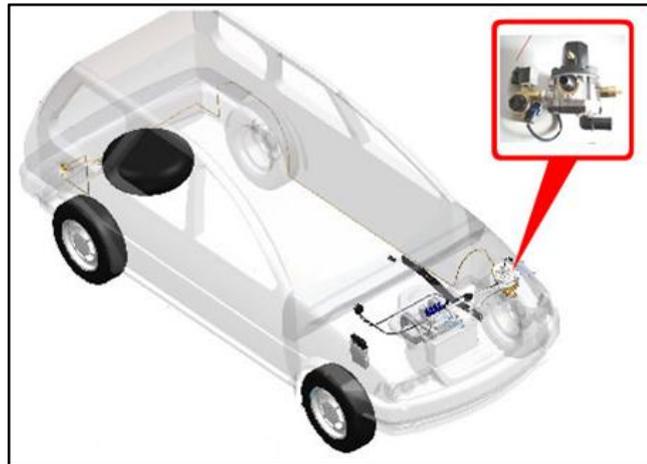


Figura 2.8. Reductor en el automóvil.

Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/galerias/> Consulta: 23 de Junio del 2012.

Las funciones más importantes del regulador, (figura 2.9), son:

- Reducir la presión.
- Pasar el GLP de estado líquido a gaseoso.
- Regular la cantidad de gas suministrado al motor.



Figura 2.9. Reductor – Vaporizador.

2.2.4 Inyectores

Los inyectores, (figura 2.10), tienen la tarea de proporcionar de manera secuencial gas a cada cilindro del vehículo. Esta función se atribuye a los inyectores separados e independientes entre ellos que reciben la señal eléctrica del contador (ECU).

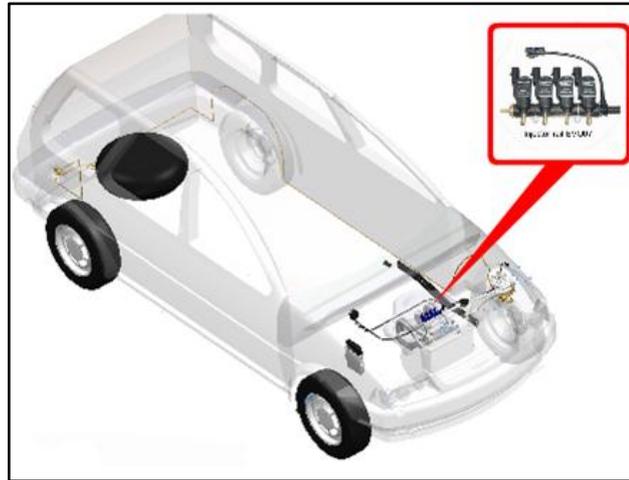


Figura 2.10. Inyectores en el automóvil.

Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/galerias/> Consulta: 23 de Junio del 2012.

El inyector, (figura 2.11), recibe el gas del reductor a una presión constante, y lo distribuye a cada uno de los colectores de aspiración de los cilindros del motor del vehículo en la cantidad adecuada. Dependiendo del número de cilindros del motor del vehículo, existen bloques de 3, 4 y 5 electroválvulas que, combinadas, permiten la instalación del equipo en vehículos con motores de 3 cilindros, 4, 5, 6 (3+3) y 8 (4+4).



Figura 2.11. Inyectores.

2.2.5 Computadora

La computadora, (figura 2.12), se encarga de preparar directamente los tiempos de inyección de los inyectores de combustible original de gasolina y convertirlos en el tiempo de inyección de gas. Esto garantiza las estrategias definidas por el fabricante del vehículo con respecto a la manipulación y las emisiones.

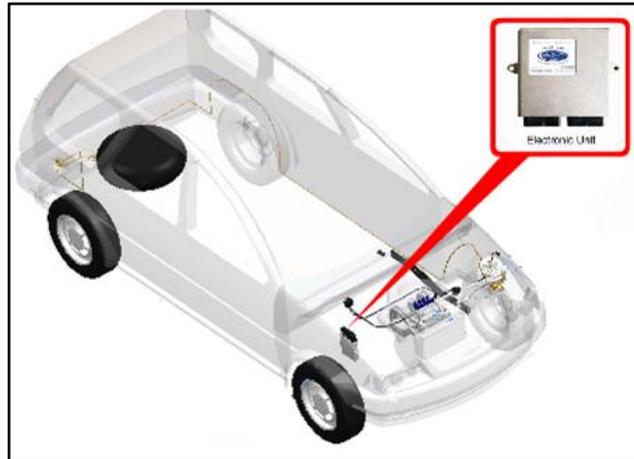


Figura 2.12. Computadora en el automóvil.

Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/galerias/> Consulta: 23 de Junio del 2012.

Está constituida por una caja hermética, no susceptible de manipulación, con una disposición interna similar a un ordenador como se indica en la figura 2.13 y es capaz de procesar una gran cantidad de información. Esta centralita o unidad de mando electrónica tiene la misión de mantener la relación estequiométrica aire/gas constante, durante el tiempo que el motor esté funcionando alimentado por el gas GLP.



Figura 2.13. Computadora.

Una vez calculado el tiempo de inyección, la centralita envía la señal eléctrica, de una duración determinada (milisegundos) al bloque de inyectores para que éste deje pasar el gas hacia los colectores de aspiración. Está dotada de un software específico para la programación y puesta a punto del sistema, así como de una auto calibración para obtener una correcta alimentación a gas del vehículo.

2.2.6 Sensor de presión

El sensor de presión, (figura 2.14), es el encargado de medir la presión del múltiple de admisión y el carril de inyectores.

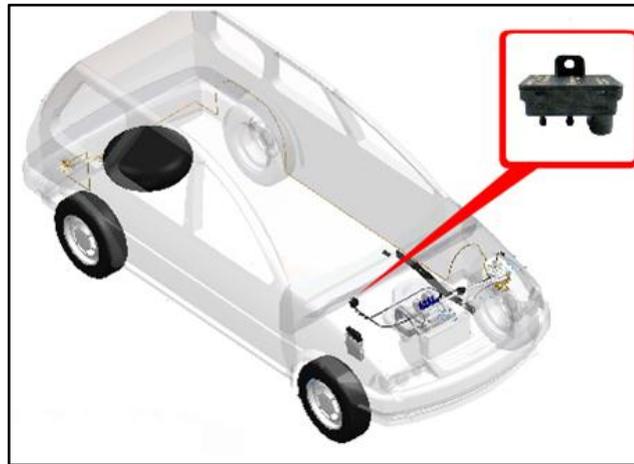


Figura 2.14. Sensor de presión en el automóvil.

Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/galerias/> Consulta: 23 de Junio del 2012.

El sensor de presión, (figura 2.15), toma datos de la depresión del colector de aspiración del vehículo y de la presión del gas en el reductor y los transmite a la centralita.



Figura 2.15. Sensor de presión.

2.2.7 Conmutador

El conmutador, (figura 2.16), es un módulo electrónico muy pequeño situado en una posición cómoda y ergonómica para el usuario. Gracias a la reducción del tamaño se pueden insertar en lugar de un tablero de instrumento, con espacios disponibles.

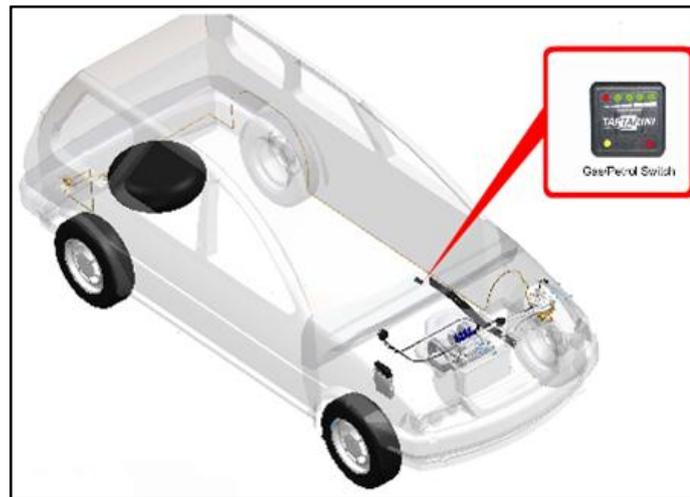


Figura 2.16. Conmutador en el vehículo.

Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/galerias/> Consulta: 23 de Junio del 2012.

2.2.8 Plug de combustible

EL plug de combustible, (figura 2.17), consiste en un dispositivo para el llenado de Gas o GLP para ser almacenado en un tanque de acero especialmente diseñado para vehículos.

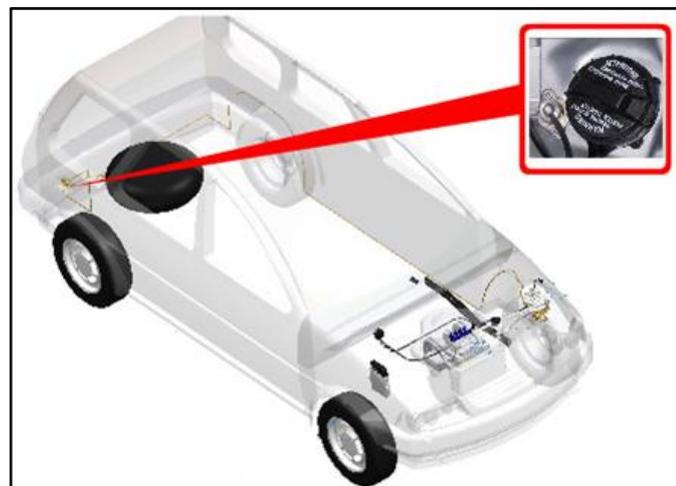


Figura 2.17. Plug de combustible en el automóvil.

Fuente: <http://www.autotecnigas.com/index.php/contenido/galerias/> Consulta: 23 de Junio del 2012.

Esta válvula, (figura 2.18), se fija en la carrocería del vehículo y se conecta mediante un tubo a la válvula de llenado del depósito. Esta válvula alojada en una caja está protegida con su tapa correspondiente.



Figura 2.18. Plug de combustible.

2.3 Software

El software de interfaz ha sido desarrollado con el objetivo de brindar sencillez de calibración (o mapeado) del sistema a instrumentos potentes y capaces de permitir la optimización de los vehículos. Si el vehículo necesita optimización de la dosificación durante condiciones como aceleraciones/desaceleraciones o plena carga, algunas funciones sencillas están disponibles para obtener los mejores resultados.

La comunicación (optativa) con el OBD gasolina permite visualizar parámetros más significativos para el diagnóstico sobre vehículo, permitiendo de esta manera la integración sobre un sólo instrumento de los datos característicos del sistema gas y del sistema gasolina. Las funciones de diagnóstico y test actuadores, útiles durante la verificación del equipo, están disponibles mediante el interface USB del programa de regulación del sistema GLP.

2.4 Instalación y regulación

Conversión es el proceso de instalación y adecuación de un sistema de gas a un motor, mientras que reconversión es el proceso de corregir una conversión

modificando o cambiando algunas piezas que no corresponden de manera adecuada a la motorización o al sistema de gas instalado.

Antes de realizar una conversión o reconversión, el auto debe ser revisado para encontrar posibles defectos al menos en los sistemas de admisión, encendido, distribución, escape y refrigeración. Además de una inspección visual para confirmar que el conjunto motor/carrocería funcionen de forma adecuada. Asegurarse que el auto esté en buen estado mecánico, afinado y puesto a punto para gasolina; aceite, bujías, filtros (de aire, aceite, gasolina) nuevos según corresponda, así como cables de bujía, tapa del distribuidor y rotor en buenas condiciones.

El motor está diseñado para trabajar bajo ciertas especificaciones y el gas debe cumplir esas mismas especificaciones, bajo los mismos parámetros que a gasolina. El motor y sus sistemas no deben modificarse para que funcionen a gas. Para motores a gasolina debe mantenerse el mismo punto de afinación y de avance especificado por el fabricante, que será utilizado a su vez por el gas. En el caso del gas los cambios se realizarán a nivel del reductor (regulando las válvulas de alta, media; y baja cuando lo tenga).

El aire es otro de los puntos críticos en una instalación y su mantenimiento, por lo que se debe poner especial énfasis en la revisión periódica del filtro de aire. Si hay polvo en la parte interna cambiarlo de inmediato. Para evitar que los inyectores se malogren el motor debe utilizarlos, para ello, en el caso de los sistemas electrónicos, hay que configurarlos para que el auto siempre arranque en gasolina y cambie de manera automática a gas cuando desaceleran luego de pasar cierto límite de rpms, lo cual se logra mediante la programación de la computadora del sistema de gas, mediante un software facilitado por el fabricante del sistema.

La toma de carga deberá instalarse en la carrocería, no en los parachoques ni debajo de ellos, de preferencia cerca a la tapa de combustible, que ya viene diseñada de manera original aislada del sistema de escape. El tanque debe estar fijado al chasis con una base de metal y flejes forrados evitando el roce de metal con metal, de preferencia hecho a la medida y cumpliendo los requerimientos de calidad de soldadura y materiales. Los pernos deberán ser de grado ocho.

Se deben utilizar cañerías completas sin cortes, ni uniones: entre la toma de carga y el tanque de gas, entre el tanque de gas y la electroválvula de corte, entre la electroválvula de corte y el vaporizador/reductor. Las cañerías de gas deben tender a recorrer el camino que siguen las líneas del combustible original del auto desde el tanque hasta el motor. Los equipos de vaporización/reducción, además de los requerimientos de calidad de material y accesorios, deberán permitir medir la presión de gas que brindan, para poder realizar la elección correcta del equipo adecuado a la motorización y uso del vehículo.

Para aislar las conexiones en caso de una falla, en los tanques de GLP se utilizan las cámaras herméticas, ambas en el punto de conexión de entrada/salida de gas del tanque, así como mangueras de protección alrededor de todas las cañerías que van dentro de la maletera o habitáculo del auto. Todo este recubrimiento debe realizarse permitiendo que el aire circule desde el exterior del auto (utilizando una entrada y una salida), para que -en el improbable caso de una fuga- el gas sea acarreado fuera del vehículo.

Los cables del sistema electrónico de gas deberán recorrer por zonas de baja temperatura y baja exposición, de preferencia siguiendo las líneas eléctricas y puntos de fijación preexistentes en el auto. Se debe agregar un recubrimiento a los manojos de cables para un mejor aislamiento.

Las cajas de circuitos electrónicos deberán ser impermeables y fijadas con firmeza a la carrocería en lugares aparentes para evitar vibración y manipulación innecesarias. Las conexiones eléctricas deben ser estañadas, soldadas y selladas con el mínimo necesario de material expuesto, se deben emplear cables nuevos, enteros, del color y calidad que correspondan a la carga eléctrica para la que se están utilizando.

2.5 Instalación del equipo GLP

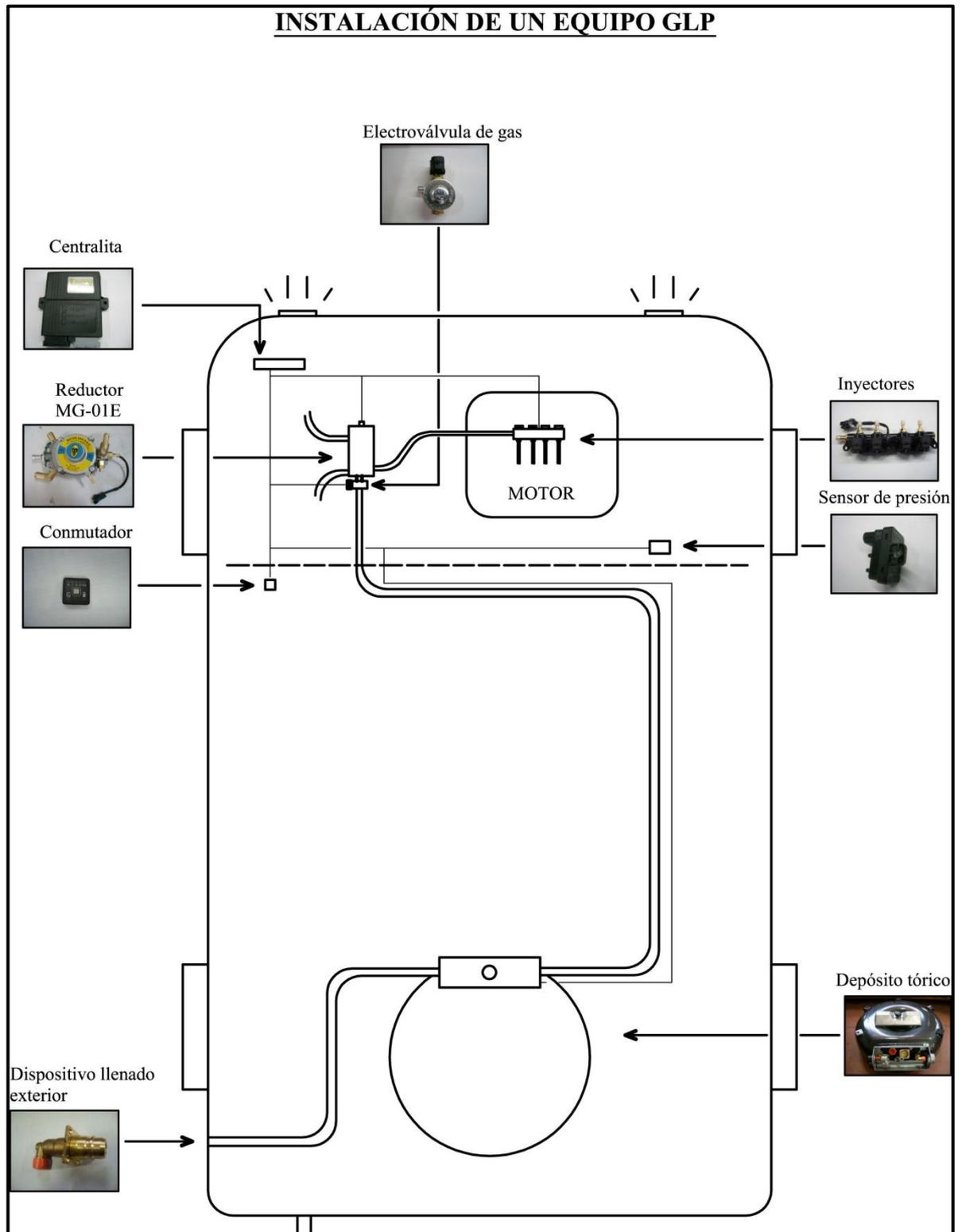


Figura 2.19. Diagrama de instalación del sistema GLP.

2.6 Conclusión

La utilización del GLP en vehículos puede llevarse a cabo a través de una sencilla transformación en vehículos dotados de motor de explosión, de encendido por chispa, es decir, vehículos de gasolina.

Incorporándole un equipo que mantiene el funcionamiento de los vehículos sin cambios, siendo fácil de instalar y económico. El equipo necesario para el uso del Gas Licuado de Petróleo es adicional al equipamiento propio del vehículo, no lo sustituye, por lo que el vehículo se convierte en “bifuel”, permitiendo a su usuario utilizar indistintamente gasolina o GLP como combustible.

CAPÍTULO III: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA GLP

3.1 Evidencia del uso del sistema GLP

Existen algunas razones por las cuales el uso de un sistema GLP, garantiza un buen desempeño en motores a gasolina y se adapta a las condiciones tecnológicas desarrolladas hoy en día en el Ecuador, siendo uno de los combustibles de más fácil acceso y disponibilidad,(figura 3.1). Entre las cuales tenemos:

- Cualidades de carburante idóneo.
- Energía disponible en cualquier lugar.
- Tecnología desarrollada y en continua mejora.
- Respeto al medio ambiente.
- Utilizado en otros países.
- Competitivo con otras energías de automoción.
- Rentable para nuestra sociedad.

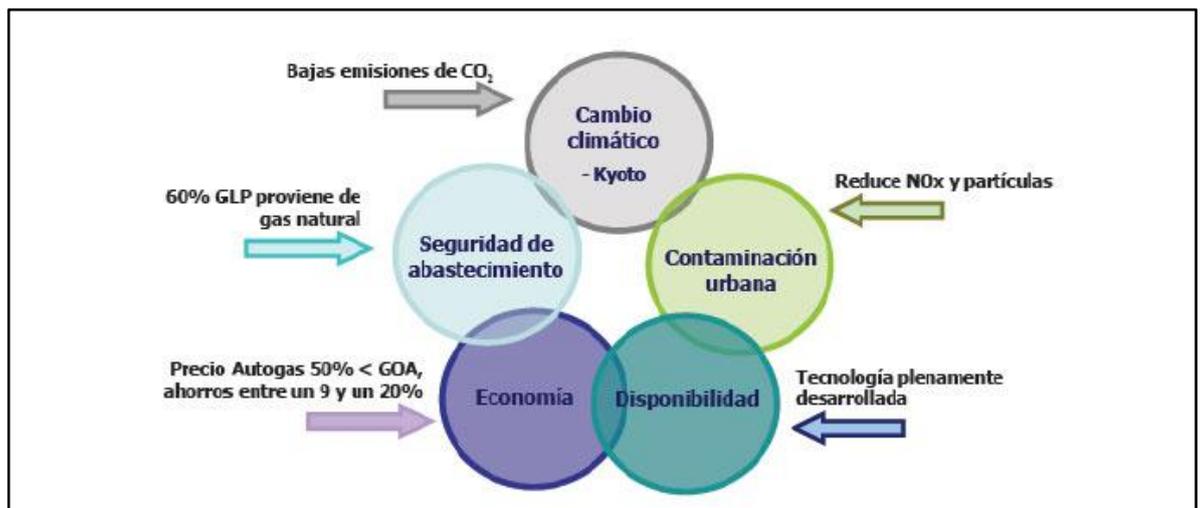


Figura 3.1. Evidencias de uso de un sistema GLP

Fuente: http://www.aoglp.com/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=78
Consulta: 25 de Junio del 2012.

3.2 Ventajas del uso del sistema GLP

3.2.1 Ventajas técnicas del sistema GLP

Entre las numerosas ventajas que tiene un sistema GLP las más importantes son:

- Mezcla homogénea, controlada y bien distribuida en los cilindros con el aire comburente. Combustión limpia y completa.
- Mayor duración del motor. El consumo y el mantenimiento por km se reducen casi a la mitad.
- Mantenimiento más económico: menor número de averías y periodos de cambio de aceite más largos.
- Los aceites lubricantes del motor se mantienen limpios más tiempo debido a la ausencia de depósitos carbonosos.
- Mayor potencia y mayor par motor a carga parcial (arranques, paradas, aceleraciones y deceleraciones) que suele ser el régimen de funcionamiento usual del autobús, taxis y demás servicios públicos.
- Conducción suave, silencioso y sin vibraciones.
- Tiempos de repostaje mínimos.

“La conveniencia de la utilización del GLP respecto a la gasolina resulta ventajosa, considerando los tres factores más importantes:”⁷

3.2.1.1 Volatilidad

La volatilidad de la gasolina resulta importante para su comportamiento en el motor, en razón de que en el interior de los cilindros se comprime una mezcla de gases, por lo cual debe vaporizarse en el carburador o a partir de los inyectores antes de ingresar a los cilindros.

⁷Tomado de:

<http://es.scribd.com/doc/73497753/31/Estacion-de-servicio-de-GNC> Consulta: 21 de Junio del 2012.

Las temperaturas a las que estos hidrocarburos se convierten de líquido en vapor no sólo son importantes en la producción del combustible, sino también en su performance dentro del motor. La volatilidad afecta la performance del motor de varias maneras. Si es demasiado baja el motor puede ser difícil de arrancar y tomar un tiempo para calentar. Si es demasiado alta puede haber problemas de obstrucción o de rendimiento irregular en clima caliente. La utilización de GLP, tratándose directamente de gases, facilita la dosificación y mezcla con el aire.

3.2.1.2 El número de Octano

El número de octano, (tabla 3.1.), de un combustible es una referencia práctica de su comportamiento respecto al golpeteo que se producirá en un motor. Expresa su capacidad antidetonante al ser comprimido y calentado en el interior del cilindro. Las gasolinas comerciales tienen valores de octano cercanos a 100 (90, 95, 97) y en la medida que se aproximen a este valor, permitirán utilizar motores con una relación de compresión entre 7 y 9.

El GLP es una mezcla propano y butano y tiene un número octano más alto que la gasolina (103-106), por lo cual podría emplearse en motores con mayor relación de compresión en los cilindros; sin embargo, considerando que se mantienen ambas posibilidades de combustión en los motores y que el GLP posee menor poder calorífico por volumen que la gasolina, al operar con GLP el rendimiento disminuye.

Las características del GLP vienen determinadas por la proporción de propano y butano de la que está compuesto, por lo que dependiendo de ésta, pueden variar:

Tabla 3.1. Índice de Octano del GLP.

Propiedad	Propano	Butano	GLP (**)
Índice de octano	112	94	105

3.2.1.3 Limpieza de Combustión

Siendo la gasolina una mezcla de más de 100 hidrocarburos, presentará una fracción de componentes que podrían no completar su combustión en el motor, constituyendo emisiones contaminantes al ser descargados a la atmósfera. En el caso del GLP, debido a que no tiene que atomizarse para ser inyectado y su facilidad de combustión, la posibilidad de emisiones contaminantes es mucho menor.

3.2.2 Ventajas Económicas

El costo del sistema a GLP es menor a comparación de un sistema alternativo como el GNC, de igual forma el gas licuado de petróleo es más barato que los demás combustibles, es decir, la inversión en el equipo se compensa con el ahorro de combustible una vez que se ha convertido al vehículo en bifuel.

PVP GLP = 50% PVP gasolina.

Tiene un ahorro de 40% sobre la gasolina y 25% sobre el diesel.

Alcanza el mismo rendimiento que el sistema de inyección de combustible tradicional y se supera en algunos modelos. El precio del GLP tiene congelado el impuesto especial sobre hidrocarburos en Ecuador, al ser subsidiado reduce su valor a la mitad, es decir, no va a gravarse con más impuestos, (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Costo de combustibles en Ecuador / Petroecuador.

Fuente: <http://www.petrocomercial.com/wps/portal> Consulta: 18 de Junio del 2012.

Sector: Sector Automotriz		
Vigencia: VIGENCIA: DEL 14 AL 20 DE JUNIO DE 2012		
Productos	Precios USD/Glns	Decreto Ejecutivo 338
Gasolina Extra	1.309168	Art. 7
Gasolina Súper	1.68	Art. 7
Diesel 2	0.900704	Art. 7
Diesel Premium	0.900704	Art. 7
Productos	Precios USD/KG	Decreto Ejecutivo 338
GLP Vehicular	0.188384	Art. 7

Mantenimiento más económico debido a menores averías y mayor duración del motor debido a un menor desgaste, la combustión realizada por el motor es mejor y más uniforme, proporcionando así un funcionamiento más suave y silencioso. El índice de octanaje es superior para conseguir un mejor rendimiento del motor y con ello prolongar su vida.

3.2.3 Ventajas Ambientales

Emisiones de los vehículos es una fuente importante de contaminación atmosférica, especialmente en las zonas urbanas. Para reducir la contaminación, muchos gobiernos fomentan el uso de un combustible alternativo. El GLP es uno de los principales combustibles alternativos. El gas licuado de petróleo es más limpio que la gasolina y el diesel, ya que se compone de, predominantemente, simples compuestos de hidrocarburos.

Es libre de plomo y la mayoría de los aditivos y contiene muy poco azufre, en comparación con las emisiones de los vehículos de gasolina y diesel, las emisiones de los vehículos impulsados por GLP contienen niveles más bajos de hidrocarburos compuestos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), Óxidos de azufre, los tóxicos en el aire y partículas.

Por otro lado son dignas de destacar las siguientes ventajas medioambientales:

- Mejora sustancial en emisiones de NO_x y partículas frente a un gasóleo.
- Emisiones de CO₂ bajas (aprox. reducción del 13 % respecto a la gasolina) e inferiores con respecto al gas natural sin refrigerar.
- Muy bajo contenido de azufre y alto número de octano.
- Emisiones de contaminantes no regulados (benceno, formaldehidos, etc.) muy bajos respecto al gasóleo y gas natural.

En la tabla 3.3, se reflejan las emisiones según el tipo de carburante.

Tabla 3.3. Emisiones de carburantes.

Fuente: <http://www.espormadrid.es/2009/12/madrid-dispondra-de-la-mayor-red-de.html> Consulta: 27 de Junio del 2012.

	Gasolina	Gasóleo	GLP	GNC
EMISIONES				
NO_x (mg/km)	80	250	80	80
PM (mg/km)	0	25	0	0
CO₂ WtW (g/km)	172	158	147	154
CO₂ TtW (g/km)	147	133	131	114
CO y HC (mg/km)	1100	550	1100	1100

Frente al diesel, el sistema GLP reduce las emisiones de óxidos de nitrógeno en un 90 % y en más de un 97% de partículas (50 % si los vehículos diesel están dotados de filtro de partículas) y frente a los vehículos a gasolina, reducen un 50 % las emisiones de CO y en un 37 % las de HC.

Reducción de contaminación urbana:

- Emite un 15% menos de dióxido de carbono (CO₂)
- Reduce las emisiones de NO_x hasta un 68% respecto al diesel.
- Prácticamente no emite partículas.
- Reduce los niveles de ruido en un 50% respecto al diesel.
- Ayuda a reducir la generación de ozono troposférico y en consecuencia los costes sanitarios por tratamiento de las enfermedades del aparato respiratorio que provoca.

Seguridad de abastecimiento energético:

Más del 60% del gas licuado de petróleo proviene directamente de pozos de gas natural, y no del refino del petróleo. Su uso contribuye a reducir la dependencia del petróleo. *“El GLP podría cubrir como carburante alternativo el 5% del mercado del 2 020 (Comisión Europea, Alternative Fuels Contact Group, Diciembre 2003).”*⁸

⁸ Tomado de:

http://api.ning.com/presentacion_autogas.pdf Consulta: 24 de Junio del 2012.

Cambio Climático:

- Bajas emisiones de CO₂ en escape, comparables a las de los vehículos diesel, y hasta un 10,9% menores que los de gasolina.
- Emisiones totales de gases de efecto invernadero menores que los del gas natural comprimido a lo largo del ciclo de vida del producto (extracción, tratamiento, distribución, almacenamiento, consumo).
- Ningún componente del GLP está clasificado como gas de efecto invernadero.

Disponibilidad:

- Tecnología de almacenamiento, distribución y consumo del GLP como combustible plenamente desarrollado, sencillo y de aplicación inmediata.
- Oferta del GLP y sistema disponible en cualquier punto de la geografía, sin depender de la ubicación de redes de suministro.
- Posibilidad de suministro mediante skids: instalaciones portátiles para uso exclusivo en flotas.
- Producto almacenado a baja presión.

3.3 Desventajas del sistema GLP

- Espacio que ocupan las botellas o tanque y de gran peso.
- Inspecciones periódicas de los tanques.
- El uso del GLP requiere de información y capacitación.
- Inicialmente: falta de infraestructura de gasocentros o surtidores de gas licuado de petróleo de uso vehicular.
- Riesgos adicionales de operación (alta presión).
- El contacto con el gas natural licuado puede causar congelamiento.
- Para que un motor a GLP funcione igual que un motor a gasolina debe aumentar su volumen en un 45%, y en general un motor a gas no solo aumenta el volumen del vehículo, si no también aumenta su peso
- Actualmente no existe una cultura de uso del gas en el país.

- Políticamente está restringido su uso a vehículos de servicio público: taxis, autobuses, etc.
- Si el carro es de un modelo anterior a 1 990 deberá reforzarse el motor con materiales de sodio y molibdeno, lo que incrementará el costo de la conversión.

3.4 Conclusión

El gas licuado de petróleo en uso automotriz presenta un sin número de ventajas como desventajas, lo cual influirá en el conductor que decida colocar este sistema a su vehículo, en la ciudad de Cuenca no está permitido circular en vehículos con este combustible y mucho peor la venta del GLP como combustible de uso automotriz, si bien es cierto en la ciudad de Guayaquil existe un plan piloto para uso exclusivo de taxis, es muy difícil que se opte por este sistema para vehículos particulares, debido a que existe poca demanda o más bien inexistente de este combustible de uso alternativo.

CAPÍTULO IV:

ANÁLISIS DE COSTOS Y FACTIBILIDAD DEL SISTEMA GLP

4.1 Costos de instalación de un sistema GLP

Hay tres tipos principales de gastos que el consumidor tendrá que tener en cuenta para la conversión de su vehículo a un vehículo con sistema bifuel o sistema GLP. Los tres tipos de costes son: costo de capital, costo de mantenimiento, y costo de combustible.

4.1.1 Costo de capital

Los propietarios de automóviles pueden comprar los vehículos a GLP producidos por los fabricantes de automóviles comúnmente llamados equipos originales (OEM) o convertir sus vehículos a gasolina o diesel en el uso de GLP, mediante la instalación de este equipo de conversión adicional.

4.1.2 Costo de mantenimiento

Los vehículos con sistema a GLP tienen un costo de mantenimiento ligeramente menor que los vehículos con motor de uso exclusivo a gasolina o diesel. La quema del gas es más completa, ocurre a mayores temperaturas, y por ser más limpia que la quema de gasolina, no ensucia el aceite tanto como lo hace la gasolina, ni contamina el ambiente por su escape de gas. Es decir, limpia las paredes del cilindro reduciendo los requisitos de mantenimiento y por supuesto el costo del mismo.

4.1.3 Costo de combustible

El cambio a GLP implica una cierta cantidad de costo inicial, pero el costo de funcionamiento de un motor a GLP puede ser mucho menor que los vehículos que funcionan con gasolina o diesel, en muchos territorios en función de la política del

gobierno, especialmente en el impuesto a los combustibles. El rendimiento de los combustibles, está en el siguiente orden:

- Utilizando gasolina:
1 galón rinde 16km.
- Utilizando Gas Licuado de Petróleo:
1 kilogramo rinde 6 km.

Considerando los costos de cada uno de los combustibles, se tiene que:

Combustible Costo por unidad Costo por kilometro

Tabla 4.1. Análisis de costos de combustibles.

Combustible	Costo por unidad	Costo por kilometro
Gasolina	Galón \$1.48	\$0.09
Gas Licuado de Petróleo	Kilogramo \$0.33	\$0.05

*“Si se magnifican estos resultados, podemos apreciar el ahorro que representa la utilización de Gas Licuado de Petróleo. Considerando un depósito de combustible promedio, que asegura una autonomía de 500 kilómetros”.*⁹

El costo sería:

Recorrer 500km utilizando gasolina cuesta \$45. En tanto que, recorrer 500 km utilizando Gas Licuado de Petróleo tiene un costo de \$27,5

Esto determina que, utilizar Gas Licuado de Petróleo, reduce los costos de operación por combustible.

4.1.4 Amortización de la inversión

La inversión se amortiza en un tiempo bastante corto, al hacer un análisis comparativo de costo, exclusivamente de combustible y lubricantes, servicio, refacciones y mano de obra. La inversión inicial es compensada por la disminución

⁹Tomado de:

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/101/10/Capitulo5.pdf> Consulta: 05 de Julio del 2012.

de costo de mantenimiento y sobre todo por la reducción del valor del combustible a utilizar.

4.2 Inversión del equipo principal

A continuación, (tabla 4.2), se presenta el costo del equipo principal que se requiere para la instalación del sistema a GLP, cuya función se determinó en el capítulo anterior. Estos valores fueron obtenidos mediante cotizaciones a empresas dedicadas a la comercialización de estos equipos. (Anexos 1,2 y 3).

Tabla 4.2. Costo total del sistema GLP.

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO	TOTAL
1	KIT DE CONVERSION A GLP	900	900
6	PUNTERAS	2	12
1	MULTIVALVULA.	115	115
1	SENSOR DE NIVEL	180	180
1	TANQUE CILINDRICO	350	350
1	TUBERIAS FLEXIBLES.	60	60
1	FIJACION TANQUE	50	50
1	LLAVE INTERFACE USB	250	250
1	SOFTWARE SISTEMA A GLP	0	0
1	VARIOS	100	100
1	ENVIO	500	500
		SUBTOTAL	2 517
		IMPUESTOS	453.06
		TOTAL	2 970,06

Se sacó un promedio del costo del sistema mediante cotizaciones obtenidas, el costo total del equipo se aproxima a unos \$ 3 000 dólares americanos, al ser un sistema de última tecnología se lo tendrá que importar. El valor del sistema variará según el tipo de tanque que queramos adquirir, existiendo una diferencia de 300 dólares en el costo del tanque de GLP, siendo el más caro el de tipo toroidal. En los anexos se adjunta las cotizaciones para mayor información de los proveedores como de los precios de cada elemento que compone este sistema.

4.3 Beneficios económicos de la instalación

4.3.1 Ahorro en combustible

Con un vehículo adaptado a Gas Licuado de Petróleo se obtiene un ahorro de entre un 40-50% en carburante. El ahorro es debido al menor costo del carburante, que se sitúa en valores cercanos a la mitad del costo de la gasolina. Este ahorro, (figura 4.1), acompañado de un menor mantenimiento y mayor duración del motor al usar GLP son factores fundamentales a la hora de evaluar costes y plantearse la adaptación de un sistema a GLP en un vehículo a gasolina.



Figura 4.1. Beneficios económicos.

Fuente: <http://www.ircongas.com/index.html?msgOrigen=6&CODART=ART00054> > Consulta: 28 de Julio del 2012.

4.3.2 Ahorro en lubricante

Si el motor de vehículo funciona con gasolina, el cambio de aceite, (figura 4.2), se lo tiene que hacer cada 5 000 kilómetros, en el mismo motor, pero con GLP, el cambio del lubricante se lo va a realizar cada 10 000 kilómetros, aquí se tiene un ahorro del 100% en lubricantes.



Figura 4.2. Aceite Lubricante.

Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/gnc.pdf> Consulta: 29 de Julio del 2012.

4.3.3 Ahorro en bujías

En el caso de las bujías, con gasolina, si el cambio debiera ser hasta los 10 000 kilómetros, con gas licuado de petróleo el cambio puede ser hasta los 22 500 kilómetros, porque la combustión de la gasolina produce carbón en la cámara de admisión, éste se incrusta en los electrodos de las bujías debilitando su vida útil. Sin embargo con GLP su combustión no genera este carbón, por lo que la vida útil de las bujías se alarga considerablemente.

4.4 Disponibilidad del GLP

El GLP se puede obtener a partir de dos fuentes, la refinación del petróleo y la extracción de gas natural. Los gases licuados de petróleo obtenidos de la refinación de petróleo representan cantidades de un 10% a 15% de la cantidad de petróleo, mientras que el GLP obtenido en la extracción de gas natural corresponde a un 3%. La disponibilidad de GLP es más limitada que la gasolina. Un suministro constante de GLP a un precio estable es importante en el fomento de los consumidores a utilizar este combustible.

4.5 Factibilidad de instalación

El elemento o componente de mayor volumen que conforma este sistema es el tanque de GLP, el cual ocupa un espacio considerable en el vehículo. Al ubicar el tanque de GLP en la maletera del vehículo se pierde aproximadamente un 20%. Sin embargo

para vehículos que tienen la llanta de repuesto debajo del tapete de la maletera (como las Station Wagon), se puede ubicar el tanque, (figura 4.3), en dicho espacio.



Figura 4.3. Tanque de GLP.

Fuente: http://www.elsalvador.com/mwedh/nota/nota_completa.asp?idCat=47673&idArt=6668545
Consulta: 03 de Agosto del 2012.

Para que el motor de un auto funcione a GLP lo único que se hace es agregar elementos para que funcione con gas licuado de petróleo, (el kit de conversión y el tanque), sin modificar el motor original. Lo que se ofrece en el mercado es instalar un kit dual, es decir, que el vehículo podrá funcionar con GLP y con Gasolina. Esto se controla a través de un interruptor que se coloca en la consola del auto, lo que brinda mayor autonomía al vehículo, ya que cuando el auto se quede sin GLP podrá cambiar el interruptor a Gasolina. La conversión de un automóvil a GLP toma aproximadamente 1 día.

El auto a GLP no es menos seguro que el auto a gasolina. Incluso tiene la ventaja de tener un tanque con una gruesa plancha de acero. Ante un choque no existe el peligro que el tanque de GLP se rompa. Por otro lado, si alguna de las tuberías que lleva el GLP se rompiera en algún accidente, el tanque tiene válvulas de exceso de flujo, que cortan inmediatamente la fuga y evitan que el GLP escape.

4.5.1 Instalación del sistema de alimentación a gas

Para comenzar con la nueva instalación se colocará un tanque a prueba de impactos especialmente diseñado para contener el suministro de gas (fabricado con chapa de acero de 2 a 3,15 mm de espesor). Para cumplir su cometido, este tanque debe

cumplir ciertos estándares de seguridad; por ejemplo, los tanques trabajan a una presión de 7 kg/cm^2 (100 psi) pero son probados hasta a 45 kg/m^2 (640 psi).

El tanque debe presentar una electroválvula múltiple, que bloquea toda pérdida de gas en caso de accidentes, además, impide que ocupe más del 80% de la capacidad del tanque e indica el nivel de GLP en el depósito. Por otro lado, el transporte del gas desde el tanque hasta el reductor se realiza por medio de una tubería de cobre flexible que presenta un recubrimiento especial. Todo el tendido de esta tubería se debe realizar por el exterior del habitáculo, evitando que en cualquier caso el gas llegue a los ocupantes del vehículo.

4.5.2 Instalación del tanque de GLP

Un recipiente para GLP no deberá ser instalado sobre el techo del vehículo ni dentro del compartimiento del motor. Los cilindros contenedores deben quedar dentro del volumen del vehículo, cuidando que estén a resguardo aún en caso de accidente. Los lugares típicos de instalación son:

- En la cajuela, en sedanes.
- Detrás del asiento trasero, en rural
- En caja de carga o bajo piso, en vehículos comerciales o camionetas.

La válvula de servicio debe quedar en una posición que permita un fácil acceso a la misma. Los cilindros deben estar instalados sobre cunas diseñadas especialmente para tal efecto. Las cunas deben estar fijadas al chasis y/o a la carrocería del vehículo, reforzando los anclajes en caso de ser necesario, para evitar deformaciones en la estructura del vehículo (piso, caja, etc.).

La instalación del cilindro sobre los soportes se realiza intercalando entre ellos junta de goma, a fin de evitar el deterioro del mismo. Por la misma razón las bandas de anclaje deberán constar de una protección plástica. En el caso de los cilindros montados debajo del piso del vehículo, la válvula debe estar siempre orientada hacia atrás del mismo, y tener un despeje del piso no menor a 225 mm.

Los cilindros montados dentro del baúl del vehículo, deben estar lo más alejados posible del para golpe trasero. Los soportes están contruidos en acero, soldado y pintado con antioxidante color negro mate. Toda modificación que sea necesario realizar, como corte, soldadura, etc., deberá ser pintada con antioxidante negro mate. A continuación se muestran formas de instalación del tanque. (Figura 4.4. a) Cilindro montado sobre cama plana. b) Cilindro montado sobre cama elevada).



Figura 4.4. a) Cilindro montado sobre cama plana. b) Cilindro montado sobre cama elevada.

Un recipiente para gas licuado de petróleo deberá ser instalado bajo las siguientes especificaciones:

- En forma permanente y con anclaje adecuado a efectos de evitar su desplazamiento, resbalamiento o rotación.
- De modo de no producir esfuerzos indebidos sobre el recipiente, ni sobre los accesorios vinculados a él.
- De manera de evitar un debilitamiento significativo de la estructura del vehículo. Si a criterio del fabricante del automotor fuese necesario reforzar aquella, deberán adicionarse los elementos establecidos, con la ubicación y características que aquel indique.
- De modo que la fuerza necesaria para separar el recipiente del vehículo, no sea menor que:
 - Veinte veces el peso del recipiente lleno, en la dirección longitudinal del vehículo.
 - Ocho veces el peso del recipiente lleno, en cualquier otra dirección.

Cuando un recipiente este localizado dentro de un compartimiento que está diseñado, o pueda ser usado para el transporte de pasajeros:

- El extremo del cilindro que contiene la válvula y demás accesorios deberá encerrarse dentro de una caja resistente, la que deberá ventear al exterior del vehículo.
- El recipiente deberá ser instalado de acuerdo a las especificaciones anteriores.

Cuando un recipiente este localizado dentro de un compartimiento que no está diseñado, o no pueda ser usado para el transporte de pasajeros:

- El extremo del cilindro que contiene la válvula y demás accesorios deberá encerrarse dentro de una caja resistente, la que deberá ventear al exterior del vehículo, o bien el compartimiento deberá ser sellado con respecto al de pasajeros; y deberá tener una apertura para ventilación, con área libre no menor de $1\ 100\ \text{mm}^2$, localizada en el nivel más alto posible.
- El recipiente deberá ser instalado de acuerdo a las especificaciones anteriores.

Cuando un recipiente este localizado en el exterior del vehículo deberá:

- Ser instalado conforme a las especificaciones anteriores.
- No proyectarse por sobre el punto más alto del vehículo.
- No proyectarse por fuera de los costados del vehículo.
- No proyectarse por delante del eje delantero.
- Tener las válvulas y conexiones del recipiente protegidas contra daños debidos a contactos con objetos estacionarios u otros objetos sueltos en las rutas.
- Ubicado por lo menos a 50 mm. del sistema de gases de escapes.
- Cuando esté instalado longitudinalmente poseer un medio adecuado para absorber y transmitir a la estructura del vehículo, cualquier embestida.
- No afectar negativamente las características del manejo del vehículo.

4.6 Autonomía del vehículo con sistema GLP.

Como norma general podríamos decir que un vehículo adaptado a GLP multiplica por dos su autonomía, (figura 4.5). Esto es debido a que al adaptar el vehículo se le instala un segundo depósito para el GLP, manteniendo siempre inalterable el

depósito de gasolina y a que una vez realizada la adaptación puede funcionar indistintamente a gasolina o gas licuado de petróleo.



Figura 4.5. Autonomía de combustible.

Fuente: <http://www.ircongas.com/index.html?msgOrigen=6&CODART=ART00075> Consulta: 10 de Agosto del 2012.

La capacidad del depósito de GLP, (figura 4.6), puede variar entre 35 y 160 lts. dependiendo del vehículo que se adapte y del espacio disponible para su instalación. De media un vehículo a GLP puede recorrer 500 km. utilizando sólo GLP.



Figura 4.6. Depósito toroidal de GLP.

Fuente: <http://www.jagvehiculos.com/59.html> Consulta: 09 de Agosto del 2012.

4.7 Seguridad

El uso del GLP como carburante en automóviles, en contra de lo que pueda parecer es tan seguro o más como lo pueda ser la gasolina o gasoil. El gas licuado de petróleo en automoción está sometido a fuertes reglamentaciones y homologaciones europeas, regulando tanto los elementos instalados como las propias instalaciones.

La conversión de un vehículo a GLP debe ser realizada por talleres especializados y homologados para esta tarea, en nuestro Ecuador en base a las normas técnicas ecuatorianas NTE INEN 2310:2008, NTE INEN 2316:2008 Y NTE INEN 2317:2008

“El RACE (Real Automóvil Club de España) junto a otros clubes europeos diseñó y llevó a cabo unas pruebas de choque e incendio con el fin de comprobar la seguridad de un vehículo a GLP”¹⁰.

Obteniendo los siguientes resultados:

- Prueba de choque:

La prueba de choque consistió en un impacto de un turismo a 60 km/h, con un 70 % de superposición, colisionando contra otro vehículo estacionado que dispone de un depósito de GLP. Así se recreó un accidente tipo por colisión trasera. La prueba demostró que el depósito de GLP no resultó afectado por las cargas de choque. El depósito, los soportes y el sistema de tubos de alimentación resistieron intactos la prueba.

- Prueba de incendio:

El incendio de vehículos es una incidencia relativamente rara, pero sus efectos pueden ser devastadores. Para la prueba se colocaron debajo del vehículo bandejas llenas de gasolina que se incendiaron. La prueba reveló que, incluso si el incendio se produce directamente debajo del depósito de GLP, la válvula de alivio de presión se abre cuando las llamas hayan envuelto al vehículo por completo. La llama resultante de la salida controlada de GLP se dirige hacia el suelo y no implica riesgo. La prueba demostró que el uso del GLP no implica ningún riesgo para los pasajeros del vehículo ni para los posibles rescatadores.

Conclusión RACE: El sistema de GLP tiene un alto nivel de seguridad en caso de choque o incluso incendio.

¹⁰ Tomado de:

<http://www.ircongas.com/index.html?msgOrigen=6&CODART=ART00068> Consulta: 13 de Julio del 2012.

4.8 Riesgos del Sistema GLP

4.8.1 Incendio y Explosión

El gas licuado de petróleo tiende a ser más inflamable que la gasolina y el diesel, ya que tiene un límite de inflamabilidad más amplio. La explosión ocurre cuando hay una cantidad suficiente de aire y del GLP, que al ser encendidos generan una gran cantidad de calor y movimientos rápidos de aire en un muy corto período de tiempo. Si el calor se libera poco a poco, la quema del combustible tiende a provocar un incendio en lugar de explosión. Esto significa que el movimiento o la ventilación de aire son muy importantes en seguridad en el almacenamiento y el transporte del GLP.

4.8.2 Asfixia

El GLP es peligroso cuando se le permite acumularse en espacios cerrados tales como garajes. El GLP es más denso que el aire y tiende a hundirse y se acumulan en superficies bajas. Se evapora rápidamente y se expande 270 veces su volumen en estado líquido. Una cantidad suficiente de GLP puede causar asfixia debido al desplazamiento rápido de oxígeno. Dado que el GLP es incoloro e inodoro, un olor acre a menudo se añade a ella de modo que pueda ser fácilmente detectado en caso de fuga.

4.8.3 Factor Humano

No hay pruebas concluyentes de que el GLP sea más peligroso o menos peligroso que la gasolina o el diesel. El factor humano juega un papel importante en afectar la seguridad en el uso de GLP. Por ejemplo, en Japón no registra ninguna explosión o accidente grave en los últimos 30 años desde que introdujo diversas medidas de seguridad que regulan el uso de GLP.

Los accidentes que caen en la categoría de un error humano, en general, implican descuido de manipulación de combustible y mano de obra defectuosa como el sellado deficiente de la carrocería en torno a distancia reabastecimiento conectores.

Es por eso que la instalación de este sistema se la debe realizar por personal capacitado o entrenado para el uso de gas licuado de petróleo como un combustible alternativo en vehículos automotrices.

4.9 Durabilidad

Menor mantenimiento vehículo, mayor duración motor y menos averías. La duración del motor, (figura 4.7), de los vehículos que utilizan Gas Licuado de Petróleo es superior de una manera muy notable al que utiliza gasolina debido al menor desgaste de los cilindros y segmentos del motor que se obtiene con el uso de este carburante, ya que a diferencia de la gasolina, una mezcla homogénea, controlada y bien distribuida en los cilindros con el aire, facilita una combustión más limpia y completa.



Figura 4.7. Motor de combustión interna.

Fuente: <http://www.ircongas.com/index.html?msgOrigen=6&CODART=ART00049> > Consulta: 10 de Agosto del 2012.

De la misma manera las averías que pudieran producirse en el sistema de GLP instalado en el vehículo tienen un costo muy reducido debido a la sencillez de los componentes que forman el sistema. En el caso de comparar un vehículo a GLP con uno diesel existe una diferencia notable en cuanto al mantenimiento a lo largo de la vida útil del vehículo, ya que cualquier operación de mantenimiento será siempre más barata en el vehículo a gas licuado de petróleo al ser en definitiva un vehículo gasolina.

Un vehículo a GLP presenta normalmente menos averías y de haberlas son mucho menos costosas y su justificación es muy sencilla; a diferencia de los vehículos

diesel, los vehículos a GLP normalmente no montan componentes caros y complejos al no tener generalmente turbo, bombas de alta presión, inyectores complejos, sensores, etc., por lo que no hay probabilidad en ningún caso de tener averías en estos componentes mientras en los vehículos diesel es relativamente frecuente encontrarlas a lo largo de la vida del vehículo y el coste de las mismas es muy elevado.

Por todos estos motivos, se puede confirmar que la ventaja económica de un vehículo a GLP no solo es el menor costo en carburante, sino que tenemos otras ventajas económicas importantes y muy considerables en mantenimiento y posibles averías. Tomando en cuenta el comentario del punto anterior y la formación del carbón en toda la cámara de combustión y especialmente en las paredes de las camisas, este carbón va lijando los pistones y anillos creando un desgaste en ambas piezas, en el caso del gas licuado de petróleo no sucede este fenómeno, factor importante para la vida del motor.

4.10 Mantenimiento

Se deben elaborar programas de mantenimiento y por escrito su ejecución, con firmas de los responsables, es indispensable contar con personal que tenga conocimientos básicos en el manejo del Gas Licuado de Petróleo, así como de todos los elementos que intervienen en los lugares de almacenamiento y los equipos directos instalados en los transportes.

El mantenimiento del sistema GLP se lo realiza por kilometraje.

- Cada 5 000 km

Renovación del filtro de GLP

Purgar el aire que se encuentra dentro del evaporador.

- Cada 60 000 km

Purgar el agua que se encuentra dentro del depósito

Chequeo y funcionamiento íntegro de todo el sistema.

Desmontada y limpieza del evaporador.

Limpieza de inyectores o Venturi.

Afinación del sistema mantenimiento que se hace cada 5 000 km.

4.11 Elementos críticos para una buena conversión a GLP

Resumimos los elementos críticos para obtener buenos resultados de la conversión del motor de gasolina a GLP. Asegurar que el motor esté en buen estado antes de convertirlo. Esto incluye la correcta operación del termostato, el sistema de refrigeración, la calidad de chispa llegando a los cilindros, la compresión, el lodo en el cárter y la tapa de válvulas, y los depósitos de carbón, etc.

Escoger un taller con personal calificado y el equipo especializado necesario para garantizar la instalación y rendimiento esperado. La conversión es una inversión en el futuro, jugando con su economía a largo plazo y el futuro mantenimiento del auto. Los mejores sistemas para autos a inyección automáticamente arrancan el motor en el frío con gasolina para mantener las piezas de goma mojadas y encender rápidamente sin mayor desgaste de la batería. Los sistemas baratos o para carburadores dependen del usuario para hacer esto. La calibración del sistema determinará el éxito. Esto no es posible sin equipos electrónicos sofisticados. La conversión artesanal costará mucho a lo largo.

Asegurar que la conversión no pone en peligro a los pasajeros. Las instalaciones deberían tomar en cuenta que el vehículo estará viajando sobre las calles empedradas, los baches y caminos ripiados o de tierra. Siempre habrán vibraciones, frenadas bruscas, etc. Observar las normas de seguridad de su país o localidad. Por razones de la calidad de GLP, las instalaciones clandestinas y los peligros presentes.

4.11.1 La mezcla correcta es muy importante

Si la mezcla es muy pobre (poco gas y mucho aire), la temperatura del motor será más baja, la fuerza reducida y la nitración aumentará, causando depósitos, cortos intervalos entre cambios de aceite y creando lodo en el motor. Si la mezcla es muy rica (mucho gas y poco aire), la temperatura y la potencia aumentarán, pero puede causar varios frentes de combustión en los cilindros, causando detonación. La detonación puede causar serios daños en la culata, los pistones, los asientos de válvulas y a veces hasta la falda del pistón.

Como cualquier adaptación, la mezcla tendrá que ser ajustada de acuerdo a los resultados hasta llegar al punto óptimo para cada tipo de motor. Esto será determinado por la medición del gas del escape con equipo electrónico. Una vez determinado, hay que anotarlo para el futuro.

4.11.2 Temperatura del motor

La temperatura del motor tiene que ser entre 82 °C y 93 °C como regla general. Cada marca de motor tiene su diseño. Se debería mantener el termostato de fábrica, a no ser que tenga nitración antes de tiempo con la mezcla en el punto óptimo.

4.11.3 Calidad del aceite

La calidad del aceite determinará la economía de operación. Un aceite de última generación, API SL, formulado con aceite básico sintetizado, sintético, o grupo II dará un buen intervalo entre cambios de aceite sin problemas de nitración. Además de resistir la nitración y la oxidación, los mejores de estos aceites mantendrán hasta 45% mayor grosor de película en áreas de alta presión en el motor (árbol de levas, anillos, cojinetes) que los aceites tradicionales.

4.11.4 Viscosidad del aceite

La viscosidad del aceite determinará la facilidad de arranque, la durabilidad del motor y el desgaste de elementos que componen el mismo. En vehículos con sistema a gas se recomienda utilizar aceites de buena calidad o simplemente los recomendados por el fabricante. Nunca utilice aceite SAE 40 en motores convertidos a gas. Observe las recomendaciones de la fábrica del auto, que indicará SAE 5W-30, SAE 10W-30, SAE 15W-40, o SAE 20W-50, dependiendo del modelo.

Observando estos puntos, se puede convertir un auto o camioneta de gasolina a gas, economizar en combustible, reducir las emisiones del escape al aire y reducir sus costos de mantenimiento. Al final, cuando se acaba el motor, será por el tipo de servicio o mantenimiento, no por el combustible.

4.12 Conclusiones

El proceso de convertir un automóvil para que funcione con propano requiere un buen conocimiento del sistema general del vehículo. Varias compañías ofrecen kits ya preparados que incluyen las partes para hacer la conversión. Se debería siempre llevar a manos expertas para que el trabajo se realice correctamente, aunque el GLP es seguro, si se realiza una mala instalación puede haber problemas de seguridad.

El uso del GLP en vehículos puede llevarse a cabo a través de una sencilla transformación en vehículos dotados de motor de explosión, de encendido por chispa, es decir, vehículos de gasolina, incorporándosele un equipo que mantiene el funcionamiento de los vehículos sin cambios, siendo fácil de instalar y económico.

El equipo necesario para el uso del GLP es adicional al equipamiento propio del vehículo, no lo sustituye, por lo que el vehículo se convierte en “bifuel”, permitiendo a su usuario indistintamente gasolina o GLP como combustible.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La eficiencia, la economía y los aspectos ambientales hacen del GLP una verdadera alternativa a los combustibles vehiculares empleados hasta ahora, obteniendo como ventaja la disponibilidad de que el motor pueda trabajar con GLP o gasolina, solo con accionar un interruptor.
- En comparación con las emisiones de los vehículos de gasolina y diesel, las emisiones de los vehículos impulsados por GLP contienen niveles más bajos de hidrocarburos compuestos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), Óxidos de azufre, los tóxicos en el aire y partículas.¹¹
- En el caso del sistema de conversión para vehículos a inyección (5ta generación) es más sofisticado, evitando algunos inconvenientes presentados en el sistema para carburación, contando con una inyección de gas más controlada y de acuerdo a las necesidades del motor, siendo este uno de los sistemas con mayor seguridad de funcionamiento y más recomendable para reducción de emisiones.
- Llegando a la conclusión que el GLP es un combustible viable de uso alternativo en vehículos automotores sobretodo en vehículos de transporte público que es en donde se presenta una de las mayores fuentes de contaminación y sobretodo un gran consumo de combustibles derivados de petróleo. Siempre y cuando la autorización de uso de este gas se implemente para las demás provincias del Ecuador, y posteriormente a vehículos particulares.
- La instalación del sistema GLP deberá regirse a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2310:2008 y NTE INEN 2317:2008, en las cuales se especifica el uso del GLP en vehículos automotores¹².
- No existe en nuestra ciudad, ningún taller autorizado que instale los kit de conversión con algún sistema de seguridad para prevenir acumulación del GLP en los recintos del vehículo. Los únicos talleres autorizados para la instalación del sistema GLP en el Ecuador se encuentran en la ciudad de Guayaquil (Anexo

¹¹Ver Tabla 7

¹²Ver Norma INEN 2310:2008; INEN 2317:2008

4) y realizan la instalación únicamente a taxis que cumplan con todos los reglamentos de circulación. Por otra parte en la ciudad de Cuenca no existen estaciones de servicio para suministro de GLP. Las cuales tendrán que cumplir con la norma técnica ecuatoriana INEN 2316:2008.¹³

- Recurrir a talleres autorizados por el Ministerio de recursos naturales no renovables y que rijan bajo la ley de hidrocarburos vigente.
- Debido a que en nuestro medio no existe el conocimiento necesario para el uso alternativo del gas, se hace necesario que el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Hidrocarburos y las Municipalidades Departamentales inicien una campaña de incentivo al uso del gas, por medio de normas, reglamentos, etc. a fin de adquirir los equipos necesarios, así mismo, la supervisión debe estar a cargo de las respectivas municipalidades, quienes son las encargadas de otorgar el certificado de revisión técnica anual a todos los vehículos en general.

¹³Ver Norma NTE INEN 2316:2008

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

ARMAR, José; CORONELL, Orlando. Guía de gestión ambiental urbana. Uninorte. Barranquilla, Colombia. 2007.

CASTRO VICENTE, Miguel de. Inyección de gasolina: sistemas monopunto/ Biblioteca CEAC del automóvil. Grupo Editorial CEAC. Barcelona, España. 2002.

GIL, Hermogenes. Sistemas de inyección de gasolina/ Manuales técnicos del automóvil. Grupo Editorial CEAC. Barcelona, España. 2002.

GUALTIERI, Pablo J. Manual gnc, gas natural comprimido, aplicación en: automóviles y camiones nacionales e importados. Artes Gráficas Negri S.R.L. Buenos Aires, Argentina. 2003.

HORNGREN, Charles T.; SUNDEM, Gary L.; STRATTON, William O. Introducción a la contabilidad administrativa. Pearson Educación. México, México. 2001.

MALDONADO, Juan Carlos; TECCA, Ricardo Alberto. Manual de técnicas de g.l.p. g.n.c: instalación, reparación, puesta a punto y conexiones. Ediciones Técnicas RT. Buenos Aires, Argentina. 2004.

MARTINEZ MINGA, Pablo Cesar; SIAVICHAY ROMERO, Breiner Fabián; TENESACA BUSTOS, Julio Cesar. Análisis y construcción de un banco funcional con sistema de alimentación dual glp gasolina en un motor con gestión electrónica para el laboratorio de motores de combustión interna. Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingenierías. Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Cuenca, Ecuador. 2011.

RICA, Juan Antonio de la. Automóvil y CO₂. La justificación de un impuesto/ Colección Cuadernos del Motor. Edinatur. Madrid, España. 2009.

ZAPATA SANCHEZ, Pedro. Contabilidad de costos: herramienta para la toma de decisiones/ McGraw Hill. México, México. 2007.

Revistas:

CRIOLLO ROCANO, Renán. Gases licuados de petróleo. Quito, Ecuador. REVISTA: CIENCIA Y TECNOLOGIA. Vol. II. n° 1. pp. 81-96. 2003.

REFERENCIAS ELECTRONICAS:

Usos del gas licuado de petróleo: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE OPERADORES DE GASES LICUADOS DE PETRÓLEO. Pagina publicitaria 20--.Aoglp [en línea]. Madrid, España. <http://www.spainautogas.com/>. [Consulta 25 de enero del 2012].

Auto gas como una alternativa sostenible: ASOCIACIÓN EUROPEA DEL GLP. El autogas en Europa [en línea]. Bruselas, Bélgica. <http://www.aoglp.com/informes/autogas.pdf>. [Consulta 8 de febrero del 2012].

Gas licuado de petróleo o autogas: BIOCARBURANTE. Pagina publicitaria 2008. Gas licuado de petróleo [en línea]. Madrid, España. <http://www.biocarbicante.com/gas-licuado-del-petroleo-glp-o-autogas/>. [Consulta 14 de enero del 2012].

Kits de conversión a GLP: GAS POINT CENTER. Pagina publicitaria 2010. GPC [en línea]. Madrid, España. <http://www.ahorraengas.com/>. [Consulta 27 de enero del 2012].

Equipo e instalación de un sistema a GLP: GLP Y GNV MOTORES. Pagina publicitaria 20--. Glp y Gnv [en línea]. Lima, Perú. http://www.motorglp_peru.com/equipo.htm. [Consulta 26 de enero del 2012].

Conversión GLP: GRUPO COPETROL. Pagina publicitaria 20--. Gaspetrol [en línea]. Lima, Perú. <http://www.copetrolperu.com/tes/conversion-glp.html>. [Consulta 25 de enero del 2012].

Ventajas del uso del gas licuado de petróleo: IRCONGAS. Pagina publicitaria 20--
. Incorgas. [en línea]. Madrid, España.
<http://www.ircongas.com/index.html?msgOrigen=6&CODART=ART00054>. [Consulta
ta 31 de enero del 2012].

Gas licuado de petróleo: MOTORPASIÓN. Gas licuado de petróleo [en línea].
Madrid, España. <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/gas-licuado-del-petroleo-glp-o-autogas>. [Consulta 2 de febrero del 2012].

Desarrollo del gas natural en Perú: OSINERGMLN. Desarrollo del gas natural en
Perú [en línea]. Lima, Perú. <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GasNatural/grafic/Ica/tema4.html>. [Consulta 26 de enero del
2012].

Funcionamiento de un vehículo a gas: SOCIEDAD MOTOR GAS. Pagina
publicitaria 20--. Motor gas [en línea]. Madrid, España.
<http://www.motorgas.es/es/index.php?seccion=1>. [Consulta 07 de febrero del 2012].

ANEXOS

ANEXO 1

PROFORMA

Lima 12 04 2012

GLP Y GNV MOTORES ASOCIADOS S.A.C.

COTIZACION N° 00603-12

Señor(es) / Contacto:

MAURICIO BARRERA

Estimados señores:

Por intermedio de la presente nos place poner a vuestra consideración el precio del equipo(s) solicitado(s):

It..	CTD.	DESCRIPCIÓN	Valor Venta Equipo de GLP Landi Renzo ó Zavoli S/.
1	01	Equipo Secuencial ó de 5ta Generación de GLP BRC para vehículo Inyectado MarcaModelo; No. de cilindros: 4, cc.:, año:; ha instalarse un depósito tipo cilíndrico de 11 ó 12 galones.	
		INCLUYE INSTALACION Y LA ENTREGA DE LA TARJETA DE PROPIEDAD YA CAMBIADA AL SISTEMA DUAL GASOLINA GLP	
		VALOR VENTA	2,966.10
		IGV 18%	533.90
		PRECIO VENTA	3,500.00

Notas:

- Garantía : 12 meses.
- Equipos italianos de la marca Landi Renzo ó Zavoli.
- Otorgamos su Tarjeta de propiedad ya cambiada al sistema dual Gas-Gasolina.
- Tiempo de instalación es de dos a tres días, dependiendo de la cantidad de vehículos que tengamos por instalar, es por ello que le aconsejamos separar turno por teléfono.

Forma de Pago : 50% Al Iniciar el trabajo y el saldo al momento de entregarle el vehículo.

Así mismo el pago lo puede realizar al contado ó a través de Tarjeta de Crédito Mastercard, Diners, Metro, Ripley, Saga, Ace Maestro, Maestro, por pago al contado le podemos realizar descuentos.

Agradeceremos firmar la presente cotización, en señal de aceptación.

Atentamente,

Yesica Sotomayor Gamarra
Gerente General

Vo Bo. Cliente

TALLER : CALLE MALECON DE LA MARINA 1240 MIRAFLORES
(ALTURA DE LA CUADRA 12 DEL EJERCITO. PERU
TELF.: 222-5453 CEL.: 9969-71180 NEXTELL: 401*4445

ANEXO 2

PROFORMA



RNC: 130-50404-2
 AVE. ESTRELLA SADHALA NO.60
 Tel:809-724-3388 Fax: 809-226-5438

www.autotecnigas.com

CLIENTE: MAURICIO BARRERA
 Att: ECUADOR
 RNC: 098-160230



FECHA 20/03/2012

TERMINO: CONTADO

FACTURA

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO C/U	TOTAL
1	KIT 4 CILINDROS TARTARINI SECUENCIAL	\$550.00	\$550.00
2	UNIVERSAL CUTOFF	\$ 24.50	\$ 49.00
6	PUNTERAS DE 2.2MM	\$ 1.50	\$ 9.00
1	MULTIVALVULA 270 EXTRA	\$ 108.67	\$ 108.67
1	CARETA HERMETICA MULTIVALVE CILINDRICA	\$ 22.38	\$ 22.38
1	LLAVE USB 2.0 TARTARINI	\$ 210.00	\$ 210.00
1	INTERFACE USB 2.0 TARTARINI	\$ 150.00	\$ 150.00
1	SENSOR DE NIVEL	\$ 40.00	\$ 40.00
1	BANDA DE FIJACION DE TANQUES	\$ 31.00	\$ 30.77
1	SOFTWARE TARTARINI SEQUENTIAL	FREE	FREE
1	TUBERIA FLEXIBLES	\$ 50.00	\$ 50.00
1	TANQUE CILINDRICO 18 GALONES	\$ 320.00	\$ 320.00
1	COSTO DE ENVIO FEDEX PRIORITY	\$ 500.00	\$ 500.00
Datos de Transferencia Bancaria Banco de Reservas Av. Winston Churchill Esq. Porfirio Herrera Swist. Brddos Carlos A. Lara Tejeda Cuenta: 200-03-020-000077-7 Santo Domingo, Republica Dominicana			
2 YEARS OF WARRANTY PARTS AND SERVICES			
SUBTOTAL		\$	2,039.82
I.T.B.I.S.			\$0.00
TOTAL			\$2,039.82

ANEXO 3**PROFORMA**

GLP Y GNV MOTORES ASOCIADOS S.A.C.

COTIZACION N° 00603-12

Lima 12 04 2012

Señor(es) / Contacto:

MAURICIO

Presente .-

Estimados señores:

Por intermedio de la presente nos place poner a vuestra consideración el precio del equipo(s) solicitado(s):

It..	CTD.	DESCRIPCIÓN	Valor Venta Equipo de GLP BRC S/.
1	01	Equipo Secuencial ó de 5ta Generación de GLP BRC para vehículo Inyectado MarcaModelo; No. de cilindros: 4, cc.: año:; ha instalarse un depósito tipo toroidal de 8 ó 9 galones.	
		INCLUYE INSTALACION Y LA ENTREGA DE LA TARJETA DE PROPIEDAD YA CAMBIADA AL SISTEMA DUAL GASOLINA GLP	
		VALOR VENTA	3,135.59
		IGV 18%	564.41
		PRECIO VENTA	3,700.00

Notas:

- Garantía : 12 meses.
- Equipos italianos de la marca BRC .
- Otorgamos su Tarjeta de propiedad ya cambiada al sistema dual Gas-Gasolina.
- Tiempo de instalación es de dos a tres días, dependiendo de la cantidad de vehículos que tengamos por instalar, es por ello que le aconsejamos separar turno por teléfono.

Forma de Pago : Al contado ó a través de Tarjeta de Crédito Mastercard, Dinners, Metro, Ripley, Saga, Ace Maestro, Maestro, por pago al contado le podemos realizar descuentos. Agradeceremos firmar la presente cotización, en señal de aceptación.

Atentamente,

Yesica Sotomayor Gamarra
Gerente General

Vo Bo. Cliente

TALLER : CALLE MALECON DE LA MARINA 1240 MIRAFLORES

*(ALTURA DE LA CUADRA 12 DEL EJERCITO. PERU.
TELF.: 222-5453 CEL.: 9969-71180 NEXTELL: 401*4445*

ANEXO 4

LISTADO DE TALLERES AUTORIZADOS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS GLP EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

- Vehigas, Cdla. Alborada, décima segunda etapa, Mz. 03, solar 8-35, villa 35, Av. Francisco de Orellana y Benjamín Carrión.
- Lovato Autogas Service, Cdla. Bellavista, Av. Barcelona, Mz. 72, solar 15.
- Control Gas - Misbell S.A., Cdla. Bellavista, Av. José María Velasco Ibarra, Mz. 29, solar 6.
- Unigas S.A., Cdla. Acuarelas del Río, Mz. 1149, solar 9.
- Gas Power, Cdla. Bellavista, Av. José María Velasco Ibarra, Mz. 73-B, solares 22 al 24.