

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL USO DEL GLP COMO COMBUSTIBLE  
VEHICULAR VS LA GASOLINA CON BASE EN EL PILOTO GLP VEHICULAR  
IMPLEMENTADO MUNICIPIO DE CUCUTA - NORTE DE SANTANDER.**

**JORGE A. BARON SOTO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
MAESTRIA EN INGENIERIA DE PETROLEOS Y GAS  
BUCARAMANGA  
2022**

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL USO DEL GLP COMO COMBUSTIBLE  
VEHICULAR VS LA GASOLINA CON BASE EN EL PILOTO GLP VEHICULAR  
IMPLEMENTADO MUNICIPIO DE CUCUTA - NORTE DE SANTANDER.**

**JORGE A. BARON SOTO**

**Trabajo de grado para optar título de MAESTRIA EN INGENIERIA DE  
PETROLEOS Y GAS**

**Director:  
MARLON FREDDY SOTO URBINA, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
MAESTRIA EN INGENIERIA DE PETROLEOS Y GAS  
BUCARAMANGA  
2022**

## NOTA DE PROYECTO DE GRADO

## AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UIS

## **DEDICATORIA**

Al señor de la luz.

A mi madre, gestora de todo mi ser.

A mi esposa, Roció Sepúlveda Rojas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A BIOENERGAS S.A E.S.P., por sus valiosos aportes para el desarrollo del proyecto.

A Marlon Freddy Soto Urbina, por su guía y disposición como director del proyecto.

A David Gonzales, por su valiosa colaboración.

A Alfonso Gómez Yáñez, por la información compartida.

A la Universidad Industrial de Santander.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	18
1. OBJETIVOS .....	21
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
2. FUNDAMENTOS GENERALES DEL GLP .....	22
2.1 QUE ES EL GLP .....	22
2.1.1. Composición.....	22
2.1.2 Características .....	23
2.1.3 Propiedades físico-químicas .....	25
2.1.3.1 Presión de vapor. ....	25
2.1.3.2 Poder calorífico. ....	26
2.1.3.3 Gravedad especifica (densidad relativa). ....	27
2.1.3.4 Limites de inflamabilidad. ....	28
2.2. METODOS DE OBTENCION DEL GLP .....	30
2.2.1 Rompimiento catalítico del petróleo .....	31
2.2.2 Condensación de líquidos del gas natural.....	31
2.3 USOS DEL GLP.....	32
3. EL GLP COMO AUTOGAS.....	34
3.1 A NIVEL MUNDIAL .....	34
3.2 A NIVEL LOCAL .....	36
4. IMPLEMENTACION DEL GLP COMO CARBURANTE .....	40
4.1 GENERALIDADES .....	40
4.2 VENTAJAS TECNICAS .....	41
4.3 VENTAJAS AMBIENTALES .....	42
4.4 DESVENTAJAS .....	45

4.5 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL AUTOGAS EN COLOMBIA .....	46
4.5.1 Cromatografía autogas piloto municipio cúcuta.....	49
4.6 COMPARACION DEL GLP CON OTROS COMBUSTIBLES .....	49
4.7 CADENA COMERCIAL DEL AUTOGAS .....	52
5. CONCEPTOS BASICOS DE COMBUSTION .....	55
5.1 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.....	55
5.1.1 Clasificación de los motores.....	55
5.1.1.1 Motor a gasolina.....	55
5.1.1.2 Motor diesel.....	56
5.1.1.3 Motor a gas. ....	56
5.1.1.4 Motor dual. ....	56
5.2 FUNCIONAMIENTO. ....	56
5.2.1 Ciclo teórico motor 4 tiempos.....	58
5.2.1.1 Fase de admisión.....	59
5.2.1.2 Fase de compresión.....	60
5.2.1.3 Fase de combustión o expansión.....	61
5.2.1.4 Fase de escape.....	61
5.3 PROCESO DE COMBUSTION EN EL MOTOR .....	62
5.3.1 El combustible.....	63
5.3.2 El aire.....	64
5.3.3 La energía de activación .....	65
5.3.4 Los gases de escape.....	65
5.4 ESTEQUIOMETRIA DE LA COMBUSTION .....	65
5.4.1 Mezcla estequiometrica de algunos combustibles .....	66
6. GENERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUTOGAS .....	69
6.1 SISTEMAS DE INSTALACION DE GLP VEHICULAR .....	69
6.1.1 La evolución de los sistemas de GLP vehicular. ....	71
6.1.1.1 1ra Generación:.....	71
6.1.1.2 2da Generación:.....	73

6.1.1.3 3ra Generación:.....	74
6.1.1.4 4ta Generación:.....	76
6.1.1.5 5ta Generación:.....	77
6.2 COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOGAS.....	79
6.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA.....	90
6.4 ESQUEMA UBICACIÓN COMPONENTES .....	91
6.5 SEGURIDAD EN LOS VEHICULOS CONVERTIDOS A GLP VEHICULAR....	92
6.6 ESTACION DE SERVICIO GLP VEHICULAR PILOTO CUCUTA .....	100
6.7. NORMATIVIDAD COLOMBIANA APLICADA AL GLP VEHICULAR .....	103
7. CONVERSION CAMIONETA CHANA VAN 1.0.....	107
7.1 PROTOCOLO .....	107
7.2 SOFTWARE PARA CALIBRACION Y DIAGNOSTICO .....	120
7.3 PUESTA A PUNTO.....	124
8. ESTUDIO CONVERSION VEHICULO GLP (CHANA VAN 1.0.) .....	131
8.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	131
8.2 EMISIONES DE GASES.....	139
8.3 POTENCIA Y TORQUE .....	142
8.4 AUTONOMIA .....	153
8.5 ECONOMIA .....	153
8.6 MANTENIMIENTO.....	156
8.7 ESTIMACIÓN RECUPERACIÓN INVERSIÓN CONVERSIÓN GLP VEHICULAR .....	162
9. CONCLUSIONES .....	165
10. RECOMENDACIONES.....	168
BIBLIOGRAFÍA.....	170
ANEXOS .....	172

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Presión aproximada de vapor .....	26
Tabla 2 Poder calorífico de los combustibles.....	27
Tabla 3 Límites de inflamabilidad de algunos gases combustibles .....	29
Tabla 4 Propiedades aprox. del GLP .....	29
Tabla 5 Requisitos composición del GLP en Colombia .....	47
Tabla 6 Composición en volumen GLP en Europa .....	48
Tabla 7 Números de octanos de varios combustibles.....	50
Tabla 8 Poder calorífico neto de combustibles diversos .....	51
Tabla 9 Equipo de carburación 4 cilindros .....	108
Tabla 10 Insumos equipo de carburación de 4 cilindros .....	108
Tabla 11 Datos vehículo convertido.....	113
Tabla 12 Parámetros de medición .....	140
Tabla 13 Mantenimiento Autogas .....	160
Tabla 14 Mantenimiento vehículo a Gasolina .....	160

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Principales constituyentes GLP .....	22
Figura 2 Composición del GLP por fuente de producción.2015.....	23
Figura 3 Producción de GLP global .....	30
Figura 4 Proceso refinación del petróleo.....	31
Figura 5 Procesamiento del gas natural .....	32
Figura 6 Canasta energética nacional .....	33
Figura 7 Consumo de Autogas.2014 .....	35
Figura 8 Estadística global (2016) .....	35
Figura 9 Nuevos usos de GLP vehicular.....	39
Figura 10 Emisiones de diversos combustibles .....	44
Figura 11 Rango de inflamabilidad .....	49
Figura 12 Temperatura de autoignición de varios combustibles .....	51
Figura 13 Rendimiento combustibles alternativos.....	52
Figura 14 Cadena comercial del Autogas .....	52
Figura 15 Motor de Combustión Interna .....	55
Figura 16 Funcionamiento MCI.....	57
Figura 17 Fases del funcionamiento del MCI.....	58
Figura 18 Fase de admisión.....	59
Figura 19 Fase de compresión .....	60
Figura 20 Fase de combustión-expansión .....	61
Figura 21 Fase de escape .....	62
Figura 22 Reacción química de la combustión .....	63
Figura 23 Sensor Lambda.....	70
Figura 24 Sistema de inyección de GLP en estado gaseosos constante .....	75
Figura 25 Inyección de GLP secuencial en estado líquido.....	78
Figura 26 Tomas de carga-adaptadores.....	80

Figura 27 Deposito toroidal.....	81
Figura 28 Deposito cilíndrico.....	81
Figura 29 Multiválvulas .....	83
Figura 30 Aforador y corte de combustible al 80% .....	83
Figura 31 Conmutador GLP/Gasolina.....	84
Figura 32 Electroválvula de paso GLP.....	85
Figura 33 Vaporizador/reductor .....	86
Figura 34 Colector admisión y rampa .....	86
Figura 35 Filtro.....	87
Figura 36 Rampa de GLP .....	87
Figura 37 Tipos de rampas .....	87
Figura 38 Inyector GLP .....	88
Figura 39 Unidad de control sistema GLP .....	90
Figura 40 Componentes sistema Autogas .....	92
Figura 41 Disposición esquemática prueba de conformidad con la FMVSS 301 ...	93
Figura 42 Deposito de GLP después de la prueba .....	97
Figura 43 Dispensador GLP.....	102
Figura 44 Detalles estación Autogas Cúcuta .....	103
Figura 45 Parámetros de entrada .....	125
Figura 46 Enriquecimiento GLP .....	126
Figura 47 Valores reales de trabajo del vehículo .....	127
Figura 48 Ajuste Sensores.....	128
Figura 49 Mapa creado software RAIL .....	129
Figura 50 Guardar programación centralita .....	130
Figura 51 Tanque cilindrico 50 L.....	132
Figura 52 Posicionamiento vehículo sobre rodillos. Lado izq.....	144
Figura 53 Posicionamiento vehículo sobre rodillos. lado der. ....	144
Figura 54 Conexión del banco de pruebas al computador.....	145
Figura 55 Conexión de sensores al computador.....	145
Figura 56 Fijación del vehículo por delante.....	146

Figura 57 Fijación del vehículo por atrás .....	146
Figura 58 Ventilador posicionado para refrigerar el motor .....	147
Figura 59 Sincronización rpm rueda con los rodillos del banco .....	148
Figura 60 Inicio marcha para la prueba .....	149
Figura 61 Resultados medición prueba .....	149
Figura 62 Curvas HP y torque del motor a gasolina .....	150
Figura 63 Curvas HP y torque del motor a GLP.....	151
Figura 64 Curvas interpuestas HP y torque gasolina y GLP .....	152
Figura 65 Comparativo precios gasolina y GLP (Septiembre 2021) .....	155
Figura 66 Precio publicado GLP .....	156

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

pág.

Fotografía 1 Sistema con regulación manual de vacío .....	72
Fotografía 2 Sistema de Vacío regulado electrónicamente.....	74
Fotografía 3 Sistema de inyección de GLP secuencial en estado gaseoso.....	77
Fotografía 4 posición de los vehículos antes de la prueba .....	94
Fotografía 5 vista de la parte trasera del Astra después de la prueba.....	94
Fotografía 6 Bandejas llenas de gasolina debajo del vehículo .....	96
Fotografía 7 Bandejas de gasolina incendiadas .....	96
Fotografía 8 Vehículo incendiado .....	97
Fotografía 9 Estación piloto GLP Cúcuta.....	100
Fotografía 10 Tanque almacenamiento 1000 Galones GLP.....	101
Fotografía 11 Antes de la conversión .....	115
Fotografía 12 Durante la conversión.....	117
Fotografía 13 Después de la conversión .....	118
Fotografía 14 % GLP inicial en el tanque.....	133
Fotografía 15 Nivel después de repostar 5 litros.....	133
Fotografía 16 Nivel después de 10 litros repostados .....	134
Fotografía 17 Nivel en % después del recorrido en ciudad.....	134
Fotografía 18 Nivel en % después recorrido en carretera.....	135

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Resolución 40177 Energéticos bajas emisiones Colombia .....	172
Anexo B Cromatografía GLP importado .....	175
Anexo C Ficha Técnica gasolina corriente.....	176
Anexo D Tabla comparativa de combustibles .....	179
Anexo E Formato previsión conversión GLP .....	181
Anexo F Volante informativo servicio GLP municipio Cúcuta .....	182

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL USO DEL GLP COMO COMBUSTIBLE VEHICULAR VS LA GASOLINA CON BASE EN EL PILOTO GLP VEHICULAR IMPLEMENTADO MUNICIPIO DE CUCUTA - NORTE DE SANTANDER. \*

**AUTOR:** JORGE AGUSTIN BARON SOTO.\*\*

**PALABRAS CLAVE:** AUTOGAS, GLP VEHICULAR, COMBUSTIBLE VEHICULAR ALTERNATIVO, EFICIENCIA GLP VEHICULAR.

### **DESCRIPCIÓN:**

El GLP es un gas altamente inflamable a temperatura y presión ambiente cuando es mezclado con el aire atmosférico, siendo muy eficaz para el uso como combustible alternativo para los automóviles a gasolina actuales.

El GLP como combustible vehicular tiene mayor autonomía de uso, tiene alto poder calorífico, se almacena mucho más fácil en forma líquida, lo que permite su fácil almacenamiento y transporte lo que redundará en su manipulación. El GLP pesa menos que el combustible tradicional y es más seguro, ya que es menos inflamable que la gasolina.

El Autogás ha sido impulsado como combustible alternativo frente a los combustibles convencionales, como resultado del enfoque en la seguridad energética y en temas ambientales que han asumido los gobiernos y se ha reflejado en sus políticas.

El alto nivel de dependencia de la gasolina como combustible vehicular y su costo alto, además de las emisiones contaminantes superiores emitidas al medio ambiente, hace necesario el uso de un combustible alternativo que sea presentado al sector transportador y particular de la ciudad de Cúcuta.

El uso del GLP, como combustible vehicular implementado en el plan piloto avalado por el ministerio de minas y energía en la ciudad de Cúcuta, brinda la posibilidad de utilizar un energético más limpio, económico y seguro, sin que este afecte el rendimiento técnico mecánico del vehículo.

Para la realización del presente estudio, se procederá a convertir a GLP, una camioneta Chana Van 1.0, con un sistema de 4ta. Generación, con el fin de realizarle las diferentes pruebas (potencia, consumo, emisiones, etc.), que servirán de comparación con el desempeño a gasolina.

---

\*Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería de petróleos. Director: Marlon Soto Urbina, Msc.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF LPG AS VEHICULAR FUEL VS GASOLINE BASED ON THE VEHICULAR LPG PILOT IMPLEMENTED IN THE MUNICIPALITY OF CUCUTA - NORTE DE SANTANDER.\*

**AUTHOR:** JORGE AGUSTIN BARON SOTO.\*\*

**KEY WORDS:** AUTOGAS, VEHICULAR LPG, ALTERNATIVE VEHICULAR FUEL, VEHICLE LPG EFFICIENCY.

### **DESCRIPTION:**

LPG is a highly flammable gas at room temperature and pressure when mixed with atmospheric air, making it highly effective for use as an alternative fuel for today's gasoline-powered cars.

LPG as a vehicular fuel has greater autonomy of use, has a high calorific value, and is much easier to store in liquid form, which allows easy storage and transportation, which results in its handling. LPG weighs less than traditional fuel and is safer, as it is less flammable than gasoline.

Autogas has been promoted as an alternative fuel compared to conventional fuels, as a result of the focus on energy security and environmental issues that governments have assumed and has been reflected in their policies.

The high level of dependence on gasoline as a vehicular fuel and its high cost, in addition to the higher polluting emissions emitted into the environment, make it necessary to use an alternative fuel that is presented to the transportation and private sector of the city of Cúcuta.

The use of LPG, as a vehicle fuel implemented in the pilot plan endorsed by the Ministry of Mines and Energy in the city of Cúcuta, offers the possibility of using a cleaner, cheaper and safer energy source, without affecting the mechanical technical performance of the vehicle.

To carry out this study, a Chana Van 1.0 truck will be converted to LPG, with a 4th gear system. Generation, in order to carry out the different tests (power, consumption, emissions, etc.), which will serve as a comparison with gasoline performance.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of Physicochemical Engineering. School of Petroleum Engineering. Director: Marlon Soto Urbina, Msc.

## INTRODUCCIÓN

Los combustibles derivados del petróleo son la fuente de energía que aprovecha el motor de los vehículos para su movilización y ya es costumbre que periódicamente se pase por la estación de servicio y se cumpla con la rutina de llenar el tanque bien sea con GASOLINA o ACPM, en una operación sencilla y sin ningún problema de seguridad. Pues bien, ahora se cuenta con un combustible alternativo, como lo es el GLP.

El GLP, también conocido como Autogas, proviene de la mezcla de propano, butano y otros gases en menor proporción. Se extrae de la refinación del crudo del petróleo o del proceso de separación del crudo o gas natural en los pozos de extracción y se caracteriza por su alto rendimiento, bajo costo y emisiones reducidas de partículas contaminantes. Al ser catalogado como un combustible de transición, se ha convertido en una fuente energética ampliamente utilizada en el mundo, con un estimado de 27 millones de vehículos, de acuerdo con la Asociación Mundial del GLP<sup>1</sup>.

Por su versatilidad el GLP es utilizado para diferentes usos como cocción de alimentos, transporte marítimo, calefacción en los hogares, entre otros **y recientemente en Colombia, como combustible en el transporte vehicular.**

Un combustible más económico que la gasolina y el ACPM, y mucho más amigable con el medio ambiente que los carburantes tradicionales, comienza a ganar espacio en las estaciones de servicio, tras la aprobación en la plenaria de la cámara de representantes del proyecto de ley 007 de 2012<sup>2</sup>, por la cual se regula el uso, la producción e importación de gas licuado de petróleo (GLP) con destino a

---

<sup>1</sup><https://www.elheraldo.co/mas-negocios/inauguran-en-cartagena-una-de-las-primeras-estaciones-de-suministro-glp-837938>.

<sup>2</sup> <https://vlex.com.co/vid/proyecto-ley-2012-ca-mara-451041118>

carburación en motores de combustión interna en general, Autogas y otros usos alternativos.

El GLP no estaba permitido como combustible vehicular para uso masivo en Colombia, la conversión de vehículos para que funcionen con GLP, era una actividad que solo se autorizaba, por vía de excepción, a las empresas distribuidoras de GLP para consumo interno operativo de los vehículos destinados exclusivamente al reparto de gas en cilindros, según lo dispuesto en la ley No. 689 de Agosto 23 del 2001<sup>3</sup>.

Mediante la resolución 40577 de 2016<sup>4</sup>, el MME autoriza el uso del gas licuado de petróleo, (GLP), como carburante en motores de combustión interna, carburante en transporte automotor (Autogás) y demás usos del GLP, para **la realización de pruebas piloto en el territorio colombiano**, con el fin de contar con los estudios técnicos requeridos que permitan la utilización del GLP.

Además con base en el desarrollo de las pruebas piloto y de acuerdo con las características físico-químicas del GLP, se requiere determinar los niveles de contaminación al ser usado como combustible en motores de combustión interna y en transporte automotor, evaluar la autonomía del vehículo debido a la diferencia en energía calorífica de este producto con respecto a la gasolina motor y el diésel, las condiciones de adaptabilidad de los motores y los posibles impactos que se puedan presentar por el uso de este combustible.

El ministerio de minas y energía emitió la resolución 40368 de 4 de diciembre de 2020<sup>5</sup> por la cual se expidió el reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio que suministran gas licuado de petróleo (GLP) para uso vehicular, quedando lista toda la regulación que da vía libre para que el gas licuado del

---

<sup>3</sup>[https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-solidos/Normatividad/RESIDUOS\\_SOLIDOS/L\\_689\\_2001\\_Modifica\\_L\\_142.pdf](https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-solidos/Normatividad/RESIDUOS_SOLIDOS/L_689_2001_Modifica_L_142.pdf)

<sup>4</sup> <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col157832.pdf>

<sup>5</sup> <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180//23517//48772-40368.pdf>

petróleo pueda ser usado en Colombia en medios de transportes terrestres y fluviales.

Bioenergías S.A E.S.P.<sup>6</sup>, empresa comercializadora mayorista de energéticos, presentó ante el MME, el proyecto de pruebas piloto de Autogas a realizarse en el municipio de Cúcuta, Norte de Santander. Este incluye la conversión de 19 vehículos de servicio público tipo taxi y el montaje de una estación de servicio de GLP.

Para la realización del presente estudio, se procederá a convertir a GLP, una camioneta Chana Van 1.0, con un sistema de 4ta. Generación, con el fin de realizarle las diferentes pruebas que servirán de comparación con el desempeño a gasolina.

La entrada en operación de estaciones de servicio para GLP vehicular, es el resultado de las políticas públicas que se han impulsado desde el Ministerio de Minas y Energía para que en Colombia se cuenten con más alternativas de combustibles, amigables con el medio ambiente y a precios más favorables. El GLP es clave para la transición energética y para la movilidad sostenible, porque reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> en 21% y el número de partículas en un 81%<sup>7</sup>.

Parte de la contaminación atmosférica global es debido al uso de combustibles derivados del petróleo en los vehículos automotores, que promueven principalmente emanaciones de óxidos de carbono, nitrógeno y otros compuestos volátiles perjudiciales al ambiente; sin embargo, en los últimos años ha crecido una gran expectativa en la implementación del gas licuado de petróleo como un combustible alternativo e incluso de transición hacia otras fuentes de energía automotriz más amigables (sin aportes de compuestos de carbono) al medio ambiente.

---

<sup>6</sup> <https://bioenergias.com.co/nuestra-compania/>

<sup>7</sup> <https://www.portafolio.co/economia/barranquilla-estrena-cuatro-puntos-de-servicio-que-suministraran-glp-558619>

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la eficiencia global (mecánica, ambiental, autonomía) del uso del GLP como combustible alternativo vs la gasolina con base en el piloto GLP vehicular implementado municipio de Cúcuta-Norte de Santander.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

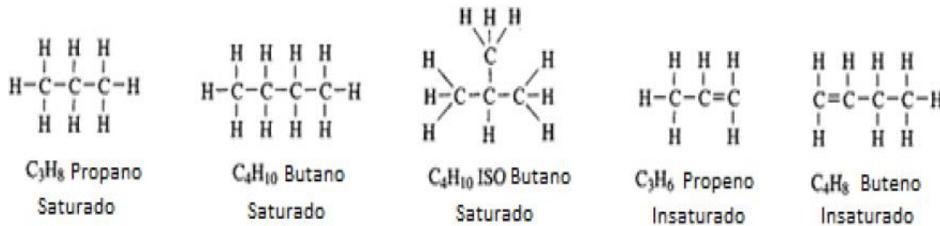
- ✓ Describir el estado actual del uso del GLP como combustible vehicular a nivel nacional e internacional.
- ✓ Estimar las variables técnicas, económicas, ambientales y normativas que impactan el uso del GLP como combustible vehicular en un vehículo tipo microbús, servicio particular, marca: CHANA, cilindrada: 1012 cc, convertido previamente, en condiciones normales de operación.
- ✓ Evaluar los resultados de la eficiencia del uso del GLP como combustible vehicular vs la gasolina con base en el piloto GLP vehicular implementado en el municipio de Cúcuta -Norte de Santander, en base a las variables estimadas.
- ✓ Realizar un documento informativo que presente al sector transportador de la ciudad de Cúcuta, la disponibilidad, ventajas y desventajas del uso del GLP como combustible vehicular.

## 2. FUNDAMENTOS GENERALES DEL GLP

### 2.1 QUE ES EL GLP

Desde el punto de vista de la naturaleza química del GLP, son aquellos hidrocarburos condensables a temperatura ambiente, mediante la aplicación de presiones moderadas (menores o cercanas a 100 psig<sup>8</sup>), o enfriamiento a presión atmosférica, razón que le permite ser fácilmente almacenable y transportado en forma líquida. El combustible como tal, se caracteriza por tener mezclas de hidrocarburos constituidos principalmente de propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), iso-butano y butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), y en proporciones menores de etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), etilenos (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), propenos (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), butenos (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>) y pentano (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) (ver Figura 1). Además, es posible encontrarse otros compuestos de naturaleza distinta a los hidrocarburos, tales como: sulfuros, agua y dióxido de carbono.

Figura 1 Principales constituyentes GLP



Fuente: Chaparro Giglio mauricio, Evaluación del uso del GLP en vehículos automotores convencionales sobre territorio colombiano.

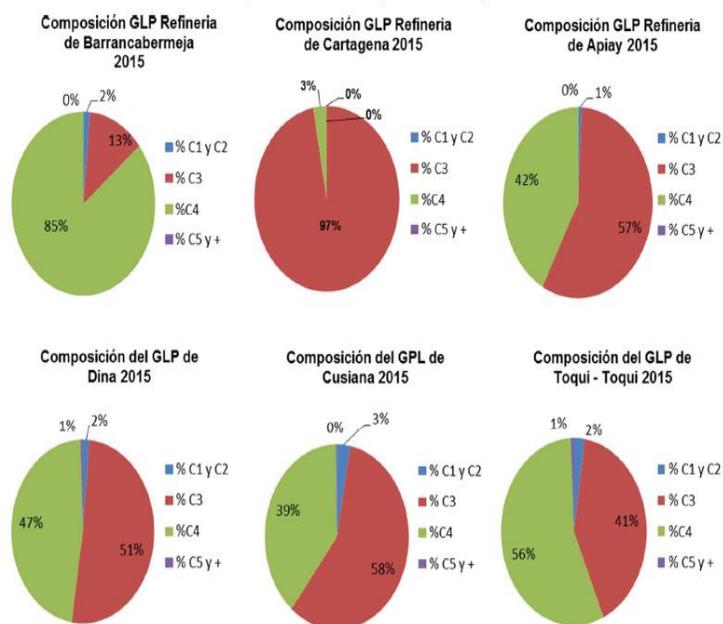
#### 2.1.1. COMPOSICIÓN.

En base a la composición del GLP producido mundialmente, se puede decir que este varía entre países con climas fríos y cálidos. Conteniendo en el primero, una alta proporción de propano y propenos en el orden de proveer una adecuada presión de vapor en invierno, mientras que, en países cálidos el GLP consiste en su mayoría de butano y butenos.

<sup>8</sup> Unidad presión manométrica sistema inglés. Pounds Square Inches gauge. Libra/pulg<sup>2</sup>

En Colombia, varían las proporciones en la composición del GLP de acuerdo con la refinería o planta donde se obtenga. la composición química del GLP dependerá en gran medida de su fuente de obtención, ya sea del petróleo mediante rompimiento catalítico en una refinería, o de procesos de separación continua del gas natural. Se muestran algunas diferencias en composición del GLP extraído de diferentes fuentes<sup>9</sup>. (ver figura 2)

Figura 2 Composición del GLP por fuente de producción.2015



Fuente: Cadena del gas licuado del petróleo. UPME.2017

### 2.1.2 CARACTERÍSTICAS

-Puede encontrarse en estado líquido y gaseoso. A condiciones atmosféricas normales está en fase gaseosa, pero al comprimirlo pasa a estado líquido, es decir se licua.

<sup>9</sup> Fuente: Cadena del gas licuado del petróleo. UPME.2017

- No tiene color: la excepción es cuando se presenta una fuga de líquido, en que se observa como una nube blanca.
- No tiene olor: Cuando Se dice “huele a gas” en realidad se habla de la percepción olfativa de sustancias con fuerte olor que se adicionan al GLP, para poderlo detectar en el caso de una fuga.
- El GLP pueden almacenarse y transportarse como líquido bajo presión y vaporiza fácilmente a temperaturas bajas.
- Como todo fluido, pero especialmente en fase vapor, se expande cuando se le aplica calor y poca presión y se contrae a menor temperatura o mayor presión. Todo aumento en la temperatura se refleja en incremento de la presión del vapor.
- Por sí mismo no es venenoso ni tóxico, pero si se libera en espacios confinados, puede presentar riesgos por inhalación, ya que el GLP desplaza el oxígeno, causando asfixia.
- No es corrosivo, para materiales como el acero, cobre ni sus aleaciones.
- Al vaporizar 1 litro de GLP en fase líquida se obtienen aproximadamente 270 litros de GLP en fase de vapor.
- Cuando se mezcla con la cantidad apropiada de aire, puede haber combustión sostenida.
- Puede generar quemaduras al contacto con la piel puesto que es sometido a condiciones muy bajas de temperatura para su proceso de condensación.

## **2.1.3 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

### **2.1.3.1 PRESIÓN DE VAPOR.**

Es la presión que se alcanza a una determinada temperatura, entre la fase líquida y la fase de vapor del GLP, de tal manera que encuentran el equilibrio dinámico.

Su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas. En la situación de equilibrio, las fases reciben la denominación de líquido saturado y vapor saturado. Lo importante es que la presión de vapor es aquella en la cual se mantiene el equilibrio entre las dos fases.

El factor más importante que determina el valor de la presión de vapor es la propia composición del producto. En general, la presión de vapor a una temperatura dada, es tanto menor cuanto mayor es el peso molecular del líquido.

En las instalaciones industriales, comerciales y residenciales, donde se utiliza el GLP vaporizado como combustible, la presión de vapor se constituye en la fuerza que mueve el gas y le permite salir hacia los puntos de consumo. No se requiere de ningún equipo para hacerlo mover hacia estos puntos, pues vaporiza naturalmente.

Entre el butano y el propano, componentes principales del GLP, para las mismas condiciones de temperatura, el Propano es el que presenta mayor presión de vapor. De ahí que se prefiera como elemento propelente en algunos recipientes que dispensan fluidos con presión, tales como las pinturas, cremas de afeitar, lociones, lacas, etc. y ha sido un excelente sustituto para los fluorocarbonados<sup>10</sup> que tanto daño le causaron a la capa de ozono.

La tabla 1 muestra la presión de vapor del propano y butano a varias temperaturas

---

<sup>10</sup> Son compuestos químicos que contienen enlaces carbono-flúor. La relativamente baja reactividad y alta polaridad del enlace carbono-flúor los dota de características únicas. Los fluorocarbonos tienden a romperse muy lentamente en el medio ambiente y por tanto muchos se consideran contaminantes orgánicos persistentes.

Tabla 1 Presión aproximada de vapor

TEMP		TABLA 2 PRESIÓN APROXIMADA DE VAPOR, P. SIG						
		PROPANO			A	BUTANO		
°F	°C	100%	80/20	60/40	50/50	40/60	20/80	100%
-40	-40	3.6	-	-	-	-	-	-
-30	-34,4	8	4.5	-	-	-	-	-
-20	-28,9	13.5	9.2	4.9	1.9	-	-	-
-10	-23,3	20	16	9	6	3.5	-	-
0	-17,8	28	22	15	11	7.3	-	-
10	-12,2	37	29	20	17	13	3.4	-
20	-6,7	47	36	28	23	18	7.4	-
30	-1,1	58	45	35	29	24	13	-
40	4,4	72	58	44	37	32	18	3
50	10	86	69	53	46	40	24	6.9
60	15,6	102	80	65	56	49	30	12
70	21,1	127	95	78	68	59	38	17
80	26,7	140	125	90	80	70	46	23
90	32,2	165	140	112	95	82	56	29
100	37,8	196	168	137	123	100	69	36
110	43,3	200	185	165	148	130	80	45

Fuente: Fisher, LP-10. Gas LP. Manual del técnico

### 2.1.3.2 PODER CALORÍFICO.

El poder calorífico es la cantidad de energía que libera la combustión de una determinada cantidad de sustancia.

Se mide en unidades de energía por unidad de masa o volumen del combustible. Las unidades de energía más empleadas son BTU<sup>11</sup>, Calorías<sup>12</sup> y Julios<sup>13</sup>. En

<sup>11</sup> Un BTU (British Thermal Unit - Unidad Térmica Británica) es la cantidad de energía (calor) necesario para incrementar la temperatura de 1 libra de agua en 1 grado Fahrenheit.

<sup>12</sup> caloría es la cantidad de calor (que es una forma de energía) necesaria para producir un incremento de temperatura de 1 °C en una muestra de agua con una masa de 1 g desde 14,5 °C hasta 15,5 °C

Colombia, las unidades empleadas para medir el poder calorífico del GLP, normalmente son BTU/galón o BTU/libra.

En muchos países, el costo del gas se basa en su poder calorífico (a mayor poder calorífico, mayor precio).

Los poderes caloríficos del Propano y Butano son de 90.902 y 102.9252 BTU/gal<sup>14</sup> respectivamente, es decir que un galón de Butano es capaz de liberar más energía que un galón de Propano. En la tabla 2 se muestran el poder calorífico de los combustibles más comunes

Tabla 2 Poder calorífico de los combustibles

<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>UNIDADES DE ENERGÍA</b>
Gasolina Básica	115.400 BTU/Galón
Alcohol Carburante	84.000 BTU/Galón
Diesel Básico	138.000 BTU/Galón
Biodiesel	126.000 BTU/Galón
GLP	96.000 BTU/Galón
Gas Natural	35.315 BTU/M3

Fuente: UPME

### **2.1.3.3 GRAVEDAD ESPECIFICA (DENSIDAD RELATIVA).**

La densidad relativa o gravedad específica de un fluido es la relación entre su densidad y la del agua o la del aire, dependiendo de la fase (líquida o vapor) en que se encuentre el fluido. Dado que esta propiedad se afecta por la presión y

<sup>13</sup> Es la unidad derivada del Sistema Internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor. Como unidad de trabajo, el julio se define como la cantidad de trabajo realizado por una fuerza constante de un newton en un metro de longitud en la misma dirección de la fuerza.

<sup>14</sup> GPA. Gas Processors Association Standards.

temperatura, usualmente ambos componentes de la relación se miden a Condiciones Estándar<sup>15</sup>.

La densidad relativa del propano líquido, a condiciones estándar, es de 0.507. Esto significa que el peso del propano es aproximadamente la mitad del peso del agua (más ligero que el agua). Si lo comparamos con el aire, la densidad relativa del propano, en fase vapor, en condiciones estándar, es de 1.52, lo que indica que el Propano gaseoso es aproximadamente una y media vez más pesado que el aire.

La densidad relativa del butano líquido, a condiciones estándar, es de 0.58; es decir que su peso es aproximadamente la mitad del peso del agua (más ligero que el agua), pero más pesado que el Propano. Si se compara con el aire, la densidad relativa del Butano, en fase vapor, en condiciones estándar es de 2.00, lo que indica que el Butano gaseoso es aproximadamente dos veces más pesado que el aire.

#### **2.1.3.4 LIMITES DE INFLAMABILIDAD.**

Los límites de inflamabilidad (Ver tabla 3) establecen la proporción de gas y aire necesario para que se produzca la combustión, mediante un límite superior y otro inferior.

Existen dos límites de inflamabilidad:

El Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) es la concentración mínima de gas en el aire por debajo de la cual el fuego no es posible.

Límite Superior de Inflamabilidad (LSI) es la máxima concentración de gas en el aire por encima de la cual el fuego no es posible.

---

<sup>15</sup> Son los valores de presión y temperatura que se toman como parámetro de comparación de mediciones y que se definen a través de un acuerdo o de una norma gubernamental. Temperatura 60°F (15.5 °C) y Presión 14.7 psi (1 atm).

Por debajo del LII, se considera que la mezcla es "demasiado pobre" para arder, por encima del LSI, es "demasiado rica" para arder.

Tabla 3 Limites de inflamabilidad de algunos gases combustibles

	<b>PROPANO</b>	<b>BUTANO</b>	<b>GAS NATURAL</b>
Límite superior de inflamabilidad	9.6%	8.6%	14.0%
Límite inferior de inflamabilidad	2.1%	1.5%	4.0%

Fuente: NPGA. Propane emergencies

Las propiedades físico-químicas del GLP, se muestran en la tabla 4:

Tabla 4 Propiedades aprox. del GLP

Tabla 1	PROPANO	BUTANO
Fórmula	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Punto de ebullición inicial, °F	-44	31
Gravedad específica de líquido (Agua = 1.0) a 60°F	0,504	0.582
Peso por galón de líquido a 60°F, LB	4.20	4.81
Calor específico de líquido, BTU/LN a 60°F	0.630	0.549
Pies cúbicos de vapor por galón a 60°F	36.38	31.26
Pies cúbicos de vapor por libra a 60°F	8,66	6,51
Gravedad específica de vapor (Aire=10) a 60°F	1,50	2,01
Temperatura de ignición en el aire °F	920 – 1,120	920 – 1,120
Temperatura máxima en el aire °F	3,595	3,615
Pies cúbicos de aire requeridos para quemar un pie cúbico de gas	23.86	31.02
Límites de combustión en el aire, % de vaporización de gas en el aire		
(a) Más bajo	2,15	1.55
(b) Más alto	9,60	8,60
Calor latente de vaporización al punto de ebullición:		
(a) Libras por BTU	184	167
(b) Galones por BTU	773	808
Valor total de calor después de la vaporización:		
(a) Pies cúbicos por BTU	2,488	3,280

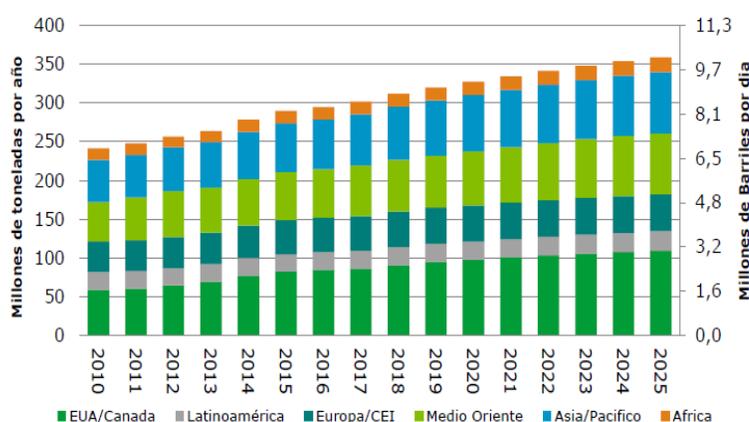
(b) Libra de BTU	21,548	21,221
(c) Galones por BTU	91,502	102,032

Fuente: Fisher, LP-10. Gas LP. Manual del técnico

## 2.2. METODOS DE OBTENCION DEL GLP

Los principales productores a nivel mundial de GLP son: Estados Unidos, Arabia Saudita y China<sup>16</sup>. Ver figura 3.

Figura 3 Producción de GLP global



Fuente: Tendencias mundiales del GLP y su impacto en Colombia. 1er Congreso internacional del GLP. Colombia. 2018

Cerca del 62% del gas que se produce hoy a nivel mundial viene asociado y es separado en las plantas donde se procesa el gas natural y el 38% se obtiene de las refinerías como subproducto del procesamiento del crudo.<sup>17</sup>

En Colombia, aproximadamente el 48% del GLP que se comercializa se obtiene del procesamiento del gas natural, mientras que el 35% se obtiene en refinería y por importaciones el 17%<sup>18</sup>.

<sup>16</sup> Tendencias mundiales del GLP y su impacto en Colombia. 1er Congreso internacional del GLP. Colombia. 2018

<sup>17</sup> <http://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2019/08/INFORME-DEL-SECTOR-DEL-GLP-2019.pdf>

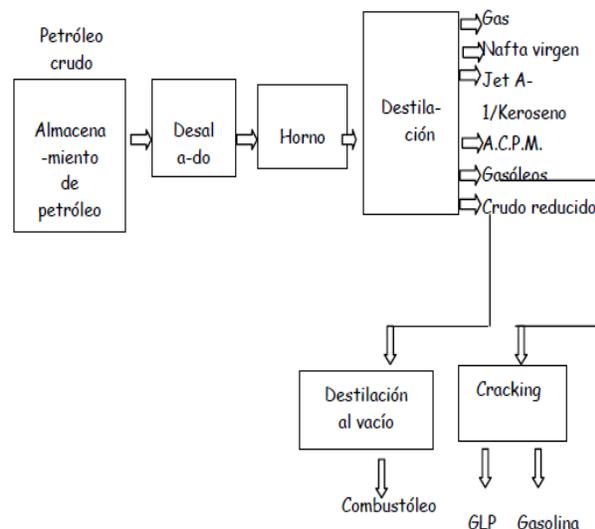
<sup>18</sup> Ibid.

### 2.2.1 ROMPIMIENTO CATALÍTICO DEL PETRÓLEO

Al cargar el crudo en la refinería, se obtienen destilados del proceso de refinación primaria, como nafta, keroseno, diésel, gas y gasóleos.

Estos gasóleos son la materia prima para la producción de GLP. El proceso continúa cuando éstos se cargan a una planta o “unidad de ruptura catalítica” donde mediante un reactor, con base en un catalizador, se obtiene gasolina de alto octanaje, GLP y otros productos. Los gases que constituyen el GLP son separados y almacenados como líquidos a presión. (Figura. 4).

Figura 4 Proceso refinación del petróleo

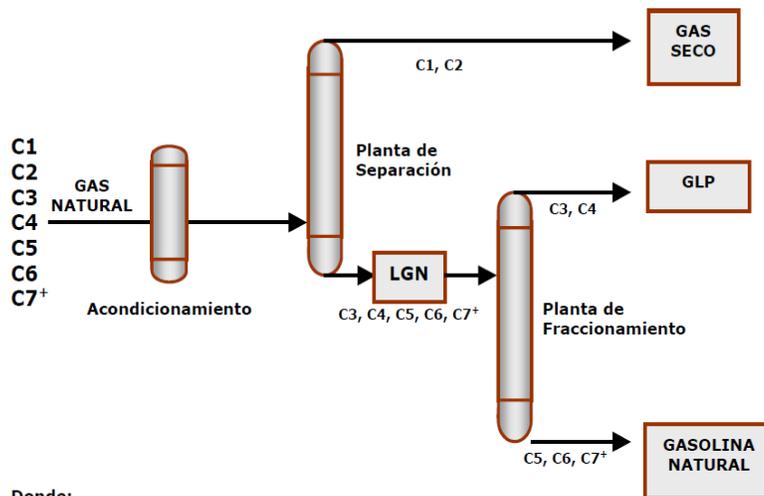


Fuente: <https://www.buenastareas.com/ensayos/preguntas-y-respuestas-sobre-glp/31226950.html>

### 2.2.2 CONDENSACIÓN DE LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL

El Gas Natural se encuentra “húmedo” o mezclado con otros hidrocarburos en fase líquida o gaseosa en depósitos o en los pozos de petróleo. Una vez extraído se separan los diferentes gases y líquidos, en una planta construida para tal propósito. El gas natural se despacha por gasoducto hacia los puntos de consumo y el GLP y demás productos se almacenan para su posterior comercialización. (Fig. 5)

Figura 5 Procesamiento del gas natural



**Donde:**

C1: Metano; C2: Etano; C3: Propano; C4: Butano; C5: Pentano; C6: Hexano; C7<sup>+</sup>: Heptano e hidrocarburos mas pesados.

Fuente: Ventajas del uso del gas natural para la industria.

### 2.3 USOS DEL GLP

El GLP fue utilizado una vez la industria del petróleo se desarrolló plenamente. Su historia está documentada desde principios del siglo XX. La gasolina que se producía en aquella época se evaporaba rápidamente mientras estaba almacenada, lo cual era un problema. En 1911, el químico norteamericano Walter Snelling demostró que la evaporación se debía al propano y al butano presentes en el combustible. No tardó en desarrollar un método práctico para separar estos gases de la gasolina<sup>19</sup>.

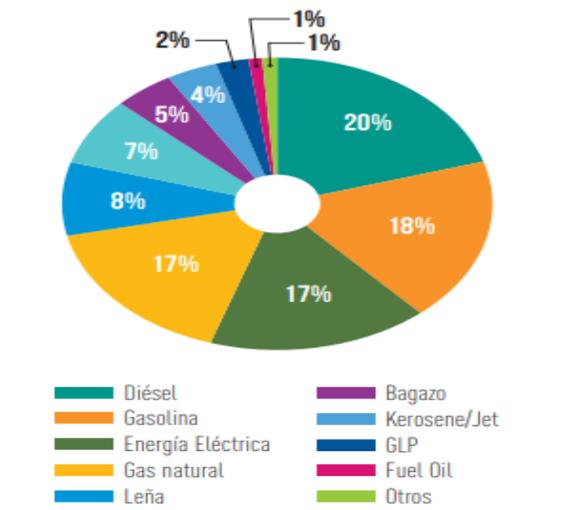
El propano, butano y sus mezclas poseen propiedades importantes como combustibles y son ampliamente utilizados en distintas aplicaciones.

El GLP se utiliza en el sector residencial, comercial, industrial, transporte, agricultura o generación de energía. Es utilizado como materia prima en la industria petroquímica para la fabricación de plásticos, obtención de olefinas para numerosos productos y como aditivo para aumentar el índice de octano de las gasolinas.

<sup>19</sup> <https://www.gasnova.co/historia-del-glp-a-nivel-mundial/>

El GLP representa un 2% del total de la canasta energética nacional (ver figura 6). En esta canasta energética el diésel y la gasolina, combustibles altamente contaminantes, representan aproximadamente el 40% del total. Los programas del gobierno definidos en el Plan Nacional de Desarrollo (2018-2022) como son los vehículos limpios (Autogás), el reemplazo del diésel por GLP para generación eléctrica y la sustitución de leña y carbón por GLP, van dirigidos a formar una canasta energética nacional más limpia, incrementando de esta forma la participación del GLP en la misma<sup>20</sup>.

Figura 6 Canasta energética nacional



Fuente: Balance Energético Colombiano (UPME, 2019)

<sup>20</sup> <http://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2019/08/INFORME-DEL-SECTOR-DEL-GLP-2019.pdf>

### 3. EL GLP COMO AUTOGAS

#### 3.1 A NIVEL MUNDIAL

En el mundo el GLP es el combustible más utilizado en el sector automotriz después de la gasolina y el diésel. Según la Asociación Mundial del GLP (WLPGA por sus siglas en inglés), 27 millones de vehículos utilizan el Autogas (Gas LP vehicular) y más de 90 modelos son producidos por los principales fabricantes de automóviles con esta alternativa energética de origen. Se han instalado 76.000 sitios minoristas para su suministro<sup>21</sup>.

Los casos de éxito están en diferentes latitudes<sup>22</sup>: los países con mayores índices de consumo de Autogás son Corea (3,78 millones de toneladas de combustible, 2,3 millones de vehículos), Rusia (2,9 millones de toneladas, 3 millones de autos), Turquía (2,83 millones de toneladas, 4 millones de carros) y Tailandia (1,97 millones de toneladas, 1 millón de automotores).

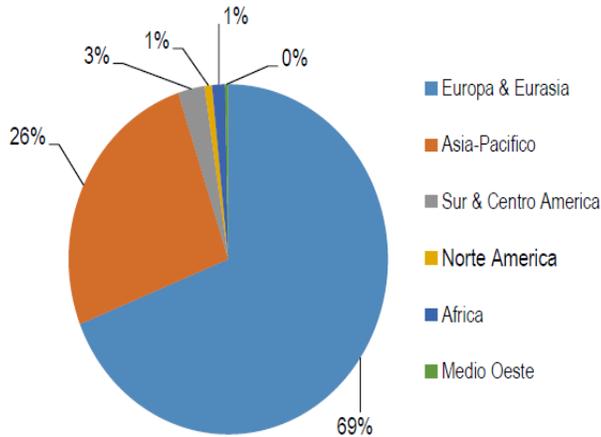
La Figura 7, permite observar de manera porcentual la variación en cantidad de vehículos que en el año 2014 consumieron GLP como combustible automotor por regiones en el mundo, siendo la región de Europa-Eurasia con un consumo superior al 50% del total.

---

<sup>21</sup> [http://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2019/08/INFORME-DEL-SECTOR-DEL-G LP-2019.pdf](http://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2019/08/INFORME-DEL-SECTOR-DEL-G-LP-2019.pdf)

<sup>22</sup> Ibid.

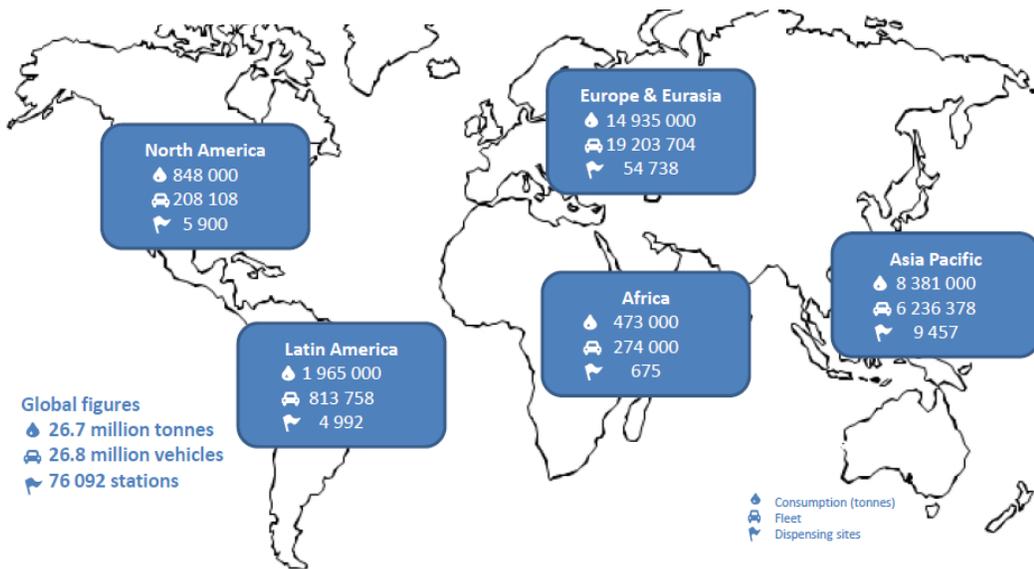
Figura 7 Consumo de Autogas .2014



Fuente: WLPGA y ARGUS

La figura 8 muestra una estadística global (2016), donde nos indica por continentes, el consumo en millones de toneladas, los vehículos que utilizan Autogas y las estaciones disponibles.

Figura 8 Estadística global (2016)



Fuente: Argus Media for WLPGA

De acuerdo con la WLPGA, los automóviles impulsados por Autogás –comparados bajo condiciones equivalentes a aquellos que utilizan gasolina– emiten 81% menos partículas y 21% menos de monóxido de carbono; mientras que, frente a los impulsados por diésel, generan 74% menos partículas y 81% menos emisiones de carbono<sup>23</sup>.

### 3.2 A NIVEL LOCAL

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es un recurso energético, tiene una combustión limpia, facilidades para ser almacenado y un precio menor que el de los combustibles tradicionales. Actualmente es uno de los combustibles alternativos más utilizados en el mundo por **economía y adaptabilidad a un contexto donde las tecnologías amigables con el medio ambiente priman como elemento esencial del desarrollo sostenible**<sup>24</sup>.

La Ley 1955 de 2019<sup>25</sup>: “Por el cual se expide el plan de desarrollo 2018- 2022. "pacto por Colombia, pacto por la equidad”, ordena la inclusión de vehículos limpios: “...son los que generan cero o bajas emisiones, como los eléctricos y los dedicados a gas natural e híbridos; también los que usan combustibles como el hidrógeno, **el gas licuado de petróleo**, el diésel o gasolina de bajo contenido de azufre, inferior a 50µg/m<sup>3</sup><sup>26</sup>...” [Pacto V, pág. 464]. Entre las iniciativas más relevantes del PND<sup>27</sup> con respecto a vehículos limpios están:

- a) Aumentar el ingreso de vehículos limpios, considerando la infraestructura para su operación e incluyendo los instrumentos financieros para su desarrollo [Pacto V, pág. 469].
- b) MinTransporte gestionará la incorporación de vehículos limpios en sistemas de transporte público cofinanciados por la Nación [Pacto V, pág. 469].

<sup>23</sup> <http://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2019/08/INFORME-DEL-SECTOR-DEL-GLP-2019.pdf>

<sup>24</sup> <https://doczz.es/doc/418288/gas-licuado-de-petr%C3%B3leo--%C2%BFuna-opci%C3%B3n-de-combustible>

<sup>25</sup> Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”.

<sup>26</sup> 1 µg = (1/1000) mg = 0.001 mg por cada metro cubico

<sup>27</sup> Plan nacional de desarrollo

c) MinTransporte con MinAmbiente y MinCIT optimizarán el procedimiento de reducción de arancel para la importación de vehículos limpios [Pacto V, pág. 469]. Este planteamiento de vehículos limpios incluyendo Autogás también se direccionó a que el SICOM<sup>28</sup> sea implementado para **el Autogás**, de la siguiente manera: “...Min Energía fortalecerá el Sistema de Información de Combustibles (SICOM) mediante la consolidación del módulo de Gas Natural Vehicular (GNV), **incluso de Autogás**, entre otros, y la mejora de las herramientas para el control y seguimiento de los agentes de la cadena de distribución de combustibles...” [Pacto VIII, pág. 671].

La utilización del GLP como combustible vehicular en el parque automotor colombiano, no estaba permitido por el gobierno nacional, solo por vías de excepción las empresas distribuidoras de GLP podían convertir los vehículos que estaban destinados exclusivamente al reparto en cilindros y distribución a granel (ley No. 689 de agosto 23/01).

La aprobación en la plenaria de la cámara de representantes del proyecto de ley 007 de 2012, que autoriza el uso de Gas Licuado del Petróleo (GLP) para diversos usos incluido el de combustible vehicular, permite utilizarlo en Colombia.

Con la Resolución 40340 del 9 de noviembre de 2020 <sup>29</sup>se da cumplimiento al artículo 210 de la ley 1753 de 2015<sup>30</sup>, que autoriza al **gas licuado del petróleo** (GLP) como carburante en motores de combustión interna para medios de transporte automotor (terrestre, fluvial y marítimo).

De acuerdo con este lineamiento, el Ministerio de Minas y Energía, en la resolución 40577 de junio de 2016<sup>31</sup>, **autorizó la realización de pruebas piloto**

---

<sup>28</sup> Sistema de información de combustibles.

<sup>27</sup> Requisitos que deben cumplir los agentes para la prestación del servicio de Gas Licuado de Petróleo (GLP) para uso vehicular (AutoGLP y NautiGLP) como carburante de transporte automotor.

<sup>30</sup> Se expide el Plan nacional de desarrollo 2014-2018. Todos por un nuevo país.

<sup>31</sup> Por la cual se autoriza el uso del Gas Licuado de Petróleo, (GLP), como carburante en motores de combustión interna, carburante en transporte automotor (Autogás) y demás usos del GLP, para la realización de pruebas piloto en el territorio colombiano.

**en el territorio nacional**, con el fin de evaluar el comportamiento del GLP como combustible automotor en motores de combustión interna y otras disposiciones asociadas a la puesta en marcha de este piloto.

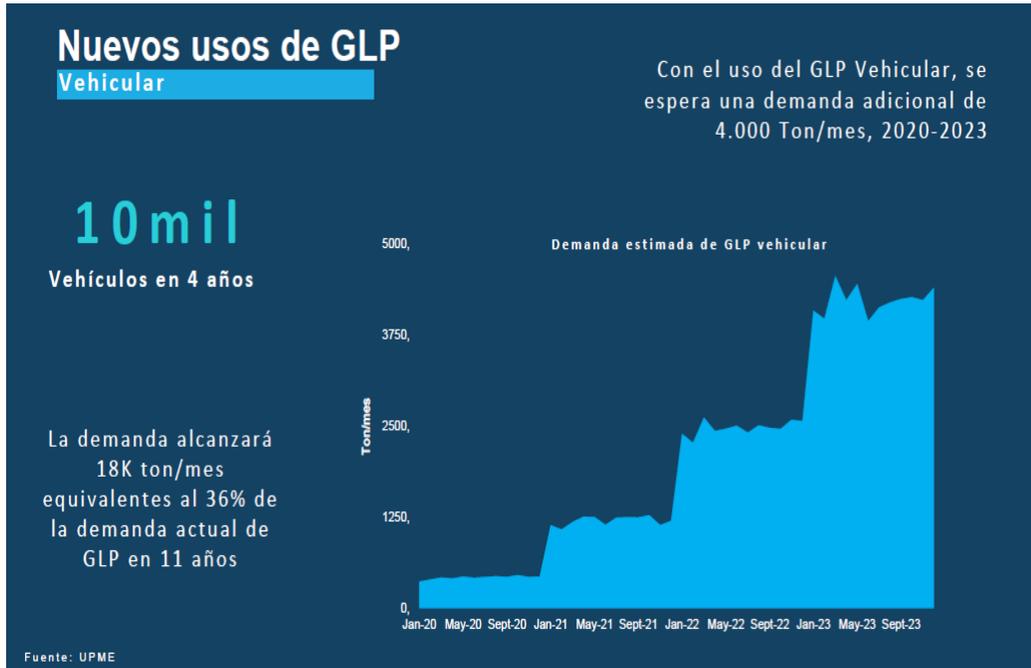
El resultado final del piloto que se está ejecutando, está aún pendiente por conocerse y su realización se encuentra en cabeza del Ministerio de Minas y Energía. Colombia venía incursionando de manera desordenada e irregular en este consumo dado que las empresas distribuidoras estaban autorizadas para usar el GLP como combustible automotor en los vehículos utilizados para su actividad distribuidora, sin embargo el país aún carece de los reglamentos técnicos de conversión, la acreditación de talleres certificados para la conversión, y otros aspectos de control de otros organismos como el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, entre otros.

Un total de 13 millones de vehículos conforman el parque automotor en Colombia: 7,1 millones son motocicletas y 5,9 millones automóviles, de acuerdo con el informe Situación Automotriz 2018, elaborado por BBVA Colombia. Estas cifras evidencian el potencial de mercado que tienen los combustibles que pueden servir de alternativa a la gasolina, como es el caso del Autogas<sup>32</sup>. La figura 9, nos muestra la proyección de Autogas en Colombia en 4 años.

---

<sup>32</sup> <http://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2019/08/INFORME-DEL-SECTOR-DEL-GLP-2019.pdf>

Figura 9 Nuevos usos de GLP vehicular



Fuente: El mercado internacional y el colombiano del GLP. 2do. Congreso internacional del GLP. 2019. Colombia.

## 4. IMPLEMENTACION DEL GLP COMO CARBURANTE

### 4.1 GENERALIDADES

**El gas licuado de petróleo es actualmente el combustible alternativo más utilizado en el mundo<sup>33</sup>** y, poco a poco, comienza a ganar terreno frente a los carburantes tradicionales: la gasolina y el diésel. Aunque su penetración en el mercado es aún muy inferior a la de estos dos tipos de vehículos,

El Autogas o GLP, abreviatura de "gases licuados del petróleo", es la mezcla de hidrocarburos en los que el butano o el propano son dominantes. Los componentes del Autogas, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, en recipientes cerrados y temperatura ambiente, una gran parte de los mismos están en fase líquida y ocupan un volumen 250 veces inferior al que ocuparían en estado vapor, propiedad que se aprovecha para su almacenamiento y transporte en recipientes a presión. **Sus características de alta pureza, y la homogeneidad de sus componentes, hace que sea muy fácil ajustar el aire necesario para que la combustión de estos productos sea la idónea.** Además, y esta es una de sus principales características, están prácticamente exentos de azufre y otras sustancias como metales<sup>34</sup>.

Este carburante, que casi elimina la emisión de los gases más contaminantes que generan los combustibles convencionales, sobre todo óxidos de nitrógeno y partículas en suspensión, es la alternativa ecológica más utilizada en el mundo.

El impulso de los combustibles ecológicos tiene muchas ventajas para el medio ambiente, además de las ventajas técnicas de las que este gas permite dotar a los vehículos, como son una combustión más limpia y completa, un costo inferior a los carburantes convencionales, mayor duración del motor, mantenimiento más económico, conducción suave, silenciosa y sin vibraciones, y maletero no reducido por el espacio del depósito.

---

<sup>33</sup> <https://www.motor.es/que-es/glp>

<sup>34</sup> <http://www.glp-car.es/files/INFORME-RACE-GLP.pdf>

## 4.2 VENTAJAS TECNICAS

El Autogas se caracteriza también por unas características técnicas específicas con respecto al diésel y la gasolina:

- Conducción suave, silenciosa y sin vibraciones.
- Mayor duración del motor ya que la combustión es más limpia y completa.
- El Autogas está exento de azufre y otras sustancias como metales, Lo cual conlleva a una combustión más ecológica.
- Un mantenimiento más económico: menor número de averías y cambios de aceite más prolongados por la ausencia de depósitos carbonosos que ensucian el aceite lubricante.
- Las estaciones de suministro son de similares características a las de gasolina y diésel,
- Posibilidad de uso como vehículo híbrido, es decir, aunque se utilice Autogas para beneficiarse de las ventajas que ofrece, también puede funcionar con gasolina.
- No hay que temer por la seguridad del depósito, **ya que cumple exigencias superiores a los depósitos de gasolina**, que es un carburante peligroso. Existen restricciones al aparcamiento en algunos sitios para estos vehículos ya que en caso de fuga se acumula gas a ras de suelo (es más denso que el aire).

Otras ventajas son:

**El precio.** Uno de los mayores atractivos es su menor costo comparado con la gasolina

**El repostaje.** La operación de llenado del depósito no es muy distinta a la de un vehículo con gasolina o diésel. La mayor diferencia es que debe atornillarse un adaptador a la toma de llenado del depósito para poder así fijar a presión la manguera, asegurando su estanqueidad.

**La instalación.** Los vehículos capacitados para circular con GLP cuentan con el motor, inyectores y depósito tradicionales de cualquier vehículo de gasolina, pero con la incorporación de un sistema adicional de inyectores, toma de llenado, vaporizador, red de tuberías, unidad electrónica de control, conmutador y depósito para el uso de gas, el usuario puede elegir con cuál circular, teniendo la opción de combinar la autonomía de ambos combustibles para extender así la misma. Generalmente, el depósito de GLP sustituye a la rueda de repuesto, pues utiliza el espacio destinado a la misma para no restar así capacidad de carga. De ese modo, los vehículos a GLP son bi-fuel.

**La limpieza del motor.** Un motor que consume GLP habitualmente sufre un deterioro muy inferior a otro que utiliza gasolina, pues el gas licuado de petróleo deja una cantidad notablemente inferior de residuos en el mismo. Un modo muy sencillo de comprobarlo es a través de la varilla del aceite, pues éste mantiene su color original durante miles de kilómetros como si estuviera recién cambiado.

#### **4.3 VENTAJAS AMBIENTALES**

El aspecto ambiental, es la razón fundamental para impulsar la utilización de Autogas como carburante en el transporte público, teniendo en cuenta que el transporte urbano es la principal fuente de ruido en las ciudades.

Los gobiernos han optado por hacer la **transición energética** por tres razones principalmente:

**1. En búsqueda de cumplir con la normativa ambiental para emisiones por fuentes móviles.**

En la resolución 40177 del 3 de julio del 2020 del MME<sup>35</sup>, se definen los energéticos de bajas o cero emisiones teniendo como criterio fundamental su contenido de componentes nocivos para la salud y el medio ambiente<sup>36</sup>.

Estos son:

1. Energéticos de cero emisiones

-Hidrogeno

2. Energéticos de bajas emisiones

- Gas natural

-Gas licuado del petróleo

-Gasolina, alcohol carburante y sus mezclas con contenido de azufre máximo de 50 ppm<sup>37</sup>

-Diesel, biodiesel y sus mezclas, con contenido máximo de azufre de 50 ppm.

En la Figura 10, se muestran las emisiones de diversos combustibles.

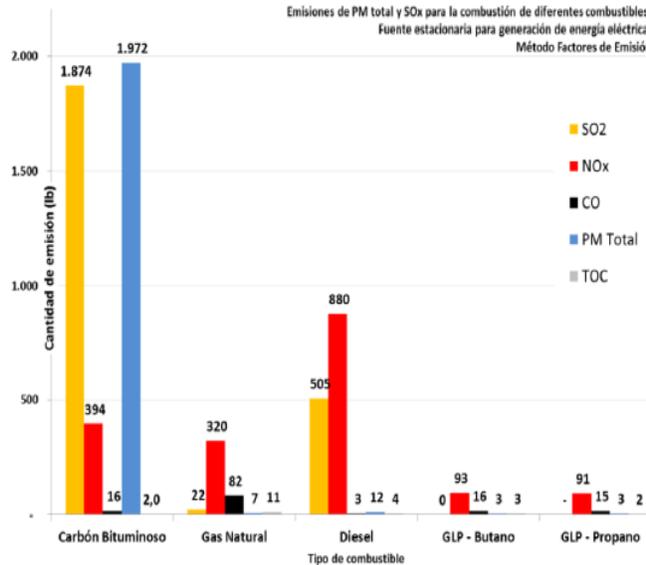
---

<sup>35</sup> Ministerio de minas y energía.

<sup>36</sup> Ver Anexo A

<sup>37</sup> Partes por millón.

Figura 10 Emisiones de diversos combustibles



Fuente: Gas licuado de petróleo: ¿Una opción de combustible?

## 2. Mejoramiento de la calidad del aire en las ciudades.

## 3. Reducción de gases efecto invernadero.

Debido a su alto poder calorífico (20844 – 21330 BTU/lb) y al menor número de átomos de carbono, en comparación con los combustibles líquidos derivados del petróleo, el GLP permite emitir menos dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>- como subproducto de la combustión. En adición, el propano y butano no son gases efecto invernadero por lo que no contribuyen al calentamiento global y responden a esta necesidad coyuntural actual de disminuir paulatinamente los efectos negativos del cambio climático.

Los combustibles gaseosos presentan niveles extremadamente bajos de partículas finas, lo cual los hace candidatos ideales para los autobuses urbanos y los vehículos de reparto.

Se debe añadir que el GLP no contiene azufre y produce 20% menos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en comparación con los vehículos con motores a gasolina.

Además de ofrecer una reducción de diez veces en las emisiones de partículas finas nocivas, estos motores están virtualmente libres de humo y tienen niveles de ruido significativamente más bajos que los camiones y autobuses diésel.

El uso del Autogas permite alcanzar, niveles de emisiones contaminantes muy reducidos. Las principales ventajas son las que se detallan a continuación:

-CO<sub>2</sub>: Bajas emisiones similares a las de Diesel y un 15% menores que la gasolina.

-NO<sub>x</sub>: Un 96% menores que las de Diesel y un 68% menores que las de gasolina.

-Partículas contaminantes: Un 99% menores que las de Diesel

-Niveles de ruido: se ven reducidos hasta un 50%. Olores, humos y vibraciones del motor a niveles mínimos.

#### **4.4 DESVENTAJAS<sup>38</sup>**

##### **La potencia.**

El GLP tiene un rendimiento energético inferior, por lo que el motor puede arrojar entre un 5 y un 10% menos de potencia que cuando utiliza gasolina. A modo de comparación es como conectar el aire acondicionado al carro, algo que en función de la capacidad del carro y el trayecto que se esté realizado, puede llegar a notarse.

##### **El consumo.**

Cuando circula con GLP, el vehículo en cuestión consume un 5-10% más por la misma razón por la que no genera tanta potencia como podría con gasolina. Eso hace que el motor necesite más trabajo, incrementando la demanda de combustible. La ventaja es que, al ser un carburante más económico, sigue compensando.

---

<sup>38</sup> <https://www.motor.es/que-es/glp>

**Instalación de calidad.**

En el caso de un sistema de GLP es de vital importancia que sea de calidad, tanto si viene de fábrica como si se ha incorporado posteriormente. De ello dependerá su duración y que se evite problemas de calibración, presión o resecado de las válvulas o de los asientos de las mismas. Este último punto es vital, pues el GLP es un combustible seco sin aditivos y a consecuencia de ello, la lubricación no es tan eficiente, por lo que el motor debe contar con válvulas reforzadas

**Dependencia de la gasolina.**

Aunque se decida utilizar GLP de manera permanente, siempre se debe contar con cierta cantidad de gasolina en el depósito, pues el arranque siempre se realiza con este combustible y, mientras el motor no alcance una temperatura aproximada de 40°C, el sistema no pasará a GLP ante la imposibilidad de que el vaporizador gasifique correctamente.

**4.5 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL AUTOGAS EN COLOMBIA**

En la tabla 5 se presentan los requisitos de contenido de los diferentes compuestos del GLP en Colombia, es decir: Etano, Propano Propileno, Butano y más pesados, Pentanos, Olefinas y Azufre.

Tabla 5 Requisitos composición del GLP en Colombia

COMPONENTES		PROPANO COMERCIAL	BUTANO COMERCIAL	MEZCLAS C3 – C4	PROPANO AP. ESPECIALES
Etanos y más livianos	máx. vol%	-	-	-	-
Propano	máx. vol%	-	-	-	-
Propileno	máx. vol%	-	-	-	5.0
Butanos y pesados	máx. vol%	2.5	-	-	2.5
Pentanos y pesados	máx. vol%	-	2.0	2.0	-
Olefinas	máx. vol%	-	-	-	-
Diolfinas y acetilenos	máx. vol%	-	-	-	-
Azufre	máx. ppmw	185	140	140	123

Fuente: NTC 2303<sup>39</sup>

La NTC 2303, comprende 4 tipos básicos de gases licuados del petróleo para cubrir las aplicaciones de uso común:

-Propano comercial: Hidrocarburo para el uso donde se requiere alta volatilidad. El propano comercial es adecuado para aplicaciones en ciertos motores de combustión interna de baja severidad.

-Butano comercial: Hidrocarburo para el uso donde se requiere baja volatilidad.

-Mezclas comerciales propano-butano (PB): Mezclas de propano y butano para el uso donde se requiere volatilidad intermedia.

-Propano para aplicaciones especiales: Producto de alta calidad compuesto principalmente de propano, que presenta características antidetonantes superiores, cuando es usado como combustible en motores de combustión interna.

Actualmente hay un proyecto de resolución<sup>40</sup> expedido por el ministerio de minas y energía, donde se establecen los parámetros de Calidad del Gas Licuado de

<sup>39</sup> Petróleo y sus derivados. Especificaciones para gases licuados del petróleo

<sup>40</sup>[https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24173680/2020\\_02\\_17\\_Proyecto+Resoluci%C3%B3n+GLP+Vehicular+-+Publicaci%C3%B3nNEW.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24173680/2020_02_17_Proyecto+Resoluci%C3%B3n+GLP+Vehicular+-+Publicaci%C3%B3nNEW.pdf)

Petróleo (GLP) para uso vehicular (AutoGLP y NautiGLP) y se establecen algunos lineamientos para el uso como carburante de transporte automotor.

En la sección 2, Artículo 4: **Parámetros de calidad del GLP como carburante en AutoGLP y NautiGLP** menciona que se aplicarán como parámetros de calidad y métodos de prueba los contenidos en la NTC 2303 definidos para “Propano para aplicaciones especiales”, así como las normas que la modifiquen y sustituyan.

A manera de información en la tabla 6, se muestra la composición del GLP (% en volumen) para Autogas en Europa.

Tabla 6 Composición en volumen GLP en Europa

<b>País</b>	<b>Propano</b>	<b>Butano</b>
Austria	50	50
Bélgica	50	50
Dinamarca	50	50
Francia	35	65
Grecia	20	80
Irlanda	100	0
Italia	25	75
Holanda	50	50
España	30	70
Suecia	95	5
Reino Unido	100	0
Alemania	90	10

Fuente: [www.vps.com/LPG/WVU-review.html](http://www.vps.com/LPG/WVU-review.html)

Es interesante observar la diversidad en las composiciones, frente al propano para aplicaciones especiales definida en la NTC 2303 que solo permite un 2.5% de butanos como máximo.

#### 4.5.1 CROMATOGRAFÍA AUTOGAS PILOTO MUNICIPIO CÚCUTA.

El Autogas utilizado en el piloto en el municipio de Cúcuta, cumple los requisitos definidos en la NTC 2303. Como ninguna refinería en Colombia produce propano para aplicaciones especiales, este se importa desde República Dominicana, llegando a un terminal marítimo en Cartagena. La cromatografía del Autogas que se importa, se observa en el Anexo B.

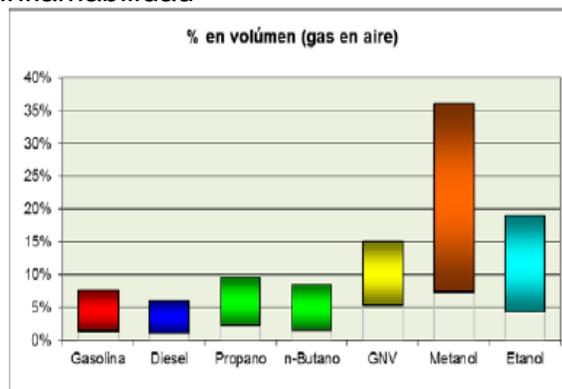
#### 4.6 COMPARACION DEL GLP CON OTROS COMBUSTIBLES

Como combustible automotor el Autogas posee algunas características que inciden directamente en su desempeño vehicular, la seguridad y la autonomía, los cuales lo diferencian de otros combustibles alternativos. En el anexo D, se puede ver la tabla comparativa entre los principales combustibles.

##### Rango de inflamabilidad.

El Autogas tiene el rango de inflamabilidad más bajo de todos los combustibles alternativos. Ver Figura 11

Figura 11 Rango de inflamabilidad



Fuente: Determinación de potencialidades de uso de las acciones necesarias para activar el subsector del GLP en Colombia. MME-UPME. 2013

En la figura 11 se muestra que los límites de concentración de propano y butano en el aire son mucho más estrechos que los demás combustibles alternativos. En

concentraciones menores del 2% o superiores del 9% de mezcla con aire, el Autogas no se inflama.

Los escapes de gas son fácilmente detectables gracias al olor característico que se le agrega. El odorizante que generalmente es etil-mercaptano, genera un fuerte olor característico. Las normas internacionales obligan a los productores de GLP a odorizar el producto antes de ser entregado a los usuarios lo que permite detectar cualquier escape de gas cuando su concentración es de 1/5 del límite inferior de inflamabilidad y tomar las acciones correctivas pertinentes.

### **Octanaje.**

El octanaje es una medida de las propiedades antidetonantes de un combustible. Todos los combustibles alternativos poseen un rango de octanaje superior al de la gasolina, permitiendo el uso de motores con mayor relación de compresión<sup>41</sup>, lo cual se traduce en mayores eficiencias y mejores relaciones de potencia/peso. En la tabla 7 se muestra el número de octanos de varios combustibles.

Tabla 7 Números de octanos de varios combustibles

	Gasolina	Propano	Butano	GNV	Metanol	Etanol
Research Octane Number	95.2	112	110	>120	107	108
Motor Octane Number	85.2	97	89		92	92

Fuente: Alternative Fuels Data Center

Dependiendo de la composición, el Autogas puede tener entre 2 y 12 octanos de diferencia respecto a la gasolina Premium. Comparado con la gasolina corriente colombiana<sup>42</sup>, las diferencias son mucho mayores. Se calcula que hay un incremento entre 5% y 10% en la eficiencia térmica en un motor de ciclo Otto<sup>43</sup>,

<sup>41</sup> Es la diferencia de volumen de la mezcla aire/combustible, cuando está comprimida y cuando ya se ha detonado en el interior del cilindro. También se interpreta como la diferencia de volumen que hay entre las dos posiciones extremas del pistón dentro del cilindro: cuando se encuentra en su PMI (Punto Muerto Inferior) y cuando asciende a su PMS (Punto Muerto Superior).

<sup>42</sup> Ver anexo C: Ficha técnica gasolina corriente que se distribuye en el municipio de Cúcuta.

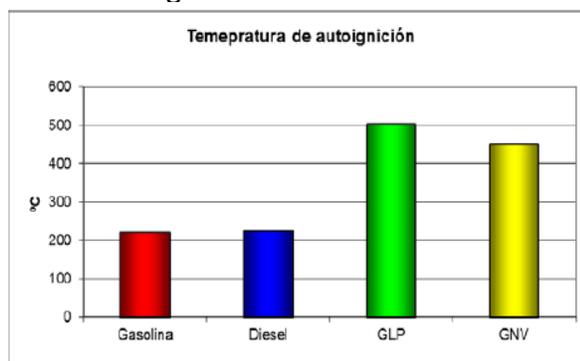
<sup>43</sup> Motor de combustión interna de 4 tiempos.

que compensa en parte el menor poder calorífico del GLP, mejorando su rendimiento térmico.

### Temperatura de auto ignición.

Una mezcla de Autogas y aire requiere de una fuente de ignición con una temperatura mínima de 504 °C para encenderse, mientras que una mezcla de gasolina y aire lo hace a partir de 220 °C. Ver figura 12

Figura 12 Temperatura de autoignición de varios combustibles



Fuente: Determinación de potencialidades de uso de las acciones necesarias para activar el subsector del GLP en Colombia.MME-UPME.2013

### Poder calorífico.

El propano y el butano poseen el poder calorífico más alto dentro de los combustibles alternativos. La tabla 8, muestra el poder calorífico neto de diversos combustibles

Tabla 8 Poder calorífico neto de combustibles diversos

Unidad	Gasolina	Diesel	Propano	n-Butano	GNV(*)	Metanol	Etanol
MJ/lt	32.5	35.9	23.2	26.5	21	15.7	20.9
Btu/gal	116,606	128,805	83,239	95,079	75,345	56,330	74,987

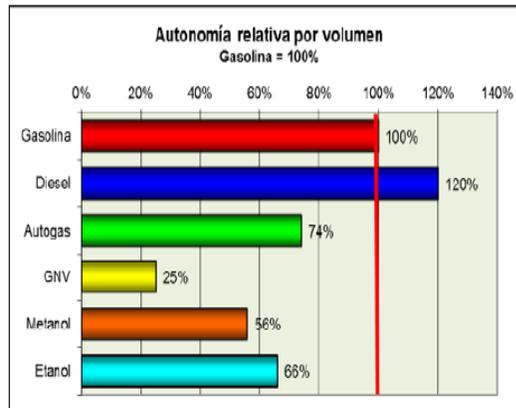
Fuente: Determinación de potencialidades de uso de las acciones necesarias para activar el subsector del GLP en Colombia.MME-UPME.2013

(\*) Medido a -162°C.A temperatura ambiente el poder calorífico por unidad de volumen se reduce abruptamente.

## Autonomía.

Frente a la gasolina y el diésel, el Autogas presenta el mayor rendimiento de los combustibles alternativos. Ver Figura 13.

Figura 13 Rendimiento combustibles alternativos



Fuente: Determinación de potencialidades de uso de las acciones necesarias para activar el subsector del GLP en Colombia.MME-UPME.2013

## 4.7 CADENA COMERCIAL DEL AUTOGAS

En la figura 14, se muestran los diversos eslabones que intervienen en la cadena comercial de suministro de Autogas al usuario final.

Figura 14 Cadena comercial del Autogas



Fuente: Determinación de potencialidades de uso de las acciones necesarias para activar el subsector del GLP en Colombia.MME-UPME.2013

Este esquema presenta la línea de negocio en la cadena de distribución de GLP con los involucrados, lo que permite garantizar que la cadena comercial tradicional se mantenga concentrada en los mercados domiciliarios, urbanos y rurales y la distribución de Autogas no interfiera con el servicio público domiciliario. La cadena de distribución consta:

- **Productor de Autogas**

Persona jurídica o natural que esté en capacidad de producir, bien mediante procesos de tratamiento de gas natural, libre o asociado, o bien mediante procesos de refinación, volúmenes comerciales de GLP con las características necesarias para su uso como combustible en vehículos automotores.

- **Importador de Autogas.**

Persona jurídica o natural que esté en capacidad de importar volúmenes comerciales de GLP con las características necesarias para su uso como combustible en vehículos automotores.

- **Distribuidor Mayorista de Autogas.**

Persona jurídica cuya actividad económica está centrada en la compra, transporte, almacenamiento y distribución de Autogas a través de estaciones de servicio propias o licenciadas, identificadas con su marca comercial.

- **Estación de Servicio de Autogas.**

Persona natural o jurídica legalmente constituida con el objeto de suministrar Autogas exclusivamente a vehículos debidamente autorizados. Cada estación de Autogas deberá estar debidamente identificada con la marca comercial del comercializador mayorista del cual depende. Las estaciones podrán ser dedicadas o compartidas. Estación dedicada es aquella en que el Autogas es que el único combustible que se comercializa. Estación compartida es aquella donde además de Autogas, se comercializan otros combustibles vehiculares.

-

- **Talleres de conversión vehicular.**

Los vehículos de Autogas solamente podrán ser convertidos en talleres debidamente autorizados y certificados por las autoridades competentes.

Los talleres dedicados para Autogas deberán cumplir en su totalidad con la norma NTC 3768 - Centro de servicio especializado para conversión y mantenimiento de sistemas de carburación en motores con funcionamiento dedicado gasolina por dedicado GLP o dual GLP/gasolina.

Para los procesos de conversión se deberán seguir las instrucciones y recomendaciones de los fabricantes de equipos, así como las siguientes normas:

-NTC 3770 Sistemas bicomcombustible GLP/gasolina o dedicados a GLP

-NTC 3771 Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación dedicada gasolina por carburación bicomcombustible (GLP o gasolina) o dedicada GLP

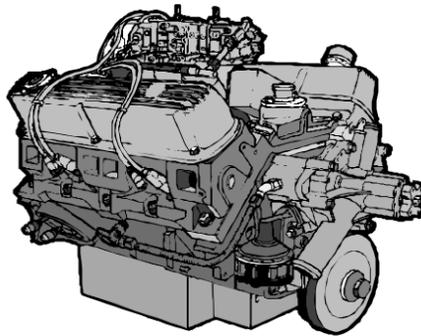
-NTC 5281 Recipientes para almacenamiento de GLP utilizado como combustible vehicular.

## 5. CONCEPTOS BASICOS DE COMBUSTION

### 5.1 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

El motor de combustión interna (ver figura 15), transforma la energía calórica del combustible en energía cinética mediante un proceso de combustión. La energía cinética es la que nos permite dar una utilización practica al vehículo imprimiéndole movimiento propio.

Figura 15 Motor de Combustión Interna



Fuente: GNCV. Preconversion de vehículos. Centro de desarrollo tecnológico del gas. Sena-Ecopetrol

#### 5.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES.

Los motores de combustión interna soportan diversas clasificaciones (por su forma de encendido, por su ciclo de funcionamiento, por la posición de los cilindros, por su sistema de enfriamiento, etc.), pero para el propósito de este trabajo, se hará énfasis según el combustible utilizado.

##### 5.1.1.1 MOTOR A GASOLINA.

Conocido también como motor de encendido por chispa, utiliza como combustible gasolina, cuya volatilidad permite que sea fácilmente vaporizada y mezclada con el aire para comprimirla dentro de los cilindros del motor. La mezcla comprimida es encendida mediante un arco eléctrico proporcionado por la bujía, al saltar por ésta una corriente eléctrica de alto voltaje, el cual es producido por el sistema de encendido.

#### **5.1.1.2 MOTOR DIESEL.**

Llamado así en honor a su inventor (Rodolfo Diesel, ingeniero alemán, 1858-1913), es un motor que emplea como combustible un aceite (gasoil) generalmente obtenido del petróleo que se conoce con el nombre de combustible diésel. Puede utilizar también otros aceites pesados como el fuel-oil o petróleo crudo. En este tipo de motor el combustible es inyectado en el seno del aire ya comprimido, y la combustión se inicia por encendido espontáneo del diésel (autoencendido por condiciones de alta temperatura y presión del aire dentro de la cámara de combustión).

#### **5.1.1.3 MOTOR A GAS.**

Aunque en su estructura interna y principio de funcionamiento no difieren mucho del motor a gasolina, existen motores dotados de algunos accesorios especiales que les permite funcionar utilizando combustibles gaseosos. Los gases más utilizados son el GLP (Gas Licuado del Petróleo) cuyo componente básico es el gas propano, y el G.N.C.V (Gas Natural Comprimido vehicular), el cual tiene como componente básico el gas metano.

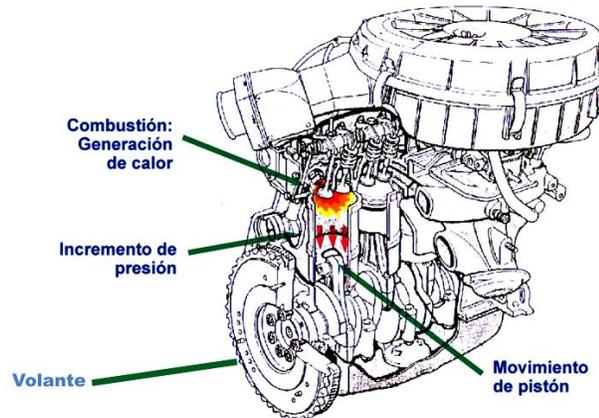
#### **5.1.1.4 MOTOR DUAL.**

Son motores que presentan alternativa de funcionamiento ya sea a gasolina o a gas. En este caso cuentan con sistemas de alimentación de combustible conmutable y con los accesorios mínimos para realizar el cambio de un combustible a otro aún en marcha, sin tener necesidad de apagar el motor ni afectar el rendimiento del vehículo.

### **5.2 FUNCIONAMIENTO.**

Un motor de combustión interna basa su funcionamiento, en el quemado de una mezcla comprimida de aire y combustible dentro de una cámara cerrada o cilindro, con el fin de incrementar la presión y generar con suficiente potencia el movimiento lineal alternativo del pistón (ver figura 16).

Figura 16 Funcionamiento MCI



Fuente: GNCV. Preconversion de vehículos. Centro de desarrollo tecnológico del gas. Sena-Ecopetrol

Este movimiento es transmitido por medio de la biela al eje principal del motor o cigüeñal, donde se convierte en movimiento rotativo, el cual se transmite a los mecanismos de transmisión de potencia (caja de velocidades, ejes, diferencial, etc.) y finalmente a las ruedas, con la potencia necesaria para desplazar el vehículo a la velocidad deseada y con la carga que se necesite transportar.

Mediante el proceso de la combustión desarrollado en el cilindro, la energía química contenida en el combustible es transformada primero en energía calorífica, parte de la cual se transforma en energía cinética (movimiento), la cual a su vez se convierte en trabajo útil aplicable a las ruedas propulsoras; la otra parte se disipa en el sistema de refrigeración y el sistema de escape, en el accionamiento de accesorios y en pérdidas por fricción.

En este tipo de motor es preciso preparar la mezcla de aire y combustible convenientemente dosificada, lo cual se realizaba antes en el carburador y en la actualidad con los inyectores en los sistemas con control electrónico. Después de introducir la mezcla en el cilindro, es necesario provocar la combustión en la

cámara del cilindro por medio de una chispa de alta tensión que la proporciona el sistema de encendido.

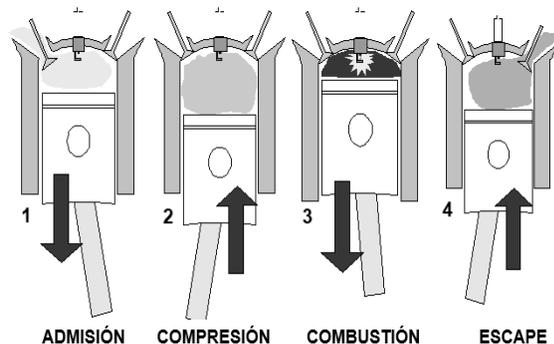
### 5.2.1 CICLO TEÓRICO MOTOR 4 TIEMPOS.

La mayoría de los motores de combustión interna trabajan con base en un ciclo de cuatro tiempos, cuyo principio es el ciclo termodinámico de Otto (con combustible gasolina o gas) y el ciclo termodinámico de Diesel (con combustible A.C.P.M.<sup>44</sup>). Por lo tanto, su eficiencia está basada en la variación de la temperatura tanto en el proceso de compresión isentrópico<sup>45</sup>, como en el calentamiento a volumen (Otto) o presión constante (Diesel).

El ciclo consiste en dos carreras ascendentes y dos carreras descendentes del pistón. Cada carrera coincide con una fase del ciclo de trabajo (ver figura 17), y recibe el nombre de la acción que se realiza en el momento, así:

#### **Admisión, Compresión, Combustión – Expansión, Escape.**

Figura 17 Fases del funcionamiento del MCI



Fuente: GNCV. Preconversión de vehículos. Centro de desarrollo tecnológico del gas. Sena-Ecopetrol

<sup>44</sup> Aceite combustible para motor

<sup>45</sup> En el proceso isentrópico no existe transferencia de calor a través de la frontera del sistema

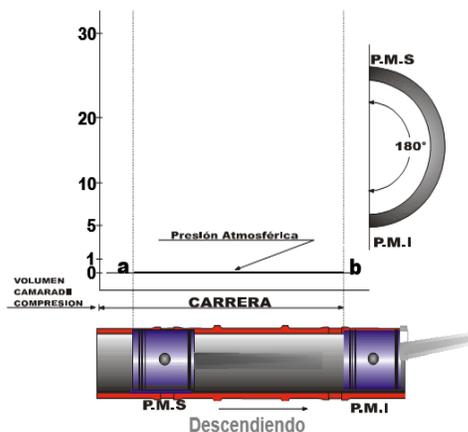
### 5.2.1.1 FASE DE ADMISIÓN.

El ciclo de trabajo empieza con la fase de admisión. Al comienzo de esta fase el pistón se encuentra en el PMS y la válvula de admisión abierta. (Figura 18). En esta fase el pistón se desplaza del PMS al PMI, y durante el descenso del pistón hasta el PMI se genera una depresión en el interior del cilindro debido a la hermeticidad creada por los anillos.

En este instante, la presión externa (presión atmosférica) es mayor que la presión generada internamente en el cilindro, lo que hace que la presión atmosférica empuje y provoque la entrada de una mezcla de aire y combustible dosificada en el carburador o por el sistema de control electrónico. La mezcla gasificada va llenando el espacio vacío que deja el pistón al bajar.

Cuando ha llegado el pistón al PMI, se cierra la válvula de admisión, quedando la mezcla encerrada en el interior del cilindro. Durante este recorrido del pistón, el cigüeñal ha girado media vuelta o  $180^\circ$ .

Figura 18 Fase de admisión

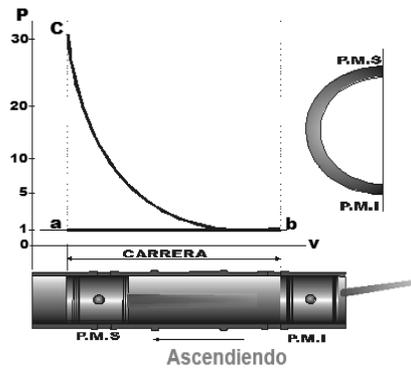


Fuente: GNCV. Preconversion de vehículos. Centro de desarrollo tecnológico del gas. Sena-Ecopetrol

### 5.2.1.2 FASE DE COMPRESIÓN.

Estando el pistón en el PMI y las válvulas de admisión y escape cerradas, haciendo que el cilindro sea estanco en este momento, comienza la carrera ascendente. (Figura 19).

Figura 19 Fase de compresión



Fuente: GNCV. Preconversion de vehículos. Centro de desarrollo tecnológico del gas. Sena-Ecopetrol

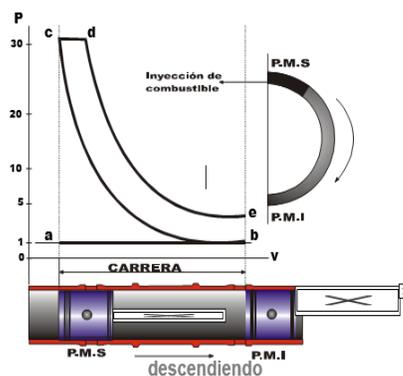
La mezcla encerrada en el interior del cilindro va ocupando un espacio cada vez más reducido a medida que el pistón se acerca al PMS. Alcanzado este nivel, queda encerrada en el espacio formado por la cámara de combustión, sometida a una presión aproximada de 10 bares (aproximadamente 145 Psi) y con una temperatura de alrededor de 280 °C, con lo que se logra una mejor vaporización del combustible y una mezcla más homogénea. Durante esta nueva carrera del pistón, el cigüeñal ha girado otra media vuelta, o sea otros 180°.

En un momento determinado, antes del PMS, salta la chispa producida por el sistema de encendido, entre los electrodos de la bujía y se enciende la mezcla comenzando la combustión.

### 5.2.1.3 FASE DE COMBUSTIÓN O EXPANSIÓN.

El proceso de combustión comienza en la última parte del recorrido ascendente del pistón en la fase de compresión (más o menos 10 grados antes de PMS, dependiendo de las R.P.M), y termina aproximadamente a 10 grados de giro del cigüeñal después del PMS. Al liberarse el calor en este proceso, se incrementa la temperatura dentro del cilindro y dado que este proceso teóricamente es isentrópico, el calor incrementa la presión y está incide en la única frontera móvil del sistema, el pistón generando el movimiento de ésta hasta el PMI. (Figura 20)

Figura 20 Fase de combustión-expansión



Fuente: GNCV. Preconversión de vehículos. Centro de desarrollo tecnológico del gas. Sena-Ecopetrol

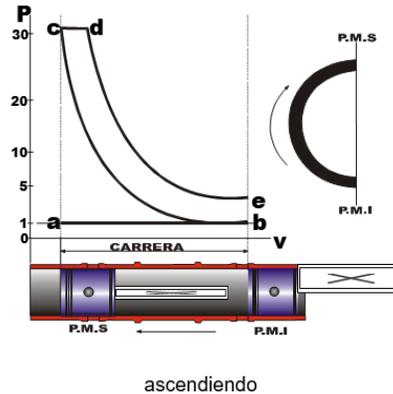
A medida que el pistón se acerca al PMI, la presión en el interior del cilindro va descendiendo, por ocupar los gases un mayor espacio. En esta nueva fase el pistón ha recibido un fuerte impulso que trasmite al cigüeñal por intermedio de la biela, haciéndolo girar otra media vuelta o  $180^{\circ}$ , el cual seguirá girando debido a su inercia (acumulada en el volante), hasta recibir un nuevo impulso. A esta fase se le llama motriz, por ser la única del ciclo en la cual se produce trabajo.

### 5.2.1.4 FASE DE ESCAPE.

Cuando el pistón llega al PMI se abre la válvula de escape (ver figura 21), y por ella salen rápidamente al exterior los gases quemados. El pistón sube hasta el PMS en esta nueva carrera, expulsando los restos de gases residuales del interior del cilindro, y finalmente se cierra la válvula de escape. Durante esta fase de

escape, el cigüeñal ha girado la última media vuelta o 180°. De esta forma se completa el ciclo de cuatro tiempos, con un giro del cigüeñal de dos vueltas o 720°.

Figura 21 Fase de escape



Fuente: GNCV. Preconversión de vehículos. Centro de desarrollo tecnológico del gas. Sena-Ecopetrol

### 5.3 PROCESO DE COMBUSTION EN EL MOTOR

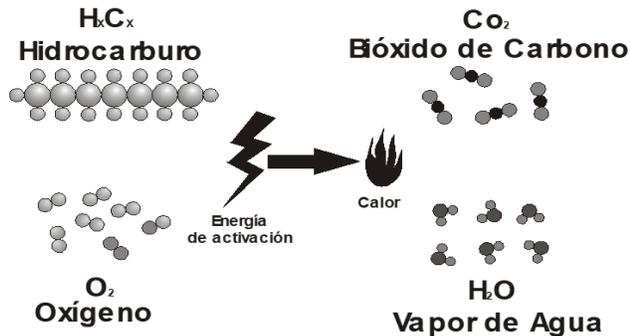
Para el caso de los motores de combustión interna, la combustión se define como una reacción química en la cual el combustible reacciona con el oxígeno del aire, en presencia de un punto de ignición (energía de activación), por ejemplo, una chispa eléctrica proveniente de una bujía, para liberar la energía químicamente almacenada en el combustible.

El combustible y el aire mezclados reaccionan entre sí generando una gran cantidad de calor, el cual aumenta la presión de los gases dentro de la cámara de combustión o cilindro. La presión es la manifestación de la energía que hará posible el trabajo sobre el pistón, transformándose en movimiento lineal.

Esta reacción se puede describir sencillamente de la siguiente manera (ver figura 22):

**Combustible + Aire + Energía de Activación = Calor + Gases de escape**

Figura 22 Reacción química de la combustión



Fuente: GNCV. Preconversion de vehículos. Centro de desarrollo tecnológico del gas. Sena-Ecopetrol

### 5.3.1 El combustible.

Comercialmente los combustibles más comunes para los automotores son: la gasolina, el diésel (ACPM) y el gas natural.

La gasolina es un combustible líquido producto de la refinación del petróleo, constituido por una mezcla compleja de moléculas de hidrocarburos, compuesto aproximadamente por 86% de carbono y 14% de hidrógeno. Junto con estos elementos hay pequeñas cantidades de azufre.

Los aceites ligeros o gasóleos, que incluyen las parafinas, isoparafinas, naftenos y algunos aromáticos, son utilizados en los motores de encendido por compresión o motores diésel.

Otros combustibles líquidos, como los alcoholes, pueden ser empleados como combustibles o como aditivos en ciertas gasolinas.

**Los combustibles gaseosos son los más limpios de todos los que se usan. Su combustión se regula fácilmente y se consigue un quemado casi completo con poco exceso de aire.**

Los combustibles gaseosos que se emplean en los motores, ya sean estos dedicados (diseñados desde fábrica para quemar gas), bicombustibles o mixtos

(pueden quemar combustibles tanto líquidos como gaseosos) o duales (pueden quemar gasolina o gas), están también constituidos por hidrocarburos. Algunos combustibles gaseosos pueden contener también monóxido de carbono (CO).

Tanto los motores mixtos (bicomcombustibles) como los de encendido por chispa (duales) funcionan adecuadamente con muchos tipos de combustibles gaseosos, pero el más utilizado es el gas natural y ahora con los pilotos autorizados por el ministerio de minas y energía se está ensayando con el Autogas o GLP vehicular.

### **5.3.2 El aire.**

Es una mezcla gaseosa constituida principalmente por nitrógeno (78%), oxígeno (21%) y otros gases como el hidrógeno, gases nobles y contaminantes. De estos elementos sólo es necesario el oxígeno como componente del proceso de combustión en la generación de calor; sin la existencia del oxígeno no es posible la combustión, ya que, desde el punto de vista químico, la combustión es un proceso de oxidación.

Hay dos factores que intervienen y tienen efecto sobre la cantidad de oxígeno en volumen que se introduce al motor, que son:

- 1) La altura sobre el nivel del mar: A mayor altura menor cantidad de oxígeno por efecto de la menor presión atmosférica.

El aire que se encuentra a nivel del mar es más denso, es decir, tiene mayor cantidad de oxígeno por unidad de volumen. A medida que aumenta la altura o altitud sobre el nivel del mar, disminuye la densidad y por lo tanto la cantidad de oxígeno por unidad volumétrica o molar. Por ejemplo, en Bogotá, a 2.630 metros sobre el nivel del mar, un m<sup>3</sup> de aire tiene 27 % menos de oxígeno que a nivel del mar.

- 2) La temperatura: A mayor temperatura, menor cantidad de oxígeno en volumen.

La temperatura del aire también afecta la densidad, pero no en la misma proporción que la altura sobre el nivel del mar. Un incremento en la temperatura expande el aire, alejando sus moléculas constitutivas entre sí y disminuyendo su densidad.

### **5.3.3. La energía de activación.**

Al encontrarse la mezcla de gasolina y aire debidamente comprimida, es necesario proporcionar una energía de activación en forma de chispa para iniciar su combustión. La chispa es un arco eléctrico que salta entre los electrodos de la bujía al circular por ella corriente eléctrica de alto voltaje proporcionada por el sistema de encendido.

### **5.3.4 Los gases de escape.**

Son los compuestos gaseosos formados en el proceso de combustión, producto de la unión de los átomos de oxígeno con los átomos que conforman las moléculas de los hidrocarburos. Estos son: dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ , Vapor de agua  $\text{H}_2\text{O}$ , Monóxido de carbono  $\text{CO}$ , Hidrocarburos NO quemados (HC), Óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ).

## **5.4 ESTEQUIOMETRIA DE LA COMBUSTION**

Cuando un combustible se quema con aire, es importante suministrar suficiente aire para garantizar una combustión completa. Teóricamente el aire que se requerirá es el que corresponde al oxígeno que se consume en una reacción química balanceada en una combustión. A este aire se le llama aire estequiométrico.

La relación ideal entre aire y combustible para que la combustión se realice del modo más eficiente posible se denomina mezcla estequiométrica. Esta relación de proporciones se mide en gramos, siendo diferente dependiendo del tipo de combustible utilizado.

### 5.4.1 MEZCLA ESTEQUIOMETRICA DE ALGUNOS COMBUSTIBLES

Gasolina 98 N.O.<sup>46</sup>: 14,7 gramos de aire por cada gramo de gasolina

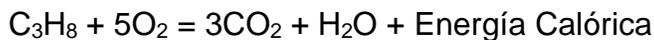
Gasóleo: 14,5 gramos de aire por cada gramo de gasóleo

Metano: 17,4 gramos de aire por cada gramo de metano

GLP: 16 gramos aprox. de aire por cada gramo de GLP

Etanol: 6,5 gramos de aire por cada gramo de etanol

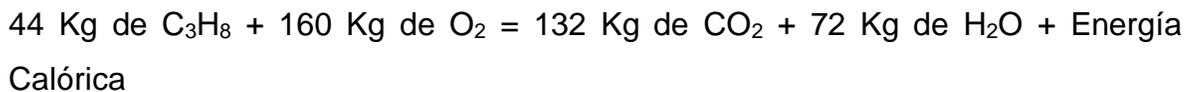
A manera de ejemplo se determinará el aire estequiométrico para la combustión del GLP, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, en un motor de combustión interna. Conociendo las proporciones totales de hidrógeno y carbono. Se emplean las ecuaciones elementales de la combustión para cada elemento.



En Kmoles:



En pesos moleculares:



Lo anterior quiere decir que una Kmol de GLP, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, se combina con cinco Kmoles de oxígeno, O<sub>2</sub>, para formar tres Kmol de bióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, y cuatro Kmoles de agua H<sub>2</sub>O. O lo que es lo mismo, 44 kilogramos de propano requieren 160 kilogramos de oxígeno para formar 132 kilogramos de CO<sub>2</sub> y 72

---

<sup>46</sup> El número de octanos es la resistencia a la detonación de un combustible empleado en motores de ciclo Otto que está directamente relacionado con la relación de compresión del motor.

kilogramos de agua. Obsérvese el balance químico entre los reactantes y los productos de la combustión.

El oxígeno estequiométrico es:

$$\begin{aligned} 5 \text{ Kmoles de O}_2 / \text{Kmol de combustible} &= \\ 160 \text{ kg de O}_2 / 44 \text{ kg. de combustible} &= \\ 3,63 \text{ kg O}_2 / \text{Kg de combustible} & \end{aligned}$$

El aire estequiométrico es:

$$\begin{aligned} 5 / 0,21 \text{ (21\% de O}_2 \text{ en el aire)} &= \\ 23,80 \text{ Kmoles de aire} / 1 \text{ Kmol de combustible} &= \\ (23,80 \times 29) / 44 & \\ (29 \text{ es el Peso Molecular del aire)} &= \\ 15,68 \text{ kg. de aire} / 1 \text{ kg. de combustible} & \end{aligned}$$

**La relación estequiométrica aire/GLP es de 15,63:1 mientras que la relación estequiométrica aire/gasolina es de 14,7:1; esto significa que con la misma cilindrada y por tanto, con la misma cantidad de aire admitido, con el GLP se quema menos combustible y determina una leve disminución en términos de potencia y par máximo.**

La sonda lambda es el sistema utilizado en los motores de gasolina para controlar que la mezcla que llega al cilindro cumple con la mezcla estequiométrica de 14,7 gramos de aire por cada gramo de gasolina.

Este control es absolutamente necesario no sólo por el bien de la eficiencia energética, sino también porque en caso contrario no funcionaría correctamente el convertidor catalítico<sup>47</sup>. Y es que sucede que sólo cuando la mezcla es estequiométrica se puede garantizar una combustión completa que permita al catalizador convertir la mayor parte de los gases nocivos en inocuos. Los vehículos modernos tienen, como mínimo, dos sondas lambda, una dispuesta antes del convertidor catalítico y otra dispuesta después del catalizador que mide las emisiones del escape.

Cuando la proporción entre aire y combustible es estequiométrica se dice que estamos ante un lambda igual a 1.

Cuando lambda es mayor que 1 la mezcla es rica.

Cuando lambda es menor que 1 la mezcla es pobre.

---

<sup>47</sup> Sistema de control de emisiones, que tienen los vehículos

## 6. GENERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUTOGAS

### 6.1 SISTEMAS DE INSTALACION DE GLP VEHICULAR

Los primeros sistemas de conversión de GLP pensados para sustituir gasolina con Autogas fueron concebidos inicialmente en Italia luego de la Segunda Guerra Mundial, cuando el suministro de gasolina era muy limitado. Las soluciones tecnológicas y las ideas creadas en ese entonces fijaron la referencia durante varios años. Sus principios centrales siguen siendo empleados hoy en carros de tipo antiguo, en particular aquellos con motores carburados o los de inyección mono punto sin catalizador.

La introducción de un catalizador obligatorio en el sistema de escape de todos los carros, forzó el primer cambio considerable en los sistemas de gasolina y en consecuencia en sus contrapartes de Autogas. El carburador se volvió obsoleto y fue reemplazado por sistemas de inyección mono y multi punto, equipados con sensores lambda<sup>48</sup> (ver figura. 23). Esto último permitió que la composición de aire-gasolina fuese monitoreada de forma más precisa, lo que a su vez asegura la efectividad del catalizador para reducir el contenido de compuestos perjudiciales en los vapores de combustión. Como resultado, los sistemas de GLP se hicieron controlados electrónicamente y más precisos en cuanto a la entrega de combustible. La idea general respecto a la operación no cambió, y continúa estando basada en el concepto original italiano.

La introducción de estándares de emisión más estrictos causó el uso extendido de sistemas de diagnóstico electrónico en el vehículo (EOBD<sup>49</sup>), los cuales son

---

<sup>48</sup> Es un sensor que está situado en el conducto de escape, inmediatamente antes del catalizador, de forma que puede medir la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que sufran alguna alteración. La medida del oxígeno es representativa del grado de riqueza de la mezcla, magnitud que la sonda transforma en un valor de tensión y que comunica a la unidad de control del motor.

<sup>49</sup> A través de este sistema EOBD (Diagnóstico a Bordo Europeo) se identifica todo tipo de código de fallas que presente el carro y que se registre en la computadora del carro. El sistema EOBD en conjunto con la computadora realiza un análisis de los siguientes sistemas: encendido, inyección, ABS, entre otros.

responsables de monitorear la calidad de los procesos de combustión. Los sistemas de Autogas debieron evolucionar de manera que el combustible gaseoso pudiera entregarse en el tiempo de forma precisa -es así cómo los sistemas de inyección de GLP constantes y secuenciales llegaron a definirse-. Estos últimos han llegado a convertirse en el estándar en la actualidad y son la solución más común para motores modernos. Los sistemas secuenciales también son obligatorios para la conversión de motores con múltiples de admisión largos y muchas veces de longitud variable.

Evidentemente, los cambios que han tenido los motores con el paso de los años por las presiones para cumplir con los estándares de emisiones que se hacen progresivamente más estrictos, de igual manera han influenciado la tecnología del Autogas. Nuevos sistemas están siendo desarrollados, incluyendo aquellos para motores de gasolina con inyección directa (también inyección directa de GLP líquido) y para motores diésel (sistemas bi-combustible que mezclan diésel y Autogas para reducir costos de operación y emisiones perjudiciales). Todas estas nuevas aplicaciones están desarrolladas alrededor de los sistemas de 4ª y 5ª generación, dado que los mismos pueden ser fácilmente adaptados a las nuevas condiciones de trabajo con tan sólo introducirles modificaciones en el software.

Figura 23 Sensor Lambda



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sonda\\_lambda](http://es.wikipedia.org/wiki/Sonda_lambda):La sonda lambda

### **6.1.1 La evolución de los sistemas de GLP vehicular.**

Mirar la evolución de los sistemas de propulsión con GLP permite categorizarlos en términos de avance tecnológico. En general hay cinco generaciones de sistemas de Autogas.

#### **6.1.1.1 1ra Generación: Sistemas con regulación de vacío manual.**

Sus características son: (Ver fotografía 1).

**Punto de alimentación de combustible:** Centralizado, al inicio del sistema de inyección, antes de la mariposa del acelerador (tal y como la gasolina en los motores carburados o de inyección monopunto).

**Estado del combustible entregado al motor:** Gaseoso

**Regulación:** Regulador de flujo de gas manual y reductor, su calibración es promedio para todo el rango de revoluciones y carga del motor.

**Aplicación:** Motores con carburador o inyectados (mono o multipunto) sin sensor lambda ni catalizador.

**Ventajas:** Simplicidad, facilidad de conversión, bajo precio.

**Desventajas:** Aplicación limitada en nuestros días, prácticamente solo aplicable en carros antiguos (debido a lo impreciso de la regulación de la composición de la mezcla, sólo suficiente para motores carburados o con sistemas de inyección simples).

Fotografía 1 Sistema con regulación manual de vacío



Fuente: Generaciones de los sistemas de Autogas – 2 Segunda entrega, 2015

1. Reductor-evaporador.
2. Electroválvula de GLP.
3. Válvula de regulación.

Este es el sistema disponible de Autogas más simple, diseñado para motores carburados o con inyección mono y multipunto, que no tengan ni sensor lambda ni catalizador. El combustible de gas es alimentado al motor al comienzo del sistema de admisión centralizado, antes del acelerador. La composición de la mezcla es provista por el reductor-evaporador y la cantidad de gas es regulada manualmente para asegurar que el motor trabaje apropiadamente en todo el rango de revoluciones y de carga. El sistema es operado enteramente de forma mecánica. Sin embargo, cuando este sistema es instalado en un motor inyectado, es necesario usar un interruptor electrónico que automáticamente cambie de gasolina a gas a una determinada velocidad del motor (lo cual se regula con un potenciómetro).

### **6.1.1.2 2da Generación: Sistemas de vacío con regulación electrónica.**

Los sistemas de segunda generación son una evolución de sus predecesores de primera generación y diseñados para usarse en motores inyectados (mono o multipunto), con sensor lambda y con catalizador. El combustible de gas aún es alimentado al inicio del sistema de admisión – centralizado antes de la mariposa del acelerador. Sin embargo, el sistema de regulación se ha modificado para incorporar un módulo electrónico de composición de la mezcla. El módulo emplea datos del motor tales como el sensor de revoluciones, la sonda lambda y el sensor de posición del acelerador (TPS) para regular el flujo de gas, así asegurando una composición de la mezcla óptima, que es necesaria para que el catalizador opere apropiadamente. Sus características son: (ver fotografía 2)

**Punto de alimentación de combustible:** Centralizado, al comienzo del sistema de inyección, antes del acelerador, igual a la gasolina en los motores carburados o con inyección monopunto.

**Estado del combustible entregado al motor:** Gaseoso

**Regulación:** Regulador de flujo de gas electrónico y reductor, se emplean los sensores del motor (sonda lambda, sensor de revoluciones, posición del acelerador).

**Aplicación:** Motores inyectados (mono o multipunto) con sensor lambda y catalizador. En algunos casos es posible convertir motores con sistemas EOBD mediante el uso de un emulador especial.

**Ventajas:** Simplicidad, facilidad de conversión, bajo precio.

**Desventajas:** Aplicación limitada en nuestros días, prácticamente solo aplicable en carros antiguos, aun cuando estén equipados con sonda lambda y catalizadores (debido a lo impreciso de la regulación de la composición de la mezcla, estos sistemas no son aplicables a los motores más recientes).

Fotografía 2 Sistema de Vacío regulado electrónicamente



Fuente: Generaciones de los sistemas de Autogas – 2 Segunda entrega, 2015

1. Reductor-evaporador
2. Electroválvula de GLP
3. Motor secuencial
4. Unidad de control electrónico

#### **6.1.1.3 3ra Generación: Inyección de GLP en estado gaseoso constante.**

Estos sistemas son empleados en motores inyectados (mono o multipunto), con sensor lambda y catalizador. A diferencia de los sistemas de generaciones previas, el combustible de gas es alimentado por líneas individuales al múltiple de admisión, cerca de las válvulas. Aun cuando el combustible es alimentado al motor de forma constante, la mezcla aire-combustible está mucho mejor distribuida entre todos los cilindros que en las generaciones previas. Las porciones de combustible son reguladas electrónicamente, por medio de un regulador muy similar al empleado en la segunda generación y el sistema emplea las señales de los sensores del motor (lambda, revoluciones, y potenciómetro del acelerador) para calcular la composición óptima de la mezcla que es necesaria para que el catalizador opere apropiadamente. Gracias a la eliminación del mezclador (en relación a las generaciones previas) el desempeño del motor es mejorado, y al mismo tiempo el consumo de GLP se reduce. El combustible es alimentado de

forma más precisa y el fenómeno de contra explosión se elimina virtualmente dado que el gas se inyecta al final del sistema de admisión y no lo llena. Sus características son: (ver figura 24).

**Punto de alimentación de combustible:** Inyección constante de gas a las líneas de admisión de los cilindros individuales cerca de las válvulas.

**Estado del combustible entregado al motor:** Gaseoso

**Regulación:** Un regulador electrónico de flujo usando datos de los sensores del motor (lambda, revoluciones y posición del acelerador).

**Aplicación:** Motores inyectados (mono o multipunto) con sensor lambda y catalizador. También con EOBD (se requiere un emulador).

**Ventajas:** Este sistema es fácil usar para convertir motores que requieren una dosificación relativamente precisa de combustible, pero los cuales no tengan inyectores de gasolina electromagnéticos es decir los que usan inyección mecánica.

**Desventajas:** Algunas veces la dosificación de combustible no es suficientemente precisa. Esta es la última generación de sistemas de Autogas que trabaja en paralelo a los sistemas de inyección de gasolina, es decir la unidad de control electrónico del sistema de Autogas obtiene los datos necesarios y regula la composición de la mezcla aire-combustible por sí mismo. Por esta razón emuladores externos son requeridos (para inyectores y opcionalmente para EOBD, si el motor los requiere).

Figura 24 Sistema de inyección de GLP en estado gaseosos constante



Fuente: Generaciones de los sistemas de Autogas – 2 Segunda entrega, 2015

1. Reductor-evaporador
2. Electroválvula de GLP
3. Regulador de flujo
4. Emulador de inyectores.

#### **6.1.1.4 4ta Generación: Inyección de GLP secuencial en estado gaseoso.**

Estos sistemas son hechos para convertir motores a gasolina con inyección multipunto (con sensor lambda, catalizador y sistema EOBD). Actualmente los sistemas de 4ª generación son los más populares y los más precisos entre los que entregan GLP en estado gaseoso a las cámaras de combustión. El combustible es inyectado en cada línea del múltiple de admisión individualmente, cerca de las válvulas, a través de inyectores con operación electromagnética. Ellos son controlados por una unidad de control electrónico la cual –empleando sólo las señales de control de los inyectores y la señal de las revoluciones de motor – calcula los tiempos de inyección para el sistema de Autogas. Los sistemas de cuarta generación no requieren ninguna otra señal de los sensores del motor, porque –a diferencia de los sistemas de previas generaciones- no son sistemas paralelos. La estrategia de funcionamiento completa del motor es llevada por la unidad de control electrónico, todos los sistemas de diagnóstico se ejecutan normalmente y no hay necesidad de usar emuladores externos (el emulador de los inyectores está integrado en la unidad de control electrónico del gas). Sus características son: (ver fotografía 3).

**Punto de alimentación de combustible:** Inyección constante de gas a las líneas de admisión de los cilindros individuales cerca de las válvulas.

**Estado del combustible entregado al motor:** Gaseoso

**Regulación:** Electrónica – El tiempo de inyección del GLP es calculado con base en los tiempos de inyección de gasolina.

**Aplicación:** Motores con ignición de chispa y con inyección multipunto, con sensor lambda, catalizador y EOBD.

**Ventajas:** Dosificación de gas muy precisa. Facilidad de conversión.

**Desventajas:** Un precio de instalación relativamente alto.

Fotografía 3 Sistema de inyección de GLP secuencial en estado gaseoso



Fuente: Generaciones de los sistemas de Autogas – 2 Segunda entrega, 2015

1. Reductor- evaporador
2. Filtro GLP estado gaseoso
3. Riel de inyectores
4. Unidad de control electrónico

#### **6.1.1.5 5ta Generación: Inyección de GLP secuencial en estado líquido.**

Al igual que para los sistemas de cuarta generación, estos están diseñados para motores de ignición por chispa con sistema de inyección multipunto, sensor lambda, catalizador y sistemas EOBD. A diferencia de las previas generaciones, el Autogas es alimentado en el motor en su fase líquida, sin evaporarlo. Al igual que para la cuarta generación, el GLP entra en el sistema de admisión al final, cerca de las válvulas. El gas líquido se evapora en el chorro de aire fluyendo hacia las cámaras de combustión, de esta forma enfría la carga y refuerza la eficiencia volumétrica (lo cual resulta en una mejora de rendimiento en algunos rangos de revoluciones del motor por sobre el rendimiento con gasolina). Los sistemas de quinta generación son operados y controlados igual que los de cuarta generación

y emplean las señales de control de los inyectores de gasolina. Sus características son: (ver figura 25)

**Punto de alimentación de combustible:** Inyección secuencial de Autogás en estado líquido a las líneas de admisión de los cilindros individuales cerca de las válvulas.

**Estado del combustible entregado al motor:** Líquido

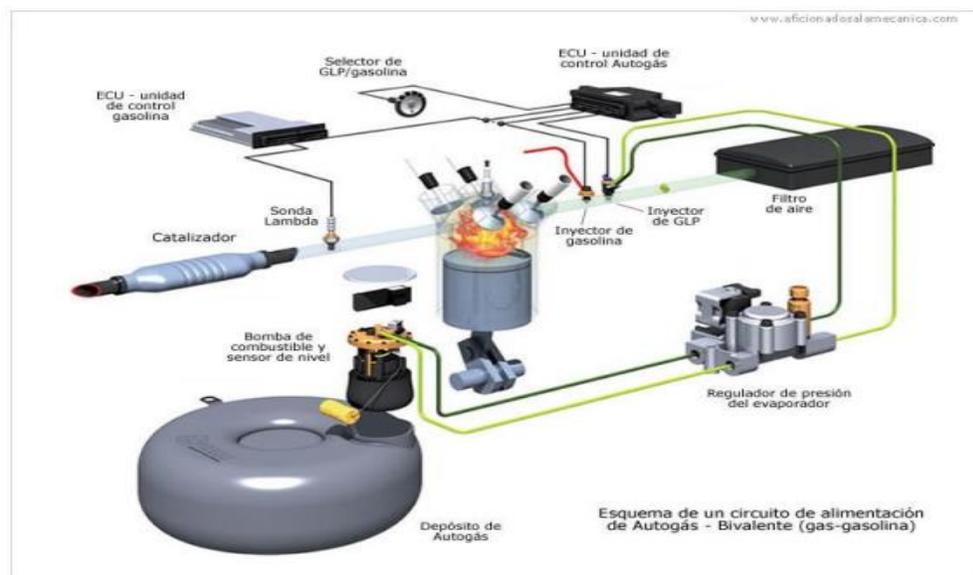
**Regulación:** Electrónica – El tiempo de inyección del GLP es calculado con base en los tiempos de inyección de gasolina.

**Aplicación:** Motores con ignición de chispa y con inyección multipunto, con sensor lambda, catalizador y EOBD.

**Ventajas:** Dosificación de gas muy precisa. Facilidad de conversión.

**Desventajas:** Un precio de instalación muy alto y aplicación limitada. Los sistemas de quinta generación están usualmente diseñados para carros de modelos específicos.

Figura 25 Inyección de GLP secuencial en estado líquido



Fuente: Generaciones de los sistemas de Autogás – 2 Segunda entrega, 2015

## 6.2 COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOGAS

De las diferentes marcas que hay en el mercado de equipos adaptados para Autogas GLP las partes que las componen son muy similares entre todos ellos. Estas se mencionan a continuación:

### **-Boca de llenado para recarga de GLP.**

Cada país tiene su sistema de boquerel<sup>50</sup> en los surtidores (gasolineras) y por lo tanto habrá un tipo distinto de toma de llenado en cada vehículo en función al país donde se realice la instalación.

Actualmente existen cuatro tipos de toma de carga:

- 1) Bayoneta
- 2) ACME
- 3) Italiano
- 4) Unificado Euro

En la figura 26, se muestran las tomas de carga con sus adaptadores, por si se necesita repostar en estaciones de diferentes países.

---

<sup>50</sup> Boca de una manguera que sirve para regular el paso del fluido.

Figura 26 Tomas de carga-adaptadores



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

#### -Depósito de combustible.

Es el encargado de almacenar en su interior el combustible en estado líquido a alta presión en torno a los 15 bares<sup>51</sup>. Tiene una limitación de llenado del 80% por seguridad, es decir si un depósito tiene una capacidad de 100 litros, el máximo llenado serán 80 litros.

Los hay de 2 tipos:

-Tórico o Toroidal (ver figura 27)

<sup>51</sup> El bar es una unidad métrica de presión , pero no forma parte del Sistema Internacional de Unidades (SI).

Figura 27 Deposito toroidal



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

-Cilíndrico. (ver figura 28)

Figura 28 Deposito cilíndrico



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

Los dos depósitos tanto el cilíndrico como el toroidal tienen que ir anclados al chasis del vehículo mediante tornillos y el uso de chapas de metal.

En el caso del cilíndrico lleva un soporte en la parte inferior de metal y el apoyo del depósito sobre este soporte se hace a través de unos tacos de goma, a su vez también va cogido con unas cinchas que le rodean y lo dejan prácticamente solidario al vehículo.

En el toroidal, el anclaje también es al chasis y se coloca un aislante entre el suelo del maletero y el depósito. Este también se puede encontrar situado fuera del vehículo en el lugar que ocupa la rueda de repuesto.

Los depósitos incluyen los siguientes componentes:

-Válvula de cierre al 80 %, para limitar la carga del depósito de Autogas a un 80 % de su capacidad como máximo. El volumen restante servirá para compensar cierta cantidad de variaciones en el volumen debido al calor (como resultado de la exposición al sol).

-Indicador de nivel para verificar el nivel de gas licuado en el depósito.

-Resellado de la válvula de alivio de presión para la purga controlada del exceso de presión debido a recalentamiento y/o sobrecarga.

-Válvula de servicio controlada a distancia con válvula de control de exceso de flujo, montadas directamente en el depósito, para que las tuberías conectadas presten servicio sólo cuando el motor esté en marcha.

-Dispositivo de alivio de presión para evitar que el depósito estalle en caso de incendio del vehículo. Este requisito podrá cumplirse instalando un tapón fusible o una válvula de alivio de presión con una capacidad de flujo adecuada.

**-Conjunto Multiválvulas/aforador depósito combustible.**

Es un dispositivo constituido por un conjunto mecánico complejo que instalado sobre el depósito de GLP tiene las siguientes funciones (ver figura 29):

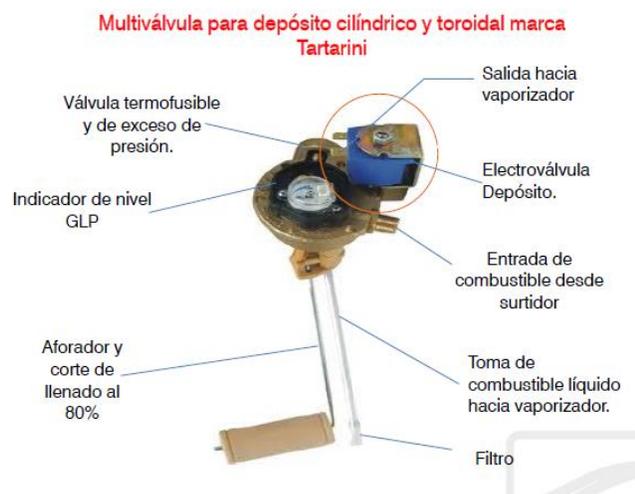
- Reposición del GLP a través de la toma de carga con cierre automático al 80% de la capacidad global del depósito mediante un dispositivo mecánico, accionado por flotador.

- Toma del GLP en fase líquida mediante un tubo pescante sumergido.

- Indicador del nivel de GLP mediante un sistema magnético visible en un cuadrante de cuatro sectores más uno para la reserva; la multiválvula puede ser equipada con un sensor electrónico que conectado a un adecuado indicador permita visualizar al conductor el nivel de carburante presente en el depósito.

- Interceptación automática por exceso de fluido que cierra la salida del gas mediante una válvula interna en caso de rotura del tubo de alta presión.
- Cierre manual de los conductos de abastecimiento y toma del gas en caso de intervenciones de mantenimiento.
- De acuerdo a las normas técnicas vigentes, las válvulas de GLP deben contar con una válvula de seguridad por exceso de presión.

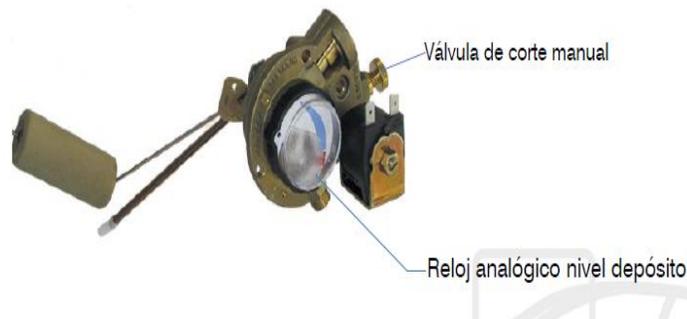
Figura 29 Multiválvulas



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

El aforador hace parte del conjunto mecánico (ver figura 30) y tiene las siguientes funciones:

Figura 30 Aforador y corte de combustible al 80%



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

- Mide el nivel de combustible en estado líquido, lo hace a través de inducción magnética porque no debe haber cables dentro del depósito.
- En el aforador también tenemos la válvula de corte de llenado que consiste en un orificio que se descubre y no permite que entre más combustible en el depósito.
- El reloj analógico que viene se puede sustituir por otro eléctrico el cual nos envía la información al interruptor del habitáculo y así conocemos el estado del nivel del depósito mediante una serie de leds<sup>52</sup>.

#### **-Interruptor conmutador GLP/ Gasolina.**

El interruptor conmuta el funcionamiento en gasolina o con Autogas, también indica el nivel que tenemos en el depósito. Ver figura 31.

Figura 31 Conmutador GLP/Gasolina



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

Tiene las siguientes funciones:

- Seleccionar de gas/gasolina de 2 posiciones e indicación del carburante que se está usando a través de 2 leds luminosos: el amarillo para el funcionamiento con gas el rojo para el funcionamiento con gasolina.
- Visualización de la cantidad de gas en el tanque/bombona a través de 5 leds luminosos: cuatro leds verdes (1/4; 1/2; 3/4 y 4/4) y uno rojo que indica la reserva de combustible.

---

<sup>52</sup> Fuente de luz constituida por un material semiconductor dotado de dos terminales.

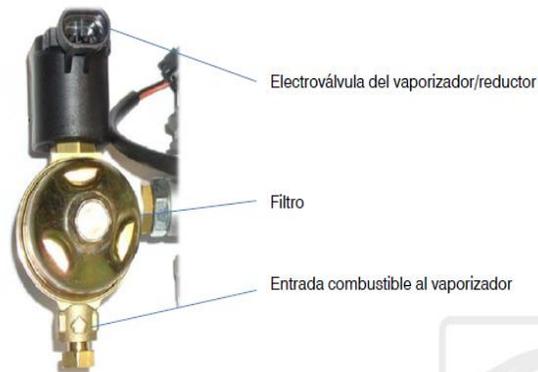
-Informa al usuario de posibles anomalías: falta carburante (GPL) en el tanque o bien en la bombona encendiéndose de manera intermitente el led rojo de la gasolina y con una señal acústica.

-Avisa que es necesario llevar a cabo el mantenimiento programado del sistema secuencial cuando se apaga el vehículo a través de una señal acústica.

### - **Electroválvula de paso de GPL al vaporizador/reductor.**

Es la encargada de permitir el paso del combustible desde el depósito al vaporizador, cuando se para el vehículo se desactiva esta válvula, conjunta con la electroválvula del depósito. Ver figura 32.

Figura 32 Electroválvula de paso GPL



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

### -**Vaporizador/reductor.**

Misión Reductor/Vaporizador: Tiene la tarea de entregar gas a presión constante de 1 bar por encima de la presión de colector a los inyectores GPL, y transforma el líquido a gas.

Ver figura 33

Figura 33 Vaporizador/reductor



1. Electroválvula con filtro.
2. Toma de depresión colector admisión.
3. Válvula de seguridad.
4. Racor de salida de Gas.
5. Tomas de entrada líquido calefacción motor térmico.
6. Conector electroválvula.
7. En la parte trasera del cuerpo de reductor se encuentra en sensor de temperatura.

Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

### **-Caja presión colector de admisión y rampa.**

Es el encargado de recoger la presión del colector de admisión y también la presión de la rampa de inyección de GLP. Ver figura 34.

Figura 34 Colector admisión y rampa



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

### **-Filtro principal.**

Este filtro recoge gran parte de suciedad ya que se producen lacas, barnices y grumos a la hora de pasar el combustible líquido a gas. Ver figura 35.

Figura 35 Filtro

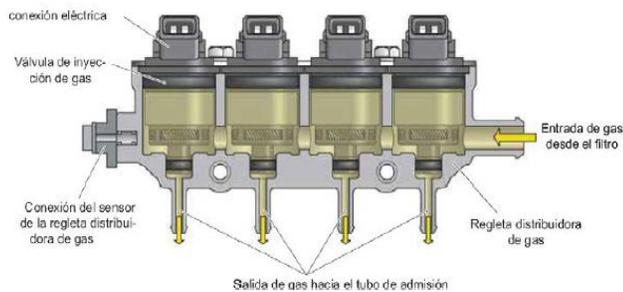


Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

### -Rampa de inyectores GLP.

-Es la encargada de suministrar el Autogas a los cilindros, en ella podemos encontrar el sensor de presión de Gas del que toma la información el sensor de presiones. Ver figura 36

Figura 36 Rampa de GLP



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

-Dependiendo del número de cilindros podemos encontrar más de 1 rail en el vehículo. Ej. motores v6, 5 cilindros en línea, etc. Ver figura 37.

Figura 37 Tipos de rampas



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

**-Inyector GLP. Ver figura 38**

- Se encargan de introducir el gas en el interior del cilindro, son inyectores magnéticos.

- Colocamos un inyector por cilindro y siempre tiene que estar emparejado con el inyector de gasolina de ese cilindro, ya que al hacer el cambio de GLP a gasolina o viceversa han de conmutar los inyectores de ese cilindro, para no tener pérdidas de potencia o fallos de motor.

- Para el funcionamiento del inyector de AUTOGAS, toma la señal de inyección que le manda la propia ECU<sup>53</sup> del motor, para lo cual hay que interrumpir el cable de señal del inyector.

Figura 38 Inyector GLP



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

---

<sup>53</sup> Unidad de control del motor

**- Unidad de control sistema Autogas. Ver figura 39.**

- Es la encargada de gestionar todos los datos recopilados de los distintos sensores y a su vez recibe la señal de activación de los inyectores de gasolina y determina el funcionamiento en gas o gasolina.

La unidad de control de gas recibe de la unidad de control del motor todos los parámetros relevantes que necesita para funcionar con gas licuado, que son los siguientes:

- Carga del motor
- Tiempo de inyección
- Régimen del motor
- En fase de desaceleración, desconexión de la gasolina-gas
- Temperatura del líquido refrigerante

La unidad de control para gas registra los siguientes parámetros:

- Presión del gas en el conducto
- Temperatura del gas
- Nivel de llenado de gas en el depósito
- Tensión de la batería

Figura 39 Unidad de control sistema GLP



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

### 6.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA

Mediante una válvula situada en el lateral del vehículo el combustible se almacena en estado líquido en el depósito de Autogas. A través de una tubería es conducido en fase líquida al evaporador -regulador de presión. A la entrada del evaporador-regulador va instalada una válvula electromagnética de corte de Autogas, conectada a un conmutador situado en el tablero de mandos.

El evaporador-regulador dispone en su interior de una serie de cámaras en las cuales se realizan distintas funciones que permiten regular, vaporizar y dosificar el Autogas que es aspirado por el motor del vehículo. El Autogas llega en fase líquida a la primera cámara del evaporador-regulador. En esta primera cámara se reduce la presión y se vaporiza el líquido transformándose en fase gaseosa.

La permanente vaporización del líquido se consigue manteniendo caliente el interior del evaporador-regulador. Para ello se hace circular agua del radiador por su interior. Ya en fase gaseosa el Autogas pasa cuando es aspirado por el motor a la segunda cámara y de aquí a través de la unidad de mezcla instalada en el colector de admisión al motor.

Además, el evaporador-regulador también incorpora un dispositivo electromagnético que permite al motor funcionar al ralentí<sup>54</sup> cuando el vehículo está parado.

La unidad de mezcla es un componente constituido principalmente por un difusor con su soporte y tiene como función la dosificación de la cantidad de gas (comandado por una centralita de GLP, a la cual previamente le llegan una serie de señales mediante sensores para enviar la cantidad de gas necesaria en cada momento y cada cilindro) y la cantidad de aire que se deben mezclar para una correcta combustión del motor.

El conmutador es un dispositivo eléctrico que se incorpora a la instalación para poder efectuar el cambio de gasolina a Autogas o a la inversa. El conmutador debe ser fijado al tablero de mandos de tal manera que sea visible y fácilmente manipulable desde el puesto del conductor del vehículo.

Es automático, es decir, aunque esté en posición de Autogas el arranque lo realiza siempre en gasolina, haciendo el cambio posterior a Autogas a un número determinado de revoluciones.

El conmutador trabaja por impulsos del encendido, así que si tenemos el contacto puesto y el motor parado la electroválvula de gas estará cerrada. El equipo permite la utilización indistinta de un carburante u otro y sin necesidad de parar el motor, a cualquier velocidad.

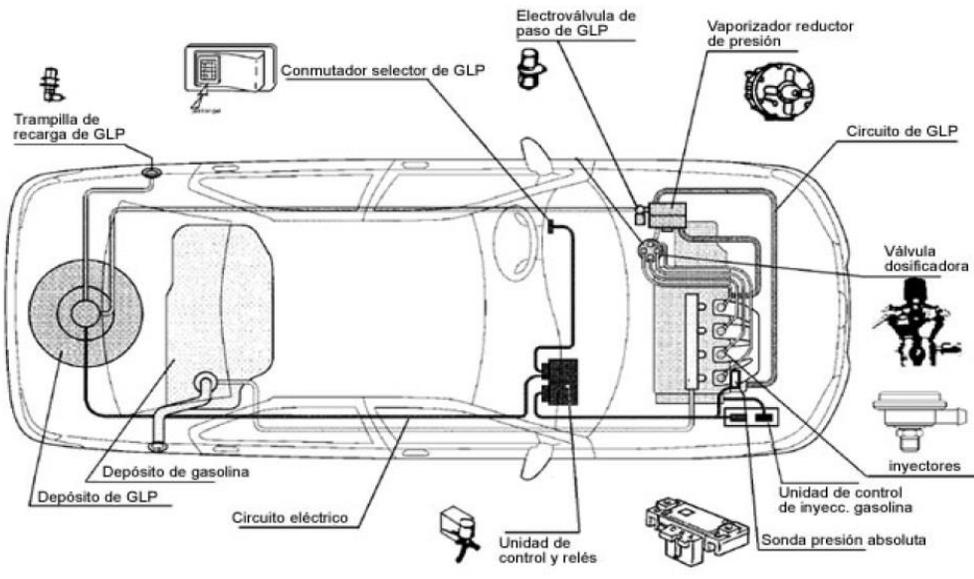
#### **6.4 ESQUEMA UBICACIÓN COMPONENTES**

En la figura 40, se pueden observar los componentes de un sistema de Autogas.

---

<sup>54</sup> Régimen de revoluciones mínimo que puede funcionar el motor de un vehículo estando parado.

Figura 40 Componentes sistema Autogas



Fuente: file:/Downloads/vsip.info\_glp-4-pdf-free.pdf

## 6.5 SEGURIDAD EN LOS VEHICULOS CONVERTIDOS A GLP VEHICULAR

Se pueden presentar dudas sobre la seguridad de los vehículos que utilizan Autogas y puede surgir preguntas como:

- Hasta qué punto será seguro un sistema de Autogas en caso de accidente?
- Qué ocurrirá si una conversión a Autogas se incendia?

RACE<sup>55</sup>(2008) diseñó una prueba de choque y una prueba de incendio, para obtener la información necesaria.

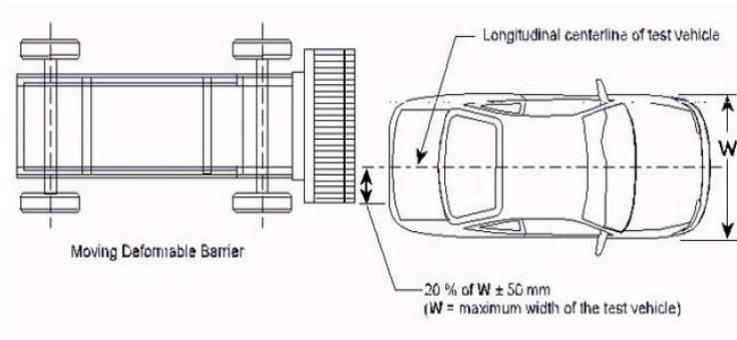
### -Prueba de choque

La prueba se realizó de conformidad con la norma US FMVSS 301<sup>56</sup>, utilizada para evaluar la integridad del depósito de carburante en vehículos normales de gasolina o diésel. La figura 41, muestra la disposición esquemática de prueba.

<sup>55</sup> Real automóvil club de España. Se fundó en 1903 y se ha convertido en una de las corporaciones españolas con mayor prestigio internacional por las numerosas pruebas que organiza.

<sup>56</sup> Evaluation of FMVSS No. 301, Fuel System Integrity, as Upgraded in 2005 to 2009.

Figura 41 Disposición esquemática de prueba de conformidad con la FMVSS 301



Fuente: Inform-RACE-GLP-Ventajas-GLP

El objetivo primario consistió en evaluar la integridad del depósito de Autogas. En la prueba participó el RACE, un Opel Kadett, de 1360 kg de peso, chocó a 60 k.p.h.<sup>57</sup> con un 70 % de superposición contra un Astra de Autogas estacionado (ver Fotografía 4).

---

<sup>57</sup> Km por hora.

Fotografía 4 posición de los vehículos antes de la prueba



Fuente: Inform-RACE-GLP-Ventajas-GLP

En la fotografía 5, se observa el estado del vehículo después de la prueba

Fotografía 5 vista de la parte trasera del Astra después de la prueba



Fuente: Informe-RACE-GLP-Ventajas-GLP

Después de la prueba, el depósito de Autogas no ha sufrido daños. El portón trasero queda atascado y hay que abrirlo utilizando herramientas.

El depósito de Autogas continúa montado bien seguro al vehículo y los tubos de gasolina están intactos. Se cargó el depósito de Autogas con unos pocos litros de gas para comprobar la integridad del sistema del depósito. La exploración con un

detector de gas durante el proceso de recarga demuestra que el depósito de Autogas y el tubo de llenado han quedado intactos después de la colisión.

La válvula de servicio del depósito de Autogas sólo presuriza los tubos de gas que alimentan el motor cuando el motor está en marcha (arrancado mediante revoluciones del árbol de cigüeñal). Para comprobar la integridad del tubo de alimentación, se arrancó después el motor en modo Autogas, no detectándose ninguna fuga de gas.

El resultado de la prueba de choque fue:

El depósito de Autogas no ha resultado afectado por las cargas de choque. El depósito, incluidos los soportes y el sistema de tubos de alimentación, ha resistido intacto la prueba y no representan ningún riesgo adicional.

Se puede concluir que el sistema de Autogas no implica ningún riesgo adicional.

### **-Prueba de incendio**

El incendio de vehículos es una incidencia relativamente rara, pero sus efectos pueden ser devastadores. La prueba de incendio realizada después de la prueba de choque pretende demostrar si los dispositivos de protección obligatorios son suficientes y si funcionan incluso después de una colisión.

Antes de la prueba, el depósito de gas se cargó con Autogas hasta que la válvula de cierre interrumpió el proceso (depósito lleno con gas hasta el 80 % de su capacidad).

A continuación, se colocaron debajo del vehículo bandejas llenas de gasolina (véase Fotografía 6).

Fotografía 6 Bandejas llenas de gasolina debajo del vehículo



Fuente: Informe-RACE-GLP-Ventajas-GLP

Las bandejas de gasolina se incendian. (Ver fotografía 7).

Fotografía 7 Bandejas de gasolina incendiadas



Fuente: Informe-RACE-GLP-Ventajas-GLP

Esta prueba reproduce un escenario en el que se ha derramado gasolina sobre la calzada, la cual, con una conversión a Autogas, comienza a arder a continuación.

En la fotografía 8, se puede ver el vehículo quemándose al cabo del tiempo

Fotografía 8 Vehículo incendiado



Fuente: Informe-RACE-GLP-Ventajas-GLP

La prueba revela que, incluso si el incendio se produce directamente debajo del depósito de Autogas, la válvula de alivio de presión se abre sólo cuando las llamas hayan envuelto al vehículo por completo. La llama del incendio resultante de la salida controlada de gas se dirige hacia el suelo y no implica un riesgo para nadie.

El depósito de Autogas resiste intacto la prueba (ver la Figura 42). Al dejar salir el gas y quemarlo ("explotarlo") instantáneamente, la válvula de alivio de presión evitó el estallido del depósito sometido a un aumento de la presión interna.

Figura 42 Deposito de GLP después de la prueba



Fuente: Informe-RACE-GLP-Ventajas-GLP

Resultado en la prueba de incendio:

En la primera prueba de incendio, el kit de conversión de Autogas resiste sin representar ningún riesgo adicional para los pasajeros del vehículo ni los rescatadores.

El depósito en ningún caso explota, ya que los dispositivos de protección obligatorios garantizan la combustión controlada del Autogas en el depósito durante un período de 6 minutos aproximadamente.

**Se puede concluir que el sistema de Autogas tiene un alto nivel de seguridad en caso de choque o incluso incendio.**

Además, los sistemas de GLP fabricados en Italia después del 2001, responden a la normativa europea ECE/ONU 67/01<sup>58</sup>, que garantiza estándares de seguridad muy elevados, definidos sobre la base de especificaciones internacionales y pruebas (de choque, de incendio del vehículo, etc.) extremadamente severas. Además de estar probados y homologados en todas sus partes según esta normativa, los sistemas de conversión a GLP están dotados de distintos dispositivos de seguridad, a saber:

-Multiválvula, depósito con sistema de bloqueo de carga al 80%, que limita el llenado para garantizar la expansión del gas en caso de aumento de la temperatura,

-Electroválvulas de seguridad que cierran el circuito de gas en la salida del depósito y en la entrada al reductor de presión en el compartimiento del motor, depósito homologado según las normas más estrictas.

---

<sup>58</sup> Regulation No. 67-01.Uniform Provisions Concerning the: I. Approval of Specific Equipment of Motor Vehicles Using Liquefied Petroleum Gases in their Propulsion System; II. Approval of a Vehicle Fitted with Specific Equipment for the Use of Liquefied Petroleum Gases in its Propulsion System with Regard to the Installation of such Equipment.

En caso de detectarse olor a gas, tanto en marcha como en el lugar del estacionamiento, se debe proceder de la siguiente manera:

Si el olor a gas lo detecta con el vehículo en marcha, y ese olor es débil, se recomienda ir al taller donde se instaló el sistema de GLP, donde le deben solucionar.

Si el olor fuese intenso, se recomienda estacionar el vehículo en la calle, apagar el motor, No fumar, y avisar inmediatamente al taller donde se realizó la instalación.

Si se detecta olor a gas cuando el vehículo se encuentra estacionado en un local o en un garaje, ventilar inmediatamente, teniendo la precaución de no encender fósforos, no dar golpes que puedan generar chispas y no utilizar ningún aparato eléctrico.

Si el usuario decide detectar la fuga, debe tener cuidado de aplicar agua jabonosa, procurando inspeccionar:

- Roscas de las válvulas en el depósito.
- Conexiones de las tuberías a los aparatos.
- los aparatos

En el caso de estacionar el vehículo se debe tener en cuenta:

Si se estaciona en la calle, se debe procurar en la medida de lo posible no hacerlo sobre o muy próximo a las rejillas del alcantarillado, ya que en caso de fugas tiene a introducirse en ellas. El GLP es más denso que el aire.

En el caso de estacionamiento en locales o garajes, que estén al mismo nivel del exterior, se deben instalar pequeñas rejillas de ventilación en la parte inferior.

Se debe evitar en lo posible estacionar el vehículo en locales que se encuentren por debajo del nivel del terreno circundante y no cumplan las normas de ventilación para GLP.

## 6.6 ESTACION DE SERVICIO GLP VEHICULAR PILOTO CUCUTA

Fotografía 9 Estación piloto GLP Cúcuta



Fuente: Autor

Para el piloto GLP vehicular en el municipio de Cúcuta, se montó la estación de suministro en la antigua estación de servicio de CootransCúcuta <sup>59</sup>(ver fotografía 9) en la vía que conduce del municipio de Villa del Rosario a Cúcuta a la altura del barrio San Mateo en la entrada a la ciudad, un lugar que cuenta con amplio espacio para la ubicación de un tanque de almacenamiento y los equipos que conforman una estación de suministro, así como zonas para la circulación y parqueo de vehículos y otras actividades relacionadas con el servicio del transporte.

La estación consta de los equipos necesarios para realizar el suministro de Autogas a vehículos automotores por medio de un sistema de almacenamiento de

<sup>59</sup> Taxis, Transporte Terrestre de Carga - Av 3 # 25-65 San Mateo. Norte de Santander. Cúcuta.

GLP, una estación para bombeo del GLP, redes de tubería para la conducción de gas líquido y un surtidor para medir y controlar las cantidades de producto suministrado a cada uno de los vehículos, las consideraciones de diseño y seguridad de la estación están basadas en las leyes colombianas, en especial las emitidas por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, las normas técnicas colombianas establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas Icontec, las normas técnicas internacionales aplicables, tales como las normas de la National Fire Protection Association NFPA<sup>60</sup> y la American Society of Mechanical Engineers ASME<sup>61</sup>, así mismo se basa en las prácticas comunes de ingeniería normalmente aceptadas aplicables en cada caso.

El proyecto se compone de:

- Un tanque de almacenamiento para GLP de 1.000 galones de capacidad de agua al 100% de tipo horizontal superficial con accesorios individuales (ver fotografía 10)

Fotografía 10 Tanque almacenamiento 1000 Galones GLP



Fuente: Bioenergias

- Una bomba para GLP Corken C12 tipo turbina regenerativa con válvula de bypass externa Corken B166.

---

<sup>60</sup> La NFPA (National Fire Protection Association) es una organización fundada en Estados Unidos en 1896, encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendio, utilizados tanto por bomberos, como por el personal encargado de la seguridad.

<sup>61</sup> ASME es el acrónimo de American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Es una asociación de profesionales, que ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos, entre otros, calderas y recipientes sujetos a presión.

-Tuberías de succión de GLP del tanque, tuberías de descarga de GLP líquido hacia el surtidor de gas, tubería y válvula de bypass y tubería de retorno del surtidor al tanque de almacenamiento, construidas en tubería de acero carbón tipo roscado.

-Un dispensador de GLP marca YENEN de fabricación Turca que realiza la medición y registro del gas suministrado a los vehículos. (ver figura 43).

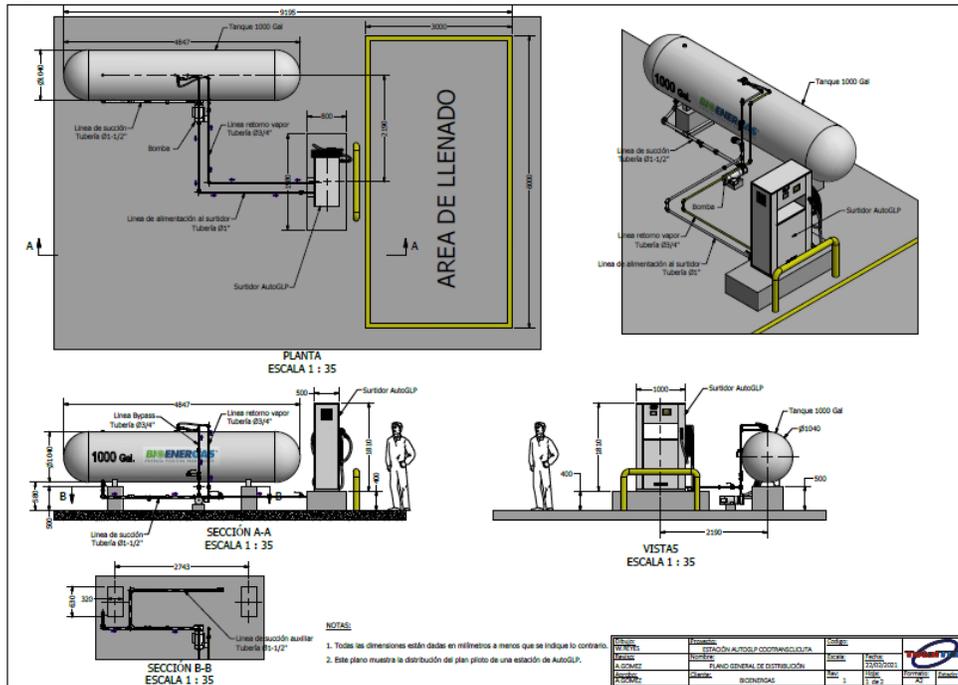
Figura 43 Dispensador GLP



Fuente: Autogas station equipments. Yenen.

En la figura 44, se muestran los componentes de la estación de Autogas, piloto GLP vehicular municipio Cúcuta.

Figura 44 Detalles estación Autogas Cúcuta



Fuente: Totaltek.

## 6.7. NORMATIVIDAD COLOMBIANA APLICADA AL GLP VEHICULAR

En Colombia apenas se acaba de dar vía libre para el uso de GLP vehicular en pruebas piloto. Desde el año 2001 el uso de GLP estaba autorizado para la operatividad de empresas distribuidoras de este combustible<sup>62</sup>, a raíz de esto se originaron diferentes normas técnicas referentes a temas de conversión, mantenimiento, de sistemas de conversión dual o dedicado, estaciones de servicio técnico, entre otras. Es importante señalar que aún no se dispone de normatividad referente a conversiones duales diésel-GLP.

Las normas técnicas se enuncian a continuación:

- NTC 3768:1995. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Centro de servicio especializado para conversión y mantenimiento de sistemas de

<sup>62</sup> ley No. 689 de agosto 23/01

carburación en motores con funcionamiento dedicado gasolina por dedicado GLP o dual GLP/gasolina

En esta norma se presentan los requisitos de infraestructura que debe tener un taller de conversión de vehículos a GLP.

-NTC 3769:1995. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Estaciones de servicio para suministro de GLP.

Esta norma contempla el desarrollo de infraestructura para llevar a cabo el suministro de GLP a partir de estaciones de servicio de forma segura y confiable, contemplando parámetros sobre los tanques de almacenamiento, procedimientos de llenado, sistemas de seguridad, de control de incendios y planes de prevención y contingencia.

-NTC 3770:2003. Sistemas bicombustible GLP/gasolina o dedicados a GLP.

Se encuentra normalizado los kits de conversión para vehículos con carburador, tiene parámetros de funcionamiento en el tanque de almacenamiento, válvulas, tuberías, mangueras, mezclador, sistema eléctrico y de control de la admisión, no incluye componentes específicos cuando hay sistema de inyección de gas en motores con inyección electrónica, ni enuncia tipos de suministro de GLP a las cámaras diferentes a un mezclador (recordar que hay inyección multipunto e inyección monopunto de GLP sobre el múltiple suprimiendo los sistemas con mezclador).

-NTC 3771:2003. Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación dedicada gasolina por carburación bicombustible (GLP-gasolina) o dedicada GLP.

Se encuentra la normalización correspondiente a ubicación de los accesorios del kit de conversión, adicionalmente da un paso a paso del procedimiento de conversión.

Transporte de gas licuado de petróleo.

-NTC 4786-3 Transporte de mercancías peligrosas. Carro tanques para transporte terrestre. Parte 3: Gas licuado de petróleo GLP.

Requisitos para los gases licuados de petróleo.

-NTC 2303:1998. Petróleo y sus derivados. Especificaciones para gases licuados del petróleo.

En esta norma se encuentran los límites máximos permisibles en las propiedades del GLP para usos vehiculares, relacionada al propano para usos especiales.

-NTC 5281:2004. Recipientes para almacenamiento de GLP utilizado como combustible vehicular

Establece los requisitos mínimos y los métodos de ensayo que se deben cumplir en la fabricación de recipientes sometidos a presión para almacenamiento de gas licuado del petróleo utilizado como combustible vehicular.

Recientemente a causa del piloto para el uso del GLP vehicular en Colombia, el ministerio de minas y energía expidió la resolución 40368 de 4 de diciembre de 2020, el cual reglamenta técnicamente los requisitos que deben cumplir las estaciones de servicio que suministran gas licuado del petróleo para uso vehicular<sup>63</sup>.

---

<sup>63</sup> <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180//23517//48772-40368.pdf>

Actualmente, hay un proyecto de resolución expedido por el MME, por la cual se establecen los parámetros de calidad del Gas Licuado del Petróleo (GLP) para uso vehicular (Autogás y Nautigás) y otros usos alternativos<sup>64</sup>, que básicamente confirma la utilización del **propano para aplicaciones especiales** que menciona la NTC 2303, como combustible para motores de combustión interna.

---

<sup>64</sup>[https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24104363/Proyecto\\_resolucion\\_parametros\\_calidad\\_autogas\\_publicacion\\_web\\_290519.pdf/](https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24104363/Proyecto_resolucion_parametros_calidad_autogas_publicacion_web_290519.pdf/)

## 7. CONVERSION CAMIONETA CHANA VAN 1.0

### 7.1 PROTOCOLO

Para la conversión, Bioenergias S.A.S. E.S.P<sup>65</sup> dispuso de una red de centros de conversiones especializados encabezados por TotalTek Ltda<sup>66</sup>, en el cual, los vehículos pasan por una Inspección general, en la que se constata un status general del vehículo ( Ver anexo<sup>67</sup> E), determinando la viabilidad de las instalación y recomendado posibles reparaciones para lograr la conversión en un estado óptimo. Posterior a la aprobación de la inspección, se programa la instalación del equipo y la capacidad del tanque de almacenamiento, esta se estima de 1 a 2 días de trabajo. La empresa **RAIL**<sup>68</sup> soportada por **Gastek**<sup>69</sup> fue la encargada de suministrar a Bioenergias S.A.S E.S.P los equipos para el plan piloto; **Equipos de 4ta generación, de inyección a vapor computarizada**. Los equipos Dispuestos para la prueba piloto están enfocados en brindar la mayor potencia en el manejo, cuidado del motor de altas temperaturas y una eficiencia dentro del 0 al -10% respecto a la gasolina.

Bioenergias S.A.S. E.S.P. ha acordado con Gastek que la instalación de los equipos como la capacitación de los mecánicos y técnicos, lo realicen ingenieros y auxiliares directamente de México, con la competencia y experiencia especifica en este tipo de trabajo.

En la tabla 56, se muestran los componentes del equipo de carburación para MCI de 4 cilindros

---

<sup>65</sup> Empresa Colombiana dedicada a la comercialización mayorista de energéticos.

<sup>66</sup> Empresa Colombiana servicios ingeniería y arquitectura.

<sup>67</sup> Formato revisión preconversión vehículo Autogas.

<sup>68</sup> Empresa italiana, fabricante de los kits de conversión para Autogas.

<sup>69</sup> Empresa mexicana especializada en Ingeniería, tanto en México como en Latinoamérica. Distribuye los kits RAIL.

Tabla 9 Equipo de carburación 4 cilindros

<b>EQUIPO DE CARBURACIÓN 4 CILINDROS</b>	
<b>PARTE</b>	<b>CANTIDAD</b>
CENTRALITA 4 CILINDROS	1 PIEZA
ARNES PARA CENTRALITA	1 PIEZA
CONMUTADOR SWITCH	1 PIEZA
SENSOR MAP 4 CILINDROS	1 PIEZA
FUSIBLE PARA CENTRALITA	1 PIEZA
VAPORIZADOR 4 CILINDROS	1 PIEZA
RIEL DE INYECTORES 4 CILINDROS	1 PIEZA
ESPREAS PARA RIEL DE INYECTORES	4 PIEZAS
TOBERAS PARA MULTIPLE DE ADMISIÓN	5 PIEZAS
FILTRO DE GAS VAPOR	1 PIEZA
MANGUERA DE INYECCIÓN	1 PIEZA
MANGUERA DE GAS VAPOR	1 PIEZA
ARNES PARA INYECTORES	1 PIEZA
KIT DE ABRAZADERAS 4 OIL	1 PIEZA

Fuente: Bioenergias S.A. E.S.P.

En la tabla 57, se muestran los insumos para el equipo de carburación de 4 cilindros.

Tabla 10 Insumos equipo de carburación de 4 cilindros

<b>INSUMOS PARA EQUIPO DE CARBURACIÓN</b>	
<b>PARTE</b>	<b>CANTIDAD</b>
CONEXIONES HEMBRA	2 PIEZAS
MANGUERA PARA GAS LIQUIDO 5/16	5 MTS
MANGUERA PARA AGUA 5/8	2 MTS
ABRAZADERA ¾ SIN FIN	6 PIEZAS
MODULO DE CORTE PARA BOMBA DE GASOLINA	1 PIEZA

Fuente: Bioenergias S.A. E.S.P.

El equipo marca RAIL, instalado a la camioneta CHANA 1.0, con el fin de realizar las pruebas para determinar su comportamiento respecto a la gasolina, consta de los siguientes componentes:

### **Centralita.**

La centralita o computadora del equipo de auto gas, tiene la función de cerebro para el equipo, las señales necesarias las recibe y las transmite la computadora a cada componente y permite guardar la información necesaria para su óptimo funcionamiento en Gas L.P.

### **Inyectores.**

Al igual que los inyectores de gasolina, los inyectores del equipo de auto gas funcionan de tal manera que permite un trabajo óptimo en cuestión de rendimiento y de potencia, los inyectores funcionan con un mecanismo de inyección variable. El porcentaje de apertura del inyector se controla con las pulsaciones de tierra tomadas de los inyectores de gasolina al instalarse, los ms<sup>70</sup> de inyección los podemos controlar mediante el software para compensar el nivel de octanaje y tipo de inyección con la que llega el GAS L.P. a la cámara de combustión.

### **Toberas.**

Las toberas son los aditamentos ya proporcionados por el proveedor para permitir una salida de vacío con el que se detecta el vacío en el sensor MAP y permite el acceso del GLP de los inyectores del equipo directo hacia el múltiple de admisión.

### **Vaporizador.**

El vaporizador como su nombre lo dice ayuda a vaporizar con ayuda del sistema de enfriamiento del vehículo el GAS L.P. que se encuentra en estado líquido, favoreciendo a que la combustión sea más controlada y más precisa.

---

<sup>70</sup> Milisegundos

### **Sensor de temperatura.**

La función de este sensor es mandarle la señal a la computadora en cuanto llegue el sistema de enfriamiento a la temperatura anteriormente programada para asegurar el funcionamiento del motor continuo a GAS L.P. en estado vapor.

### **Sensor MAP.**

El sensor MAP es el sensor ya proporcionado por la marca para ayudar a detectar la presión del GLP para mayor seguridad ya que si detecta una falta de presión obliga al equipo a cerrar todo el flujo de GLP y regresa el funcionamiento del motor a gasolina. Por otro lado, permite detectar la presión del vacío proporcionado por el múltiple de admisión para una mejor calibración de inyección

### **Botón.**

El botón se sitúa en el tablero para poder visualizarlo e indica el combustible del motor, sea gasolina o GAS L.P.

### **Mangueras.**

Todas las mangueras utilizadas en el equipo están reforzadas y certificadas para resistir cualquier tipo de circunstancias. La manguera para refrigerante automotriz está diseñada para soportar altas temperaturas, la instalación de la manguera mencionada se efectúa haciendo un bypass con alguna manguera original del vehículo, esto se solicita así para no tener que depender de algún otro material o modificación que pueda degradarse y causar fuga de refrigerante como las “y” de plástico.

### **Cableado.**

El cableado está fabricado bajo las normas de seguridad y utilidad exigido por la norma automotriz.

### **Filtro de Gas Líquido.**

El filtro de gas líquido ayuda a mantener toda la suciedad del tanque o del combustible alejado de los demás componentes.

### **Filtro de Gas Vapor.**

El filtro de gas vapor sirve como una segunda capa de protección de cualquier residuo que provenga del tanque hacia los componentes del equipo.

### **Tanque.**

Todos los tanques usados en las instalaciones están diseñados bajo la norma de las instalaciones de auto gas, pueden llegar a resistir hasta 10 veces la presión del GAS L.P.

Las instalaciones de los equipos de auto gas llevan una normatividad que se debe cumplir en cada instalación. Hay unos puntos prácticos indicados por el proveedor<sup>71</sup>:

#### **-Instalación centralita.**

La centralita debe de estar fijada en una base resistente para evitar exceso de vibración o que se suelte y se llegue a dañar el cableado, por otra parte, el conector y el arnés debe estar fijado con vista hacia arriba para evitar cualquier falla por humedad.

#### **-Instalación riel de inyectores.**

El riel de inyectores debe quedar situado lo más cercano a la modificación que se efectúa en el múltiple de admisión y con la salida del gas hacia abajo para evitar que cualquier residuo del GAS L.P. quede estancado en algún inyector.

---

<sup>71</sup> Gastek. Manual de instalación de los equipos marca RAIL.

### **-Instalación de las toberas.**

Las toberas en el caso del vacío tienen que estar instalada lo más directo que se pueda hacia el cuerpo de aceleración y en cuestión de la inyección tiene que estar lo más cerca hacia cada inyector.

### **-Instalación del vaporizador.**

El vaporizador debe de quedar a mínimo 30 cm de la batería por su alto contenido de GLP, debe de quedar situado con los tornillos de sujeción hacia abajo y en una posición que se tenga buen acceso a cualquier parte del mismo y que ni las mangueras ni los cables queden tallando con ningún componente del vehículo.

### **-Instalación del cableado.**

El cableado debe quedar situado con cierta elongación para que no se dañe en caso de haber una resistencia por las vibraciones del motor, todo el cableado debe estar fijado de tal modo que no se pueda caer y deberá estar protegido por una cubierta (manguera corrugada para cableado) que sea retardante de flama.

### **-Instalación del sensor MAP.**

El sensor MAP<sup>72</sup> debe estar situado de tal forma que su posición quede más arriba a la ya asignada para el vaporizador para su correcto funcionamiento y evitar cualquier falla por el retorno de mercaptano<sup>73</sup>. Indicado por el proveedor se solicita la instalación del sensor MAP con su leyenda hacia la parte de arriba para garantizar su correcta lectura.

---

<sup>72</sup> Sensor ya proporcionado por la marca para ayudarnos a detectar la presión del GLP para mayor seguridad ya que si detecta una falta de presión obliga al equipo a cerrar todo el flujo de GLP y regresa el funcionamiento del motor a gasolina.

<sup>73</sup> Odorizante aplicado al GLP, para detectarlo en caso de una fuga.

El proceso de conversión de la Chana va 1.0, fue un reto comparado con la de los otros vehículos que participaron en el piloto, esto por la posición del motor en la camioneta (debajo de la cabina) y por la ubicación del tanque cilíndrico con capacidad de 50 litros (solo se habían usado tanques toroidales). El proceso tardó 3 días, primero se desmontó el múltiple de admisión para perforar los orificios donde se ubican las espreas<sup>74</sup>, esto por el espacio reducido para realizar las operaciones. Después se ubicaron los demás componentes e instalaciones eléctricas terminando con la programación de la centralita.

A continuación, se presentan los detalles de la conversión:

CHANA VAN 1.0. (Ver tabla 11 Datos vehículo)

Fecha de ingreso: Miércoles 29 de septiembre de 2021 a las 7 am.

Fecha de entrega: Sábado 2 de octubre de 2021 a las 10 am.

Tabla 11 Datos vehículo convertido

<b>NOMBRE:</b>	JORGE BARON SOTO	<b>DUEÑO</b>	X
<b>CELULAR:</b>		<b>CONDUCTOR</b>	
<b>DATOS DEL VEHÍCULO</b>			
<b>MARCA:</b>	CHANA	<b>MODELO:</b>	SC6390
<b>AÑO:</b>	2008	<b>PLACA:</b>	CUC 114
<b>Km :</b>	188.000 km	<b>CILINDRAJE:</b>	1.000 cc
<b>TIPO:</b>	Vans	<b>EMPRESA:</b>	DIMELCO SAS
<b>CARACTERISTICAS DEL EQUIPO INSTALADO</b>			
Kit de conversión RAIL de diámetro <b>1.5 mm</b> y tanque Cilíndrico con capacidad de <b>50 L.</b>			

Fuente: Autor

Para ubicar los equipos, se tuvieron que diseñar las bases y soportes de los mismos respetando las restricciones y cumpliendo con los requerimientos

<sup>74</sup> Dispositivo en forma de tubo de pequeño diámetro, que inyecta un fluido pulverizado en una cámara, como el carburador de un motor.

ordenados por el fabricante RAIL, entre los que se destaca la distancia entre el múltiple de escape, las mangueras y la centralita la cual debe ser mayor a 30 cm. Otro requerimiento importante es que las mangueras de inyección que van desde el riel de inyección al múltiple de admisión no deben superar los 15 cm. Las mangueras de agua no deben pasar cerca a la centralita y el riel de inyección no debe quedar acostado y mucho menos boca arriba. Teniendo en cuenta estos parámetros se procedió a ubicar y conectar los componentes al vehículo.

Es de acotar que la instalación del componente eléctrico es uno de los procesos más críticos y de mayor cuidado. Un cable conectado de manera invertida hace que la conversión no funcione. Se hacen las conexiones como lo indica el fabricante de la manera más ordenada y estéticamente posible, con el fin de obtener un resultado 100% operativo.

Para la instalación del tanque cilíndrico se tuvo que diseñar y fabricar bases o soportes para éste, teniendo en cuenta los espacios del interior de la camioneta. Además, fue necesario perforar el piso de la camioneta para pasar la manguera de gas líquido y llevarla hasta el vaporizador.

Conectado el tanque cilíndrico de 50 litros de capacidad, se procede a conectar el arnés principal a los diferentes componentes del equipo RAIL; llevando este arnés por lugares adecuados y que no intervengan en los otros componentes propios de la camioneta. Conectado y verificado todo se enciende el vehículo para verificar fugas de refrigerante y luego se verifica que no haya entradas de aire en el múltiple de admisión por donde se hizo las perforaciones para colocar las espumas. Verificando estos detalles, se procede a llenar el tanque cilíndrico solo con una cantidad inicial de 15 litros, suficientes para programar la centralita y verificar fugas de GLP en el sistema.

Por último, se hace la programación de la centralita. Gracias a la tecnología con la cuenta el equipo de cuarta generación, esta centralita toma los valores del motor

de la camioneta y con base en esto, ella se encarga de establecer unos valores acordes para funcionar de manera correcta. Una vez ocurrido esto, se le introducen otros valores necesarios para que el equipo opere 100% de manera eficiente, estos valores o parámetros están descritos en el proceso o en el paso a paso de la programación de la centralita.

En las siguientes imágenes, se muestran aspectos antes (ver fotografía 11), durante (ver fotografía 12) y después (ver imagen 13) de la conversión.

Fotografía 11 Antes de la conversión





Fuente: Autor

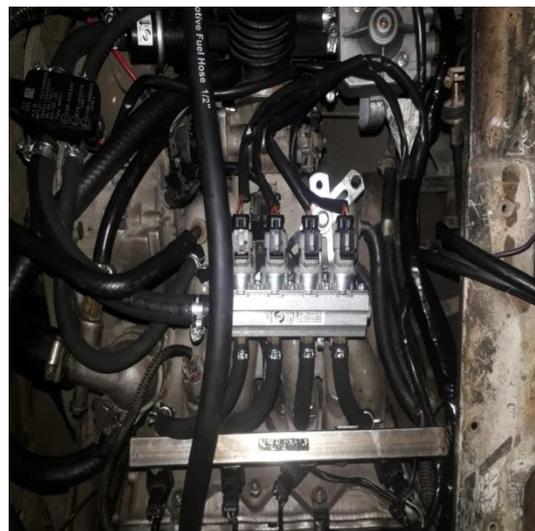
Fotografía 12 Durante la conversión





Fuente: Autor

Fotografía 13 Después de la conversión





Fuente: Autor

## 7.2 SOFTWARE PARA CALIBRACION Y DIAGNOSTICO

RAIL es el nuevo software de calibración para sistemas de alimentación a GLP y GNC desarrollado por la marca RAIL.

El software RAIL está diseñado para ser utilizado en sistema operativo, Windows.

El nuevo software es caracterizado por su enfoque completamente innovador y muy orientado a la gestión del gas como combustible para los motores con arranque controlado más modernos.

La innovación principal es el software de control motor en las computadoras mejor conocidas como “centralitas” que, gracias a nuevos algoritmos de gestión, **permite optimizar la dosificación del combustible gaseoso en manera simple e intuitiva, permitiendo al instalador alcanzar mejores resultados.**

Por garantizar una mayor integración con el sistema de control del motor a gasolina y por satisfacer las pedidas del OBD<sup>75</sup>, el software Rail es equipado con un diagnostico desarrollado sobre el sistema gas y permite la comunicación con el sistema OBD del vehículo.

### **Descripción de la página inicial del software Rail<sup>76</sup>:**

Poniendo el cursor sobre el icono abrirá una ventana con información sobre el software instalado.

---

<sup>75</sup> OBD (On Board Diagnostics) es un sistema de diagnóstico a bordo en vehículos (automóviles, autobuses y camiones).

<sup>76</sup> Gastek. Manual de instalación de los equipos marca RAIL.

Luego de haberlo instalado correctamente, basta con hacer doble clic sobre el icono que hay en la pantalla para abrir la página principal.

Los botones principales son 8 y se encuentran extendidos en la pantalla principal. Verificar que todo esté en color blanco y no esté seleccionado. Cada botón tiene un texto al centro:

- CONFIGURACION AUTOMOVIL.
- VISUALIZACION.
- DIAGNOSTICO.
- AUTOCALIBRACION.
- GUARDAR CONFIGURACION.
- BAJAR CONFIGURACION.
- PROGRAMACION CENTRALITA.
- SALIR.

El concepto base que hay que recordar al utilizar este programa es que a cada botón principal corresponde una función principal desarrollada por el mismo botón. Para comprender mejor esta filosofía, se tiene que considerar que con cada botón se puede acceder a todo lo que se necesita para desarrollar una determinada operación.

Entonces para todo lo que se refiera a la programación y para hacer la puesta a punto de la centralita se hará referencia al botón "CONFIGURACION AUTOMOVIL", para verificar si hay errores de instalación o para ejecutar las pruebas sobre los actuadores se presiona el botón "DIAGNOSTICO". Cuando el cursor se mueve sobre un botón, su color cambia de blanco a rojo.

En la pantalla habrá 8 botones que llamaremos "botones principales", estas están denominadas:

Configuración automóvil, Visualización, Diagnostico, Auto calibración, Guardar configuración, Bajar configuración, Programación centralita y Salir.

Presionando el botón de “Salir” se cierra el software, en caso de no haber guardado las modificaciones hechas le dará la opción de “guardar y cerrar”, si no se hizo ningún tipo de modificación el programa se cerrará enseguida.

En caso de no seleccionar la opción “guardar y cerrar”, las modificaciones hechas se perderán completamente.

### **BOTÓN PRINCIPAL CONFIGURACION AUTOMOVIL:**

Con este botón principal se desglosarán otros 7 botones secundarios: Cambio, Lambda, Sensores, Mapa, Gas/Gasolina, Modificación Carburación, Correcciones. Estos botones secundarios nos ayudarán para modificar la mayor cantidad de características del motor.

#### **-Botón secundario Cambio**

En este menú podremos encontrar el tipo de combustible que utilizaremos en el equipo, el tipo de inyectores, tipo de señal de revoluciones, seleccionar el parámetro de las RPM<sup>77</sup>, el Numero de Cilindros que se necesitan para el motor, para metros que detectar para el cambio de combustibles.

#### **-Botón secundario Lambda**

En este menú podremos encontrar todas las modificaciones permitidas para el sensor del escape por el equipo.

---

<sup>77</sup> Revoluciones por minuto

### **-Botón secundario Mapa**

Nos muestra la calibración de inyección y nos permite modificar la secuencia de inyección mediante ms<sup>78</sup>. de inyección y las RPM

### **-Botón secundario Gas/Gasolina**

Nos muestra las condiciones en las que puede trabajar el equipo.

### **-Botón secundario Modificaciones Carburación**

Nos muestra el tipo de comunicación con el OBD II del vehículo.

### **-Botón secundario Correcciones**

Nos muestra las correcciones en la temperatura del equipo.

## **BOTÓN PRINCIPAL VISUALIZACION**

En esta tecla nos permite visualizar todos los parámetros con los que está trabajando el equipo.

## **BOTÓN PRINCIPAL DIAGNOSTICO**

Nos permite visualizar los errores que en cuyo caso tendría el equipo, el tiempo de trabajo en gasolina y en Gas L.P. y el funcionamiento de los inyectores tanto en gasolina como en Gas L.P.

---

<sup>78</sup> Milisegundos

## **BOTÓN PRINCIPAL AUTOCALIBRACIÓN**

Nos permite ver lo mismo que el botón de visualización, aparte nos permite darle al equipo una calibración inicial.

## **BOTÓN PRINCIPAL GUARDAR CONFIGURACION**

En este menú nos permitirá guardar un fichero hecho por nosotros mismos y guardar algún cambio del fichero.

## **BOTÓN PRINCIPAL BAJAR CONFIGURACION**

Nos muestra la lista de ficheros ya existentes y seleccionar alguno para configurar una centralita nueva.

## **BOTÓN PRINCIPAL PROGRAMACION CENTRALITA**

Nos muestra todos los archivos usados por el software para su funcionamiento.

## **BOTÓN PRINCIPAL SALIR**

El botón es para salir del software y si nos salimos sin guardar nos abre la ventana para guarda antes de salir.

## **7.3 PUESTA A PUNTO**

Los parámetros específicos que se ajustaron para la conversión de la camioneta Chana Van 1.0, se muestran en las siguientes imágenes. En la mayoría de los casos los valores de los parámetros son los mismos (establecidos por el fabricante), ya que es mínimo el cambio entre un vehículo y otro, teniendo en

cuenta que los motores sean de cilindrada similar. En caso de motores más grandes o de modelos más antiguos, se tendrían que hacer ajustes más significativos, sin embargo, quedan trabajando bien. Ya modificar esos valores sería por consumo de GLP y/o por comportamiento del vehículo.

Parámetros establecidos por el fabricante. Ver figura 45.

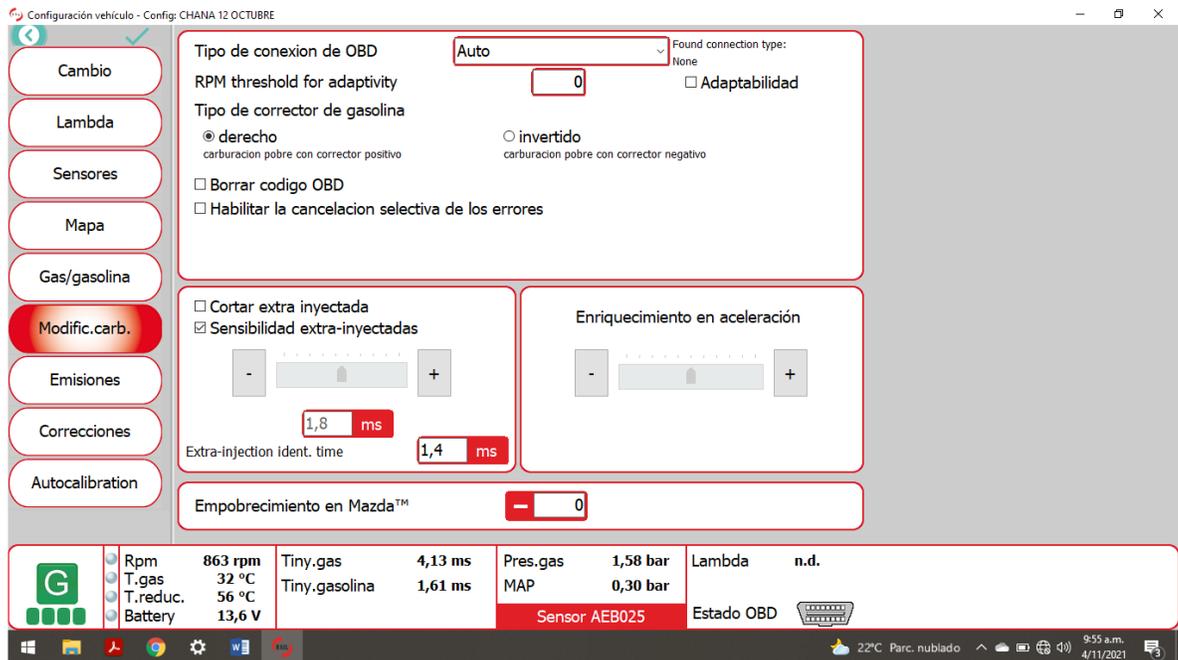
- Tipo de inyectores.
- Tipo de señal.
- Tipo de bobina.
- Reductor. Importante mantenerlo en 1.40 bar
- Tipo de cambio.
- Límite para el cambio.
- Temperatura del gas para el cambio.

Figura 45 Parámetros de entrada

Fuente: Software RAIL

El enriquecimiento en aceleración debería permanecer en la mitad, o sea al 50%. En este caso y después de distintas pruebas y análisis se ha dejado en un 70/80% de enriquecimiento en aceleración. Ver imagen 46.

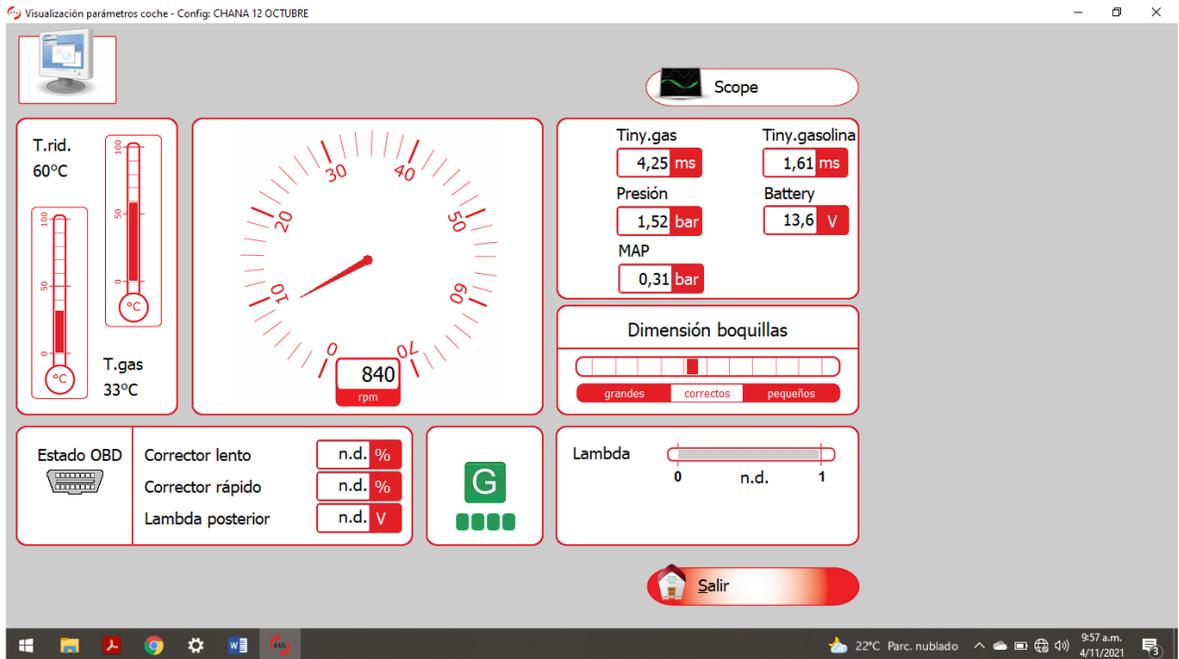
Figura 46 Enriquecimiento GLP



Fuente: Software RAIL

En esta imagen se observan parámetros de lectura. Es decir, estos parámetros no se modifican manualmente en la centralita. Son de lectura y muestran los valores reales en los que se encuentra trabajando el vehículo. Cuando se habla de tiempo de inyección, ya sea a gas o gasolina, es un valor que la centralita agarra del tiempo de inyección de gasolina y lo multiplica aproximadamente al doble y este valor viene siendo el tiempo de inyección a gas. Si dado el caso el tiempo de inyección está muy alto, es porque algo anormal está sucediendo en el vehículo como un inyector de gasolina mandando más o caso contrario, un inyector que no esté mandando combustible (gasolina). Ver figura 47.

Figura 47 Valores reales de trabajo del vehículo

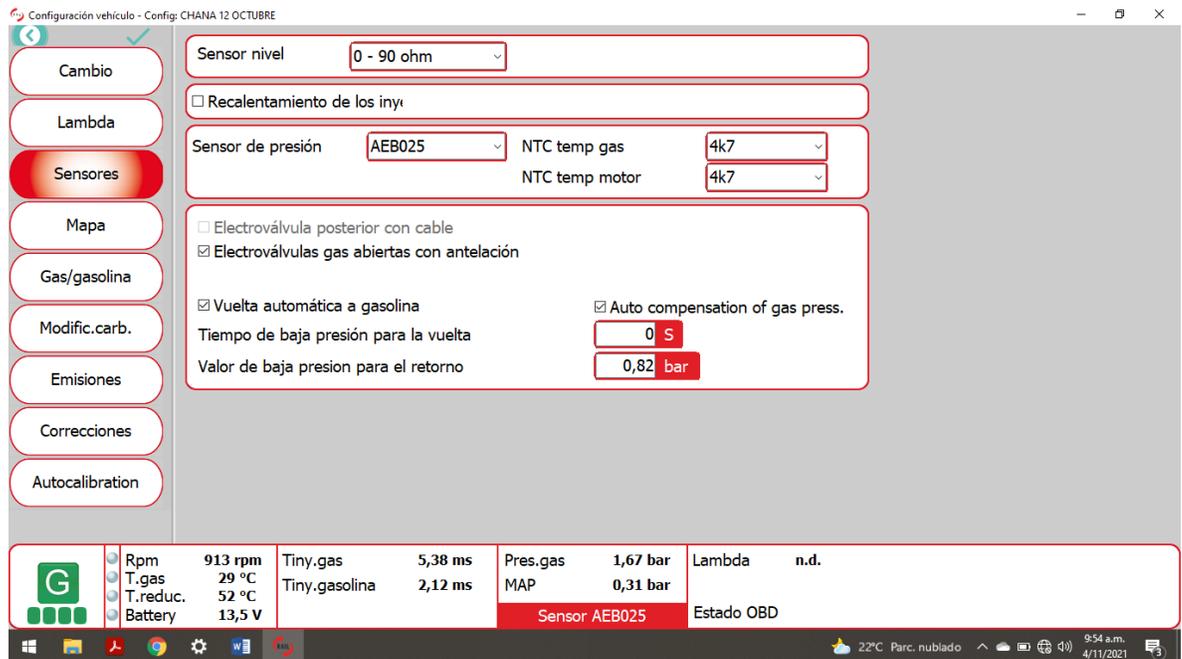


Fuente: Software RAIL

Ajuste Sensores. Ver Figura 48.

- Se escoge el tipo de sensor de nivel.
- Se selecciona el tipo de sensor de presión.
- Se cambia el tipo de NTC temperatura de gas y motor.
- Se modifica el valor de baja presión para el retorno (0.82 bar).

Figura 48 Ajuste Sensores



Fuente: Software RAIL

Mapa originado. Por lo general el vehículo y el equipo controlado por la centralita crea un mapa automático de acuerdo a las especificaciones del motor y del equipo instalado. En algunas ocasiones este mapa es modificado en base a resultados de distintas pruebas como las de rendimiento, consumo, gases, potencia, entre otras. Se puede decir que aquí está el éxito de un buen desempeño y de un óptimo comportamiento del vehículo convertido a Gas GLP. Ver figura 49.

Figura 49 Mapa creado software RAIL

Configuración vehículo - Config: CHANA 12 OCTUBRE

Cambio

Lambda

Sensores

**Mapa**

Gas/gasolina

Modific.carb.

Emisiones

Correcciones

Autocalibration

T.inj - RPM

	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
1,00	136	136	136	136	136	136	137	138	138	138	138	138
1,50	138	138	138	138	138	138	139	140	140	140	140	140
2,00	150	150	150	150	150	150	151	152	152	152	152	152
2,50	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
3,00	163	163	163	164	164	164	164	164	164	164	164	164
3,50	160	160	161	162	162	162	162	163	163	163	163	163
4,00	155	155	156	157	157	157	158	159	159	159	159	159
5,00	143	143	143	143	143	143	144	146	146	146	146	146
6,00	134	134	134	134	134	134	135	136	136	136	136	136
8,00	130	130	130	130	130	130	131	132	132	132	132	132
10,00	130	130	130	130	130	130	131	132	132	132	132	132
13,00	128	128	128	128	128	128	129	130	130	130	130	130

Perfil mapa: 2

Calibration map     OBD target map

Rpm	892 rpm	Tiny.gas	4,32 ms	Pres.gas	1,62 bar	Lambda	n.d.
T.gas	31 °C	Tiny.gasolina	1,69 ms	MAP	0,31 bar	Estado OBD	
T.reduc.	54 °C	Sensor AEB025					
Battery	13,6 V						

---

Cambio

Lambda

Sensores

**Mapa**

Gas/gasolina

Modific.carb.

Emisiones

Correcciones

Autocalibration

T.inj - RPM

	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
1,00	136	136	136	136	136	136	137	138	138	138	138	138
1,50	138	138	138	138	138	138	139	140	140	140	140	140
2,00	150	150	150	150	150	150	151	152	152	152	152	152
2,50	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
3,00	163	163	163	164	164	164	164	164	164	164	164	164
3,50	160	160	161	162	162	162	162	163	163	163	163	163
4,00	155	155	156	157	157	157	158	159	159	159	159	159
5,00	143	143	143	143	143	143	144	146	146	146	146	146
6,00	134	134	134	134	134	134	135	136	136	136	136	136
8,00	130	130	130	130	130	130	131	132	132	132	132	132
10,00	130	130	130	130	130	130	131	132	132	132	132	132
13,00	128	128	128	128	128	128	129	130	130	130	130	130

Perfil mapa: 2

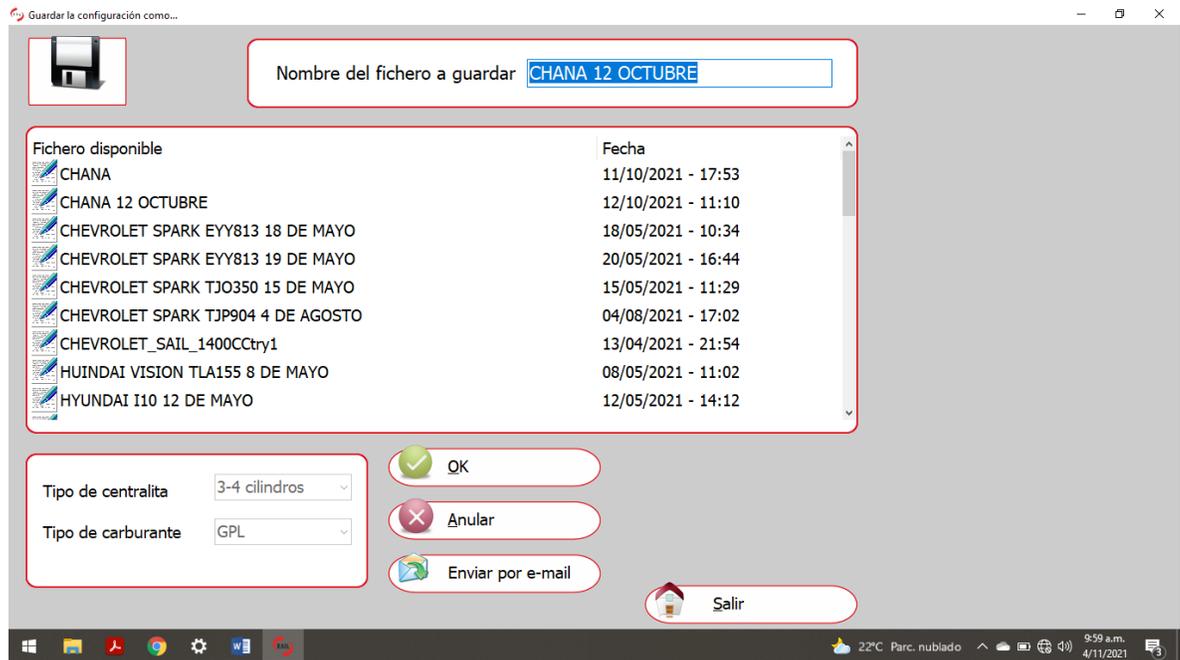
Calibration map     OBD target map

Rpm	885 rpm	Tiny.gas	4,18 ms	Pres.gas	1,60 bar	Lambda	n.d.
T.gas	31 °C	Tiny.gasolina	1,63 ms	MAP	0,31 bar	Estado OBD	
T.reduc.	55 °C	Sensor AEB025					
Battery	13,5 V						

Fuente: Software RAIL

Guardar configuración. Una vez programado el vehículo. Se ingresa en esta ventana para guardar los datos del vehículo. Quedaran almacenados en la memoria del computador. Ver figura 50.

Figura 50 Guardar programación centralita



Fuente: Software RAIL

## **8. ESTUDIO CONVERSION VEHICULO GLP (CHANA VAN 1.0.)**

### **8.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

El consumo o rendimiento se evidencia por la cantidad de combustible que el motor utiliza durante una ruta pre establecida, donde al vehículo se somete a variaciones máximas y mínimas de aceleración y velocidad, simulando la conducta o patrón de manejo en el transito urbano y en carretera.

Para el desarrollo del ensayo de consumo se sigue el procedimiento que se describe a continuación:

#### **Prueba de ruta a GLP.**

1. Desocupar en su totalidad el tanque de GLP, con el fin de asegurar que se encuentre sin gas en su interior.
2. Se reposta en su totalidad un total de 5 litros de GLP.
3. Se realiza el recorrido establecido para la prueba, teniendo la precaución de igualar las condiciones de manejo (gasolina); por lo cual se debe ir a la misma estación de servicio en donde se inició la prueba con gasolina
4. Verificar constantemente que se esté conduciendo en el combustible correcto.
5. La prueba finaliza hasta que el conmutador empiece a sonar, esto indica que el GLP se ha consumido. “Se relaciona de igual modo el kilometraje recorrido con el combustible suministrado”.

#### **Prueba de ruta a gasolina.**

1. Llenar el tanque del vehículo con gasolina en la misma estación de servicio utilizada para las pruebas.
2. Iniciar el recorrido establecido aproximadamente de 40 km.
3. Verificar constantemente que se esté conduciendo en el combustible correcto.
4. Volver a la misma estación y repostar nuevamente a la totalidad del tanque de almacenamiento hasta que el surtidor se detenga. El valor del rendimiento será el resultado de realizar la división de los km recorridos en los galones utilizados en el

segundo repostaje, este valor será contrastado con el determinado en la prueba a GLP.

**Nota:** Se debe tener en cuenta factores que incidieron en la realización de la prueba utilizando GLP, que conllevaron a que se utilizara un procedimiento diferente. Uno de estos factores es que el tanque utilizado en la Chana es cilíndrico, (Ver figura 51) con una capacidad de 50 litros y en los otros vehículos se usó el tanque toroidal, ya sea de 37 o 47 litros, según el tipo de vehículo y el otro factor, es que no se podía ir a la estación de GLP a cargar los 5 litros utilizados para la prueba, ya que el tanque de la Chana se encontraba al 65% de su nivel máximo de GLP y no hubo tiempo de consumir ese gas para antes de realizar la prueba y porque la estación de servicio de GLP ya estaba en reserva del combustible; por lo tanto se repostaron 10 litros que se iban a usar para la prueba de una vez y asegurar así de contar con el gas necesario.

Figura 51 Tanque cilíndrico 50 L



Fuente: RAIL. elementos de conversión.

El procedimiento utilizado para la práctica de la prueba de ruta y consumo en GLP fue el siguiente: Se tomó una foto inicial al medidor del tanque cilíndrico para observar la cantidad de GLP en porcentaje que se encontraba en su interior. ver fotografía 14.

Fotografía 14 % GLP inicial en el tanque



Fuente: Autor

Se cargaron los primeros 5 litros de GLP y se tomó foto al medidor. Aproximadamente alcanzando un 76% de capacidad. Ver fotografía 15.

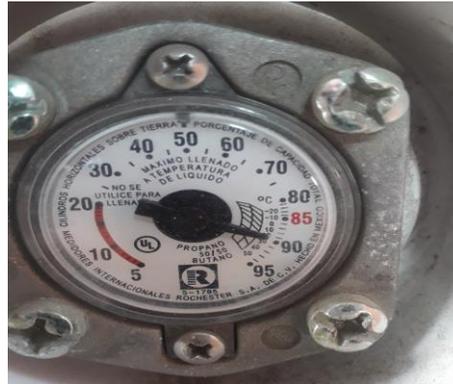
Fotografía 15 Nivel después de repostar 5 litros



Fuente: Autor

Después se repostaron los siguientes 5 litros y nuevamente se tomó la foto respectiva. Con estos 5 litros, el tanque se pasó un poco de su capacidad permitida, llegando al 90% de su capacidad. Ver fotografía 16. Se debe tener en cuenta que la cantidad normal permitida debe ser de 85%.

Fotografía 16 Nivel después de 10 litros repostados



Fuente: Autor

Con los 10 litros de GLP en el tanque cilíndrico repostados, se puede dar inicio a la prueba.

Se hizo el primer recorrido de aproximadamente 31 km en ciudad, arrancado desde un punto y finalmente retornando a este. Se tomó una foto al medidor (ver fotografía 17), y se descontó el porcentaje de GLP consumido en este recorrido. En esta primera prueba el medidor del 90% bajó al 84%, es decir, la camioneta consumió el 6% del GLP.

Fotografía 17 Nivel en % después del recorrido en ciudad



Fuente: Autor

Posteriormente, se inició la prueba en carretera, es decir, un circuito libre de tráfico, en donde no hay semáforos ni trancones. Este circuito aproximadamente

es de 42 km, arrancando desde un punto y retornando hasta este mismo punto. Nuevamente se le tomó una foto al medidor del tanque (ver fotografía 18) y se hizo el registro para calcular el porcentaje de combustible consumido en este tipo de recorrido.

Fotografía 18 Nivel en % después recorrido en carretera



Fuente: Autor

**Nota:** La prueba que se hizo en gas GLP, se hizo de igual manera con gasolina, destacando que siempre se trató de igualar condiciones de manejo para poder contrastar los resultados confiablemente.

## RESULTADOS

Con el fin de conocer el volumen de GLP en el tanque cilíndrico, después de cada una de las pruebas, se aplica una regla de tres simple

-Volumen en el tanque antes de iniciar las pruebas (64% nivel)

50 litros ----- 100%

X ----- 64%

X = 32 litros

-Volumen en el tanque repostando 5 litros (76%)

50 litros ----- 100%

X ----- 76%

$$X = 38 \text{ litros}$$

-Volumen en el tanque repostando 5 litros adicionales (90%)

50 litros ----- 100% capacidad total

X----- 90% capacidad total

$$X = 45 \text{ litros}$$

-Volumen en el tanque después del recorrido en ciudad

Cantidad de litros de GLP al 84%

50 litros ----- 100%

X ----- 84%

$$X = 42 \text{ litros}$$

-Volumen en el tanque después del recorrido en carretera

Cantidad de litros de GLP al 78%

50 litros ----- 100%

X ----- 78%

$$X = 39 \text{ litros}$$

Datos sobre la prueba de ruta y rendimiento en ciudad y en carretera.

### **Prueba de ruta y rendimiento en ciudad a GLP**

$$45 \text{ litros} - 42 \text{ litros} = 3 \text{ litros}$$

Total de km recorridos = 30,9 km

Mediante regla de tres simple:

1 galón ----- 3,785 litros

X ----- 3 litros

$$X = 0,79 \text{ galones}$$

Mediante regla de tres simple:

30,9 km ----- 0,79 galones

X ----- 1 galón

**X = 39,11 km/galón en ciudad**

### **Prueba de ruta y rendimiento en ciudad a Gasolina**

Se llenó el tanque de gasolina hasta la boquilla y se hizo el recorrido idéntico al realizado con GLP. Se regresó a la estación a repostar el combustible consumido, indicando el dispensador 0.744 galones de gasolina.

Mediante regla de tres simple:

30,9 km ----- 0,744 galones

X ----- 1 galón

**X = 41,53 km/galón en Ciudad.**

### **Prueba de ruta y rendimiento en carretera a GLP**

Iniciamos la prueba con aproximadamente 42 litros de GLP

42 litros – 39 litros = 3 litros

Total de km recorridos = 41 km

Mediante regla de tres simple:

1 galón ----- 3,785 litros

X ----- 3 litros

X = 0,8 galones

Mediante regla de tres simple:

41 km ----- 0,8 galones

X ----- 1 galón

**X = 51.25 km/galón en carretera**

Prueba de ruta y rendimiento en carretera A GASOLINA

41 km ----- 0,687 galones

X ----- 1 galón

**X = 59,7 km/galón en carretera**

### **Resultados**

Si se compara lo resultados de las pruebas en **Ciudad** tanto a GLP como a Gasolina; se observa que estuvieron muy parejas. Sin embargo, en gasolina hubo un mejor rendimiento ya que al recorrer los mismos 30,9 km, en gasolina alcanzó los 41,53 km/galón vs 39,11 km/galón en GLP.

Al comparar los resultados de las pruebas en **Carretera** tanto a GLP como a Gasolina; se observa una diferencia apreciable entre los dos combustibles. Ya que en GLP solo alcanzó un rendimiento de 51,25 km/galón con respecto a los 59,7 km/galón en gasolina.

En ambas pruebas la gasolina siempre mostró mejores resultados en cuanto rendimiento.

Si se compara otros factores en el transcurso de las pruebas; se destaca que la prueba en GLP en carretera fue a medio día, con temperatura ambiente de 32°C, mientras que la prueba a gasolina en carretera fue a las 3pm y con temperatura ambiente de 26°C. Esto significa que la temperatura influye de cierto modo en los resultados, ya que la alta temperatura tiene una incidencia en la tasa de vaporización del GLP.

Otro factor a tener en cuenta, es que en la prueba a GLP en carretera presentó un alto flujo de vehículos comparado con la de gasolina

El tipo de conducción para la prueba de GLP fue un poco más exigente, en el sentido en que se manejó a 2500 – 3500 rpm promedio. Y en cambio en la prueba a gasolina se tuvo una conducción más suave, no superando los 2500 rpm.

## 8.2 EMISIONES DE GASES

Esta prueba se realizó en un CDA<sup>79</sup>, con el fin de comparar las emisiones estáticas que generan tanto la gasolina y el GLP como combustible alternativo en la camioneta Chana Van 1.0

Las emisiones estáticas son las que se miden como indica su nombre sin necesidad de que el vehículo este realizando un recorrido, teniendo como referencia valores en rpm mínimas y velocidad de crucero<sup>80</sup>.

El procedimiento para efectuar la medición de concentración de gases según la NTC 4893<sup>81</sup> es:

- Introducir la(s) punta(s) de sonda en el tubo de escape del vehículo.
- Acelerar el vehículo hasta condiciones de velocidad de crucero, por treinta (30) s. El analizador de gases debe registrar el promedio de los valores medidos de las concentraciones de los gases de escape en los últimos cinco (5) s.
- Retornar a la condición de marcha mínima o ralentí especificada por el fabricante o ensamblador, o en su defecto a un máximo de 1 100 r/min y mantener esta condición por treinta (30) s. El analizador de gases debe registrar el promedio de los valores medidos de las concentraciones de los gases de escape en los últimos cinco (5) s.
- Fin de la prueba.

Nota: Se recomienda apagar el vehículo antes de desconectar el tacómetro y extraer la sonda o sondas según el caso, del tubo (o tubos) de escape.

Los gases de escape cuyas concentraciones se deben determinar y las unidades de medida en que se deben reportar según la NTC 4893, son: Ver tabla 12

---

<sup>79</sup> Centro de diagnóstico automotor.

<sup>80</sup> Corresponden a  $2\ 500\ \text{r/min} \pm 250\ \text{r/min}$ , las cuales son mantenidas estables y sin carga al motor, con las luces encendidas en neutro o condición de parqueo y sin ningún otro elemento de consumo eléctrico encendido.

<sup>81</sup> Calidad del aire. Evaluación de gases de escape de vehículos automotores que operan con ciclo OTTO. Método de ensayo en marcha mínima (ralentí y velocidad crucero).

Tabla 12 Parámetros de medición

Parámetro	Símbolo	Intervalo mínimo de medición	Unidad
Monóxido de Carbono	CO	0 a 10	% en volumen
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0 a 20	% en volumen
Hidrocarburos (en términos de n-hexano)	HC	0 a 10000	Ppm (partes por millón)
Oxígeno	O <sub>2</sub>	0 a 22	% en volumen

Fuente: NTC 4893.lcontec

## RESULTADOS

### Resultados a gasolina.

GASOLINA	MONÓXIDO DE CARBONO			DIÓXIDO DE CARBONO			OXIGENO			HIDROCARBURO (HEXANO)		
	CO	NORMA	UNID	CO <sub>2</sub>	NORMA	UNID	O <sub>2</sub>	NORMA	UNID	HC	NORMA	UNID
RALENTI (700)	0,36	0-1	%	13,7	7-17	%	1,10	0-5	%	351	0-200	PPM
CRUCERO (2400)	0,59	0-1	%	13,6	7-17	%	1,20	0-5	%	159	0-200	PPM

### Resultados a GLP inicial (Empobrecimiento del GLP al 50%).

GLP	MONÓXIDO DE CARBONO			DIÓXIDO DE CARBONO			OXIGENO			HIDROCARBURO (HEXANO)		
	CO	NORMA	UNID	CO <sub>2</sub>	NORMA	UNID	O <sub>2</sub>	NORMA	UNID	HC	NORMA	UNID
RALENTI (700)	3,99	0-1	%	10,8	7-17	%	0,90	0-5	%	558	0-200	PPM
CRUCERO (2400)	2,07	0-1	%	12,1	7-17	%	0,50	0-5	%	205	0-200	PPM

### Resultados a GLP (Parámetros ajustados. Enriquecimiento del GLP al 80%.

#### Software RAIL).

GLP	MONÓXIDO DE CARBONO			DIÓXIDO DE CARBONO			OXIGENO			HIDROCARBURO (HEXANO)		
	CO	NORMA	UNID	CO <sub>2</sub>	NORMA	UNID	O <sub>2</sub>	NORMA	UNID	HC	NORMA	UNID
RALENTI (700)	1,00	0-1	%	12,6	7-17	%	0,70	0-5	%	248	0-200	PPM
CRUCERO (2400)	0,39	0-1	%	13,0	7-17	%	0,80	0-5	%	99	0-200	PPM

## INTERPRETACION

-CO (Monóxido de carbono)<sup>82</sup>. El Monóxido es resultado del proceso de combustión y se forma siempre que la combustión es incompleta, es un gas toxico, incoloro e incoloro. Valores altos del CO, indican una mezcla rica o una combustión incompleta. Normalmente el valor correcto está comprendido entre 0,5 y 2 %, siendo la unidad de medida el porcentaje en volumen.

-CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono)<sup>83</sup>.El dióxido de Carbono es también resultado del proceso de combustión, no es toxico a bajos niveles. El motor funciona correctamente cuando el CO<sub>2</sub> está a su nivel más alto, este valor porcentual se ubica entre el 12 al 15 %. Es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión. Como regla general, lecturas bajas son indicativas de un proceso de combustión malo, que representa una mala mezcla o un encendido defectuoso.

- O<sub>2</sub> (Oxigeno)<sup>84</sup>.Este compuesto es el oxígeno del aire que sobro del proceso de combustión. Un valor alto de Oxigeno puede deberse a mezcla pobre, combustiones que no se producen o un escape roto. Normalmente el Oxigeno debe ubicarse debajo del 2 %.

- HC (Hidrocarburos no quemados)<sup>85</sup>.Este compuesto representa los hidrocarburos que salen del motor sin quemar. La unidad de medida es el ppm, partes por millón de partes. La conversión seria 1%=10000 ppm. Se utiliza el ppm, porque la concentración de HC en el gas de escape es muy pequeña.

Una indicación alta de HC indica:

Mezcla rica, el CO también da un valor alto.

Mala combustión de mezcla pobre.

Escape o aceite contaminado.

---

<sup>82</sup> <http://www.cise.com/porta/otas-tecnicas/item/302-an%C3%A1lisis-de-los-gases-de-escape-de-los-motores-de-combusti%C3%B3n-interna.html>

<sup>83</sup> Ibid

<sup>84</sup> Ibid

<sup>85</sup> Ibid

El valor normal está comprendido entre 100 y 400 ppm.

Se modificaron parámetros del vehículo en GLP para mejorar resultados de la primera prueba. Se aumentó al 80% el enriquecimiento de GLP y se le redujo 10 puntos al mapa (software RAIL); logrando bajar el tiempo de inyección de 6 ms a 4 ms. Al haber modificado los parámetros del vehículo en GLP, algunos resultados fueron mejores comparados con la gasolina y la configuración inicial que traía la camioneta.

La camioneta Chana Van 1.0 al no tener catalizador en su sistema de escape va a presentar valores de HC (Hidrocarburo-Hexano) altos, principalmente en estado Ralenti.

La concentración de HC en GLP, en ralentí y crucero disminuyo comparado con la gasolina. Hay más hidrocarburos sin quemar con gasolina

La concentración de CO en GLP, modalidad crucero disminuyo comparado con la gasolina. Hay una combustión más completa con GLP.

La concentración de CO<sub>2</sub> en GLP, en ralentí y crucero disminuyeron comparado con la gasolina. Esto significa que hay una mejor eficiencia de la combustión con gasolina.

La concentración de O<sub>2</sub> en GLP, en ralentí y crucero disminuyeron comparado con la gasolina. En el proceso de combustión hay un sobrante de oxígeno con gasolina.

La calidad de combustible tiene incidencia en las emisiones contaminantes vehiculares, otros factores críticos son también la edad del parque automotor y la tecnología del vehículo.

### **8.3 POTENCIA Y TORQUE**

En el mundo de los vehículos, el torque o par es una medida de la fuerza con la que el cigüeñal del motor puede girar. Dicho de otra forma, el torque tiene una estrecha relación con el ritmo al que el motor puede alcanzar el rango máximo de

revoluciones por minuto. Una cifra mayor de torque nos habla de una mejor capacidad de aceleración<sup>86</sup>. El torque representa la capacidad de un auto para mover algo pesado. Si bien, va de la mano con la potencia del automóvil no es lo mismo.

El torque suele medirse en libras-pie (lb-pie)<sup>87</sup>. El máximo torque, que viene indicado en el vehículo, se alcanza a cierto número de revoluciones por minuto (RPM). Por ejemplo, 656 lb-pie @ 4,800 RPM, quiere decir que su máximo torque (656 lb-pie) solo se logra mientras el motor gire a 4,800 RPM.

La potencia indica la capacidad de ejercer una fuerza (el torque) en cierta cantidad de tiempo. La potencia en los autos se mide en Caballos de Fuerza y representa qué tan rápido el motor puede hacer un trabajo, es decir, qué tan rápido puede aplicar el torque<sup>88</sup>.

Al igual que el torque, la potencia se alcanza a cierto número de RPM. Una particularidad es que mientras la potencia y las revoluciones aumentan, se requiere menor torque, por lo que las RPM necesarias para alcanzar la máxima potencia son mayores a las necesarias para lograr el máximo torque<sup>89</sup>.

El torque nos da la fuerza para mover el vehículo. la potencia nos va a dar velocidad.

La potencia obtenida a partir del freno dinamométrico del banco de pruebas se conoce como potencia efectiva del motor a un determinado régimen y carga del motor, siendo la **potencia útil en el cigüeñal**.

Para la realización de las pruebas de torque y potencia en el motor de combustión interna de la camioneta CHANA 1.0 utilizando gasolina y GLP como combustible

---

<sup>86</sup> Automexico.com/mantenimiento/que-es-el-torque-en-un-motor-y-como-calcularlo-aid11960

<sup>87</sup> <https://www.dodge.com.mx/blog/dodge-life/cual-es-la-diferencia-entre-torque-y-potencia>

<sup>88</sup> Ibid.

<sup>89</sup> Ibid.

alternativo, se siguió el procedimiento según el manual del dinamómetro (Marca Dynocom Dyno X). A continuación, se detalla este:

-Posicionar el vehículo de forma recta y centrada en dirección de marcha sobre los rodillos del banco de pruebas, con la transmisión en posición neutral. Ver figura 52 y figura 53.

Figura 52 Posicionamiento vehículo sobre rodillos. Lado izq.



Fuente: Autor

Figura 53 Posicionamiento vehículo sobre rodillos. lado der.



Fuente: Autor

-Conectar el banco de potencia mediante el interruptor principal en el computador. Ver figura 54

Figura 54 Conexión del banco de pruebas al computador



Fuente: Autor

-Conectar la caja de interfaces (sensores, medidores) al computador. Ver figura 55

Figura 55 Conexión de sensores al computador



Fuente: Autor

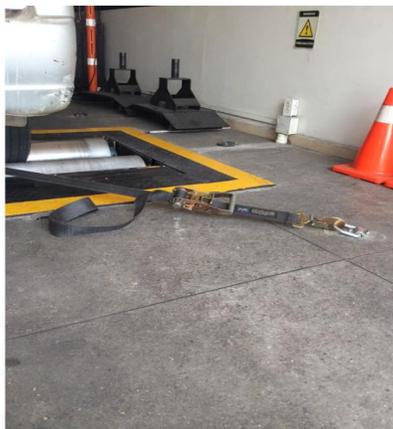
- Fijar el vehículo sobre los rodillos por medio de correas de tensión a partes fijas del automotor, de manera que al correr a las ruedas sobre los rodillos el vehículo este inmóvil. Ver figuras 56 y 57.

Figura 56 Fijación del vehículo por delante



Fuente: Autor

Figura 57 Fijación del vehículo por atrás



Fuente: Autor

- Posicionar el ventilador de aire refrigerante delante del radiador del vehículo, asegure los rodillos de dirección con las palancas de retención para garantizar la firmeza de la posición del ventilador durante el funcionamiento. Ver figura 58.

Figura 58 Ventilador posicionado para refrigerar el motor



Fuente: Autor

- Llevar el motor a la temperatura normal de funcionamiento
- Seleccionar el tipo de vehículo a ensayar (turismo-vehículo ligero / camión-pesado) en la interfaz del computador del banco de pruebas.
- Seleccionar el tipo de ensayo a evaluar según el vehículo: continua (aplica a livianos ciclo Otto) o discreta (aplica pesados ciclo diésel).
- Introducir los datos técnicos referentes al vehículo a ser ensayado.
- Sincronizar el número de revoluciones de la rueda con los rodillos del dinamómetro. Ver figura 59

Figura 59 Sincronización rpm rueda con los rodillos del banco



Fuente: Autor

- Iniciar la prueba de medición de torque y potencia siguiendo las instrucciones indicadas por el software del Wheel SAE J1349<sup>90</sup>. Acelere el vehículo de forma moderada y continua hasta llegar a la marcha directa. Ver figura 60

-Para medición continua (vehículo liviano-gasolina) acelerar a fondo en la marcha de prueba hasta alcanzar las revoluciones nominales ("corte de rpm"), luego reducir la velocidad y pisar el embrague a fondo, dejando la marcha puesta.

-El banco de prueba desacelera hasta detenerse

-Esperar que el vehículo regrese hasta la temperatura normal de funcionamiento

-Comenzar nuevo ensayo o terminar ensayo.

---

<sup>90</sup> SAE J1349 certify the net power and torque rating of a production engine.

Figura 60 Inicio marcha para la prueba

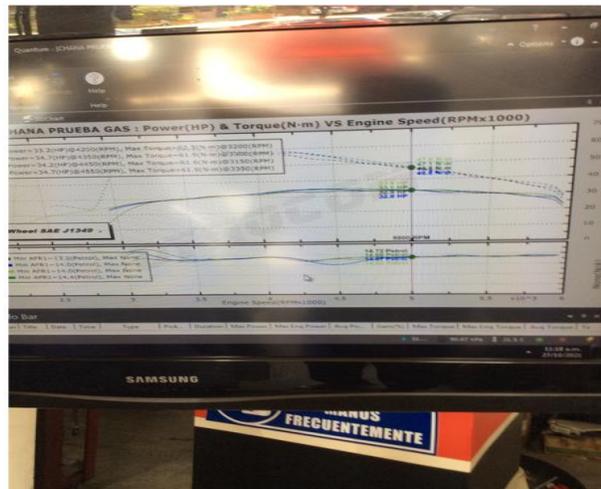


Fuente: Autor

-Apagar el ventilador

-El resultado de la medición se presenta en la pantalla. Ver figura 61

Figura 61 Resultados medición prueba

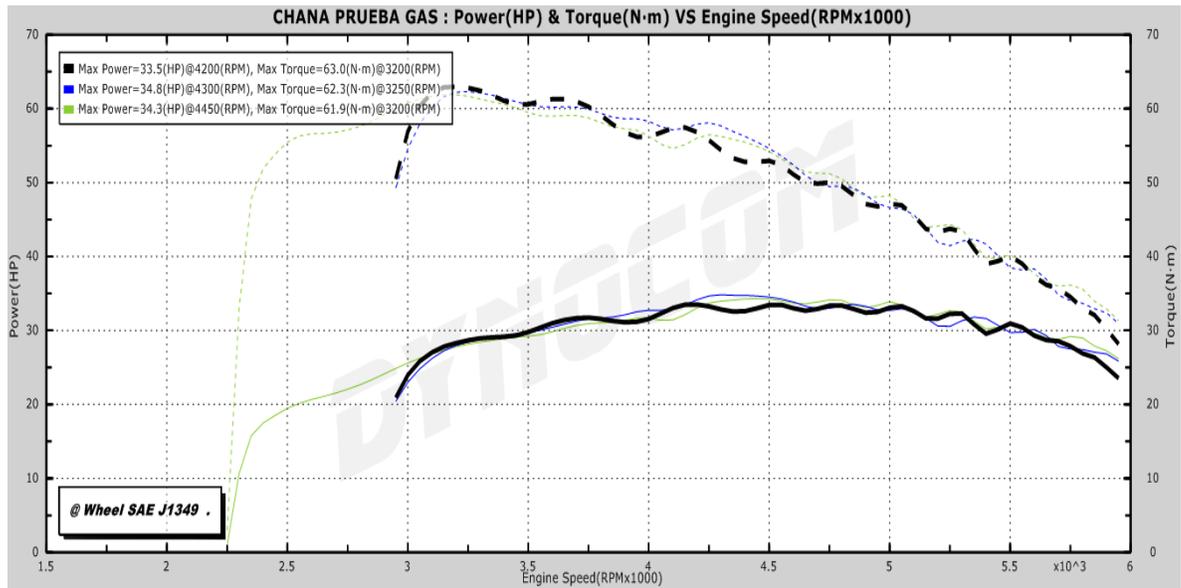


Fuente: Autor

### Graficas de resultados

-Gasolina. Ver Figura 62.

Figura 62 Curvas HP y torque del motor a gasolina



Fuente: Dynocom Dyno X

-La curva inferior corresponde a la potencia en HP<sup>91</sup>, de la camioneta Chana 1.0 modelo 2009. Se hicieron 3 pruebas.

Lecturas a 3500 rpm

Color negro: 29.8 HP

Color azul: 29.7 HP

Color verde claro: 30.1 HP

-La curva superior corresponde al torque o par en N.m<sup>92</sup>(3500 rpm).

Color negro a trazos: 60.6 N.m

Color azul a trazos: 60.5 N.m

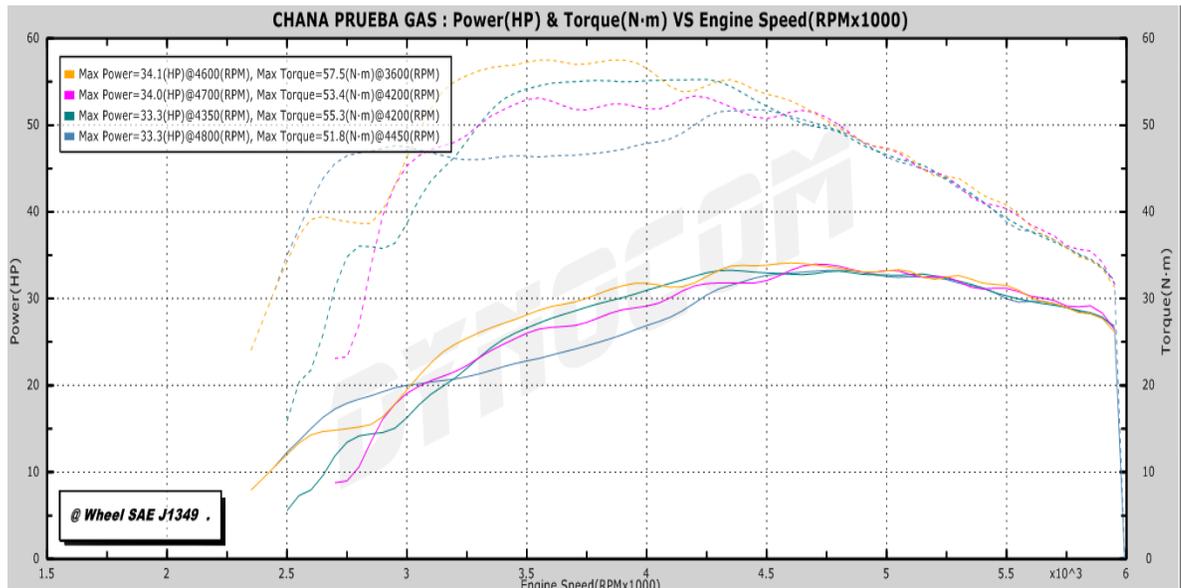
Color verde claro a trazos: 61.3 N.m

-GLP. Ver figura 63

<sup>91</sup> El caballo de fuerza, también denominado caballo de potencia, o horse power en inglés, abreviado hp, es una unidad de medida de potencia empleado en el sistema anglosajón. hace referencia a la potencia de los motores, tanto los de combustión interna como los eléctricos.

<sup>92</sup> Newton por metro. Unidad de medida de esfuerzo de torsión (también llamado momento o par motor) en el Sistema Internacional de Unidades.

Figura 63 Curvas HP y torque del motor a GLP



Fuente: Dynocom Dyno X

- La curva inferior corresponde a potencia (HP). Se hicieron 4 pruebas a 3500 rpm  
 Color naranja (GLP al 80%): 28.1 HP, 80% corresponde a la **puesta a punto normal** de la Chana 1.0.

Color fucsia (GLP enriquecido al 100%): 26.9 HP

Color verde oscuro (GLP enriquecido al 100%): 26.6 HP

Color azul pálido (GLP empobrecido al 50%): 22.8 HP

Nota: Se hizo una variación en el mapeo (al 100% y 50% GLP), con el fin de analizar el comportamiento en potencia y torque.

- La curva superior corresponde al torque (N.m) a 3500 rpm

Color naranja a trazos (GLP al 80%): 57.3 N.m

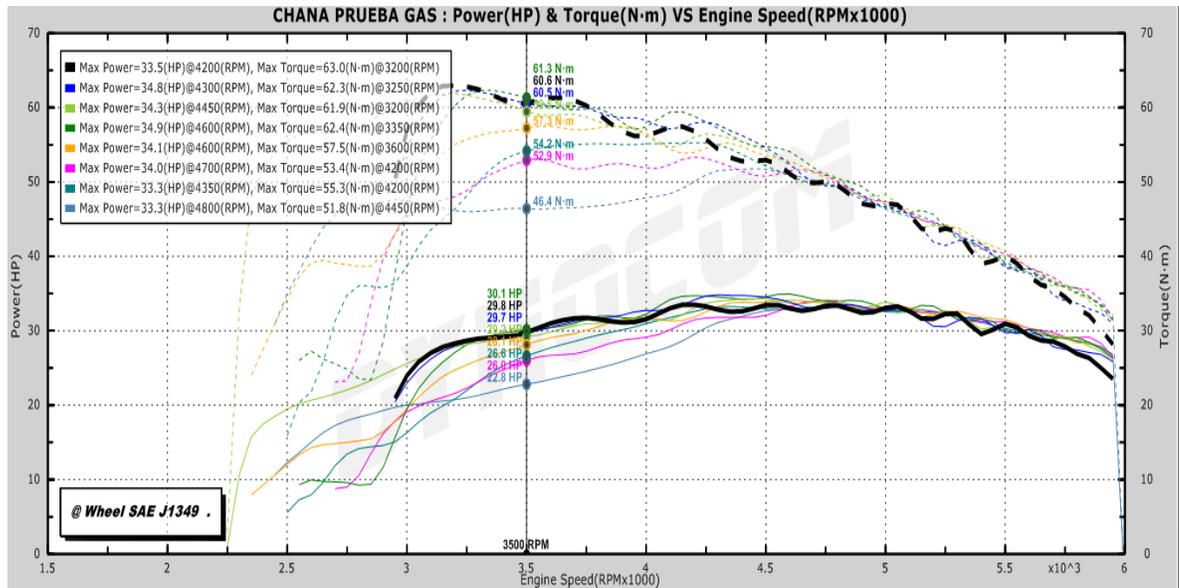
Color fucsia a trazos (GLP enriquecido al 100%): 52.9 N.m

Color verde oscuro a trazos (GLP enriquecido al 100%): 54.2 N.m

Color azul pálido a trazos (GLP empobrecido al 50%): 46.4 N.m

- Gráfica comparativa de la prueba en dinamómetro a gasolina y GLP. Ver figura 64.

Figura 64 Curvas interpuestas HP y torque gasolina y GLP



Fuente: Dynocom Dyno X

Curvas interpuestas tanto de la potencia y torque a gasolina y GLP, con el fin de establecer comparaciones.

### Resultados:

- Hay una variación en los caballos de fuerza (HP) y torque mientras el vehículo trabaja a gasolina o a GLP.
- A medida que se aumentan las rpm, las curvas de potencia y torque tienden a igualarse (GLP vs gasolina).
- A medida que disminuyen las rpm se aprecia una caída en la potencia y torque (GLP vs gasolina).
- En modo ralentí los valores de HP y torque son muy dispersos y a medida que se van aumentando las rpm, estas cifras tienden a ser más iguales. Lo mismo sucede con los valores del torque.

- El uso del GLP vehicular no aumenta los HP ni el torque. Con una buena puesta a punto tiende a ser igual y con una configuración deficiente, lo que hace es ocasionar una pérdida en estos parámetros.
- La pérdida de potencia a 3500 rpm del GLP vs la gasolina es del 7%
- El valor del enriquecimiento en aceleración del GLP no puede estar ni al 50 ni al 100% ya que se aprecia una pérdida de HP y torque con respecto a la gasolina.

#### **8.4 AUTONOMIA**

La autonomía dependerá directamente del tamaño que tenga el depósito instalado y de la propia potencia del vehículo. Si el depósito de gas es de 50 litros, llenándose al 85% por limitación de expansión debido a temperaturas altas, daría una capacidad de 42,5 litros.

El depósito de gasolina de la camioneta Chana Van 1.0 tiene una capacidad de 10 galones

La prueba de consumo de GLP en ciudad dio:

39,11 km/ galon, para el rendimiento total en km en ciudad con GLP:  
440 km.

La prueba de consumo de gasolina en ciudad dio:

41,53 km/galon, para el rendimiento total en km en ciudad con gasolina:  
457 km

Se obtiene una autonomía en ciclos mixtos (en combinación con la gasolina) al poder combinarlo con el depósito de gasolina, de aprox. 897 km sin parar a repostar.

#### **8.5 ECONOMIA**

Desde 2015, cuando se cerró la frontera con Venezuela, Cúcuta tuvo que adoptar, casi que abruptamente, nuevas prácticas y aprender a tanquear en estaciones de servicio y no en pimpinas como era la tradición. En el departamento escaseaban las bombas y hasta el combustible porque la gasolina y el ACPM de contrabando era lo que abastecía casi al 90% del parque automotor de la región.

Sin embargo, al desaparecer el combustible de contrabando, se tuvo que acudir al combustible nacional y fue ahí donde se descubrió que ni las estaciones, ni el cupo asignado para Norte de Santander era suficiente.

Desde ese momento y hasta ahora se han realizado una serie de ajustes por parte del gobierno nacional. Actualmente, el departamento tiene un cupo de 11 millones de galones a precio subsidiado (\$ 7600 el galón). Esto no parece ser suficiente, ya que ese combustible solo alcanza para los primeros 20 días del mes, y luego se usa el combustible a precio nacional (\$ 8991) y a veces el galón se vende a \$ 9100.

En Cúcuta<sup>93</sup>, hay aproximadamente unos 400.000 mil carros particulares que requieren unos 12,8 millones de galones al mes, hay 8000 taxis que requieren un millón de galones y unas 1.200 busetas, que necesitan 1,5 millones de galones. Esto contabiliza 15,3 millones contra los 11 millones asignados a precio preferencial por motivo de la ley de fronteras<sup>94</sup> y el consumo promedio ha estado en 17 millones de galones<sup>95</sup>.

Además, el combustible a precio preferencial es objeto de contrabando en un 3% (330.000 mil galones), no llegando a ser utilizados por los usuarios<sup>96</sup>.

El GLP, como carburante automotor se presenta como una buena alternativa económica, frente valor del combustible tradicional. En la Figura 65 se puede ver el comparativo de precios entre la gasolina a precio nacional, la gasolina a precio subsidiado y el GLP.

---

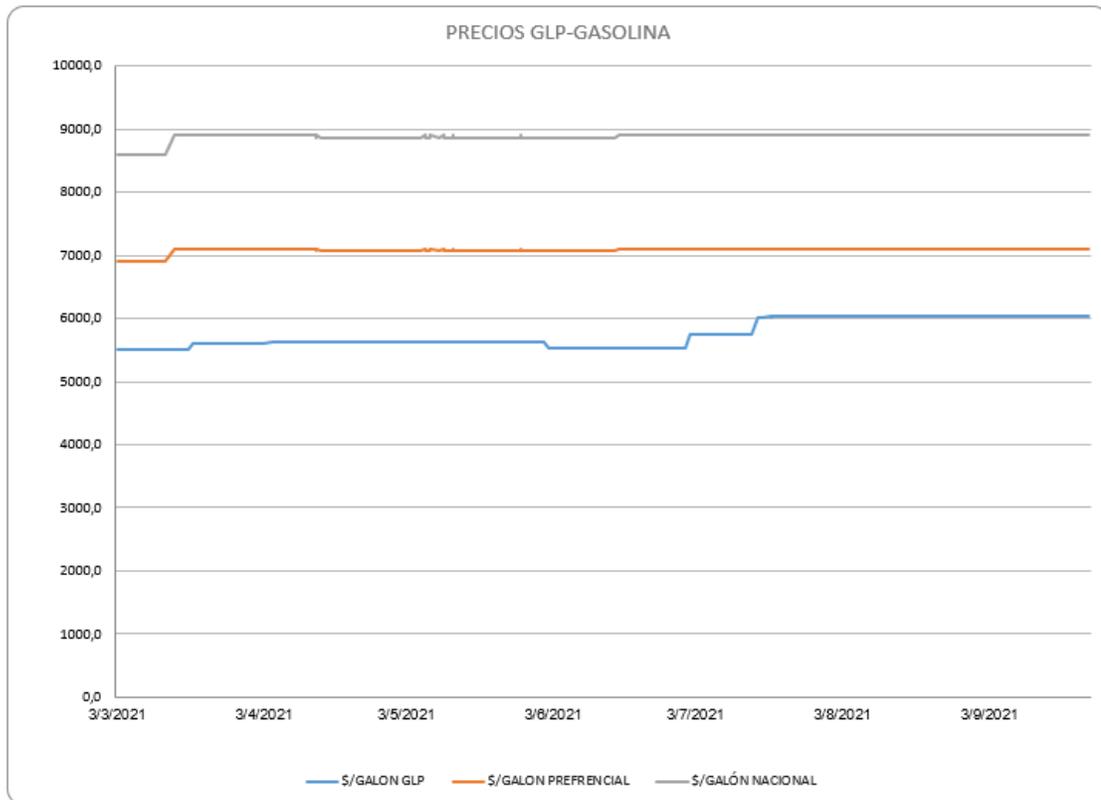
<sup>93</sup> Diario La Opinión, 16 de Noviembre de 2021.

<sup>94</sup> Ley 2135 4 Agosto 2021

<sup>95</sup> Ibid.

<sup>96</sup> Ibid.

Figura 65 Comparativo precios gasolina y GLP (Septiembre 2021)

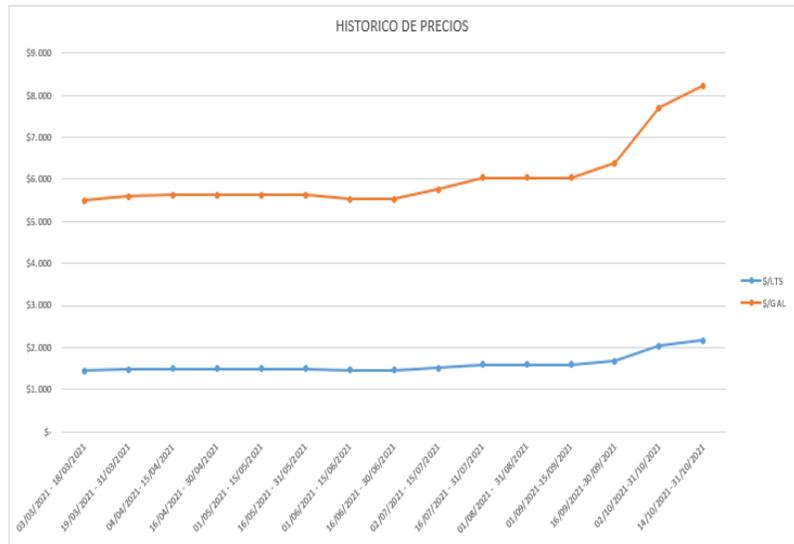


Fuente: Bioenergías S.A. E.S.P.

A continuación, se presenta el historial de precios publicado por Bioenergías, para el piloto GLP vehicular Municipio Cúcuta.

Figura 66 Precio publicado GLP

PRECIO DE VENTA		
FECHA	\$/LTS	\$/GAL
03/03/2021-18/03/2021	\$ 1.453	\$ 5.500
19/03/2021-31/03/2021	\$ 1.478	\$ 5.595
04/04/2021-15/04/2021	\$ 1.488	\$ 5.632
16/04/2021-30/04/2021	\$ 1.488	\$ 5.632
01/05/2021-15/05/2021	\$ 1.488	\$ 5.632
16/05/2021-31/05/2021	\$ 1.488	\$ 5.632
01/06/2021-15/06/2021	\$ 1.460	\$ 5.526
16/06/2021-30/06/2021	\$ 1.460	\$ 5.526
02/07/2021-15/07/2021	\$ 1.520	\$ 5.753
16/07/2021-31/07/2021	\$ 1.535	\$ 6.037
01/08/2021-31/08/2021	\$ 1.535	\$ 6.037
01/09/2021-15/09/2021	\$ 1.535	\$ 6.037
16/09/2021-30/09/2021	\$ 1.685	\$ 6.378
02/10/2021-31/10/2021	\$ 2.035	\$ 7.702
14/11/2021-31/11/2021	\$ 2.172	\$ 8.221



Fuente: Bioenergias S.A. E.S.P.

-El ahorro del GLP respecto a la gasolina subsidiada al 30 de Septiembre/21 era del 16,07%.

-El ahorro del GLP respecto a la gasolina a precio nacional al 30 de Septiembre/21 era del 29%.

Este ahorro acompañado de un menor mantenimiento y mayor duración del motor al usar GLP son factores fundamentales a la hora de evaluar costos y plantearse la adaptación de un vehículo gasolina a Gas GLP.

## 8.6 MANTENIMIENTO

Las preocupaciones generadas por los usuarios y mecánicos desactualizados causa temor al momento de tomar la decisión de realizar la conversión a Autogas.

Se piensa que<sup>97</sup>:

-El gas forma depósitos en la cámara de combustión y el escape.

-El gas reseca los pistones.

<sup>97</sup> El Mantenimiento de Motores de Autos Convertidos a GNC o GLP. <http://www.widman.biz>

- El gas causa mayor desgaste del motor.
- El uso de gas permite el uso de un aceite barato.
- Una vez convertido a gas, el motor tiene que ser reparado con mayor frecuencia.
- El gas quita fuerza.

Mientras es verdad que hay una pequeña pérdida de fuerza, esta pérdida es similar a la pérdida de fuerza por operar el aire acondicionado o abrir una ventana a 80 kilómetros por hora en la carretera. Todos estos mitos son totalmente falsos, se verá cual es la causa raíz de estos problemas y como evitarlos.

Desde el principio, un motor en mal estado nunca debería ser convertido a gas. Si el motor no tiene compresión, si le falta el termostato, si el agua del radiador esta sin Refrigerante/Anti-Corrosivo, o si el ventilador no está funcionando bien, no se mejorará con la conversión a gas. Hay muchos taxistas que llegan a los talleres para la conversión, y que no quieren instalar termostatos, cambiar bujías o hacer las reparaciones que ya requiere el vehículo. No se puede esperar buenos resultados del motor en mal estado.

Si el mecánico no recomienda una reparación de piezas en mal estado, cambio de bujías, instalación de termostato u otro componente que está en mal estado, es un mecánico que no tiene conciencia y la conversión no resultará satisfactoria.

La combustión 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 gases. Pero esta limpieza depende mucho de la temperatura de la combustión. Cuando el motor está operando muy frío, forma depósitos blancos o amarillos en los cilindros, los pistones, las válvulas y el escape. Cuando se encuentran autos a gas con el tubo

de escape amarillo. Estos depósitos son de la nitración<sup>98</sup> del aceite. Esto indica un motor operando sin termostato o con aceite de baja calidad, formando depósitos y acortando la vida útil del motor y el aceite. Si se opera el motor con el termostato correcto, el ventilador correcto, el refrigerante fresco, se podrá mantener la temperatura en el rango correcto para ese motor, y se puede andar 10 a 15 años sin intervenir el motor. Un tubo de escape amarillo es un síntoma de combustión fría, mezcla incorrecta de aire y gas, aceite de mala calidad, chispa inadecuada, o una combinación de éstos problemas. Se debe corregir el problema de temperatura o aceite antes de permitir la acumulación de depósitos en la cámara de combustión.

Un buen sistema tendrá un circuito de calentamiento del gas por intermedio del agua caliente del radiador para poder mantener las presiones y temperaturas necesarias para una buena combustión y mejor economía. Si no existe el termostato, no llegará agua caliente al sistema de calentamiento del gas, reduciendo la potencia, la eficiencia y la economía de la conversión.

Entre los miles de autos convertidos a gas en el mundo, no hay ninguna evidencia de rectificaciones más frecuentes en motores convertidos a gas que en motores a gasolina.

En realidad, el desgaste si todo lo demás no varía, es menor por lo que no existe la posibilidad de dilución del aceite por goteras de gasolina o gasolina líquida por bujías que no funcionan.

Consideraciones fundamentales para la operación eficiente del motor convertido a gas.

- Asegurar que el motor está en buen estado antes de convertirlo. Esto incluye la correcta operación del termostato, el sistema de refrigeración, la calidad de chispa

---

<sup>98</sup> La nitración es una forma de degradación del aceite que resulta de la reacción del aceite con gases de NOx creados durante la combustión.

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.

-Observar las normas de seguridad de su país o localidad.

- Una vez instalado el sistema, tome en cuenta los elementos variables que afectaran la vida útil y los costos de mantenimiento.

-La Mezcla correcta es muy importante. Como cualquier adaptación, la mezcla tendrá que ser ajustada de acuerdo a los resultados hasta llegar al punto óptimo para cada tipo de motor.

-La calidad del Aceite determinará la economía de operación. Un aceite de última generación, API SL<sup>99</sup>, formulado con aceite básico sintetizado, sintético, o grupo II dará un buen intervalo entre cambios de aceite sin problemas de nitración. La Viscosidad del Aceite determinará la facilidad de arranque, el desgaste del motor y la vida útil de la batería.

-Realizar cambio de filtros (gasolina y Autogas) de acuerdo al fabricante.

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 avería el motor, será por el tipo de servicio o mantenimiento, no por el combustible.

En las tablas 13 y 14. se muestra el mantenimiento recomendado y el costo aproximado, tanto del sistema a GLP, como a gasolina.

---

<sup>99</sup> Categoría del aceite

Los mantenimientos deben hacerse entre los 12.000 y los 15.000 km.

Tabla 13 Mantenimiento Autogas

<b>MANTENIMIENTO DEL VEHICULO A GLP</b>	
FILTRO DE VAPORIZADOR	\$32.000
FILTRO GAS-VAPOR (NEGRO)	\$ 38.000
CHEQUEO DE FUGAS EN TODO EL SISTEMA	
REVISION DE PARAMETROS SOFTWARE RAIL	
CHEQUEO DE BUJIAS	
CHEQUEO DE FILTRO DE AIRE DE MOTOR	
CHEQUEO DEL VEHICULO CON EL SCANNER	
AUTOMOTRIZ	
CHEQUEO VISUAL DE MANGUERAS	
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>\$ 50.000</b>
<b>TOTAL APROXIMADO</b>	<b>\$ 120.000</b>

Fuente: Autor

Tabla 14 Mantenimiento vehículo a Gasolina

<b>MANTENIMIENTO DEL VEHICULO A GASOLINA</b>	
BOMBA DE GASOLINA	\$ 50.000 A \$ 100.000
DESMONTE Y LAVADA DE TANQUE DE GASOLINA	DEPENDE DEL VEHICULO
SERVICIO DE INYECTORES CON MICROFILTROS	\$ 25.000 A \$ 40.000
FILTRO DE GASOLINA EXTERNO	\$ 10.000 A \$ 30.000

---

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>\$ 80.000 A 200.000</b>
	<b>(DEPENDIENDO SI SE BAJA EL TANQUE)</b>
<b>TOTAL APROXIMADO</b>	<b>\$ 165.000 A \$ 370.000</b>

---

Fuente: Autor

Nota: Los precios incluyen repuestos en caso que ameriten cambio.

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

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

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

## **8.7 ESTIMACIÓN RECUPERACIÓN INVERSIÓN CONVERSIÓN GLP VEHICULAR**

Para el vehículo camioneta Chana Van 1.0, el cual presta un servicio de carga y transporte de personal, generalmente en ciudad (Cúcuta), se tomarán como referencia las siguientes consideraciones:

Costo del Kit de Conversión (Equipo 4ta generación): \$ 2.100.000(incluye instalación)-Sector transportador.

Costo Galón Gasolina subsidiada 86 Octanos: \$ 7600

Costo Galón Gasolina nacional 86 Octanos: \$ 8991

Costo Galón GLP: \$ 6378

Ahorro por Galón Combustible subsidiado: \$ 1222

Ahorro por Galón Combustible nacional: \$ 2613

Recorrido promedio diario: 90 Km/día

Días laborados en el mes: 26 días

Kilometraje aprox. recorrido en el mes: 2340 Km /mes

Rendimiento promedio GLP en Ciudad: 39,11 Km/ Galón (tomado de las pruebas)

Rendimiento promedio Gasolina en Ciudad: 41,53 Km/Galón (tomado de las pruebas)

Consumo GLP al mes: 59,83 Galones

Consumo Gasolina al mes: 56,34 Galones

Costo GLP mensual: \$ 381.600

Costo Gasolina mensual: \$ 428.184 (Se considero el precio de la gasolina subsidiada, ya que es la que hay disponible la mayor parte del mes)

Ahorro mensual: \$ 46600

En base a esto, y considerando el ahorro únicamente por consumo de combustible, el Kit de conversión se pagaría en 63 meses (4 años aproximadamente).

Al no mantenerse un precio estable del GLP (Ver figura 66), ya que, por comprarse en el mercado internacional, este se rige por una fluctuación de oferta y demanda más el costo de los fletes, el proyecto no sería atractivo para el sector transportador.

Por otro lado, los fabricantes de los Kits de conversión afirman que hay un mayor rendimiento entre la sustitución del aceite lubricante del motor, entre 1.5 y 2 veces más que el de la gasolina, es decir si un vehículo a gasolina cambia aceite cada 3000 Km(transporte) o 5000 Km(particular), con un vehículo a GLP lo hará cada 4500 a 6000 Km.

Se puede afirmar que se obtendrá un beneficio extra en ahorro, debido a la menor cantidad de cambios de aceite de motor, y ello debido básicamente a la menor emisión de CO (monóxido de carbono que se manifiesta como depósitos de carbón en el motor luego de la explosión en la cámara de combustión). También es válido que para el caso de las bujías de vehículos que utilizan gasolina, la combustión dentro de la cámara produce carbón que se impregna en los

electrodos, en el caso del GLP esto no sucede al producirse la combustión completa del combustible.

## 9. CONCLUSIONES

-El Autogás resulta ser una alternativa interesante en la actualidad colombiana, ya que contribuye con la diversificación de la canasta energética en el sector transporte al reducir la dependencia de los combustibles tradicionales, por esto se ha establecido en muchos países a causa de los beneficios que ofrece a nivel económico y ambiental.

-El GLP es una opción viable para reducir las emisiones contaminantes frente al calentamiento global y al cambio climático como nuevas exigencias de un entorno ambientalmente sostenible.

-En cuanto a las pruebas en campo realizadas al vehículo tipo camioneta, modelo CHANA VAN 1.0 convertido a GLP, se deduce lo siguiente:

**La prueba de consumo de combustible**, tanto en ciudad como en carretera del GLP comparado con la gasolina, muestra mejores rendimientos la gasolina. Cabe destacar que la prueba a GLP, se hizo con una temperatura ambiente mayor que la de la gasolina, pudiendo incidir con una mayor tasa de vaporización de este. La conducción utilizando GLP, fue más exigente en cuanto a las RPM promedio.

**Emisión de gases.** Al haber modificado los parámetros del vehículo en GLP (80% enriquecimiento), algunos resultados fueron mejores comparados con la gasolina y la configuración inicial que traía la camioneta (50% enriquecimiento GLP). La camioneta Chana Van 1.0 al no tener catalizador en su sistema de escape presenta valores de HC (Hidrocarburo-Hexano) altos, principalmente en estado Ralentí, que indican hidrocarburos inquemados en los productos de la combustión. En velocidad crucero estos HC, disminuyen utilizando GLP en comparación con la gasolina.

Se aprecia una reducción de CO<sub>2</sub> en las emisiones utilizando GLP, comparados con la gasolina, tanto en ralentí como en crucero. Esto indica una disminución en los GEI<sup>100</sup> en la atmosfera, que son los que generan el calentamiento global.

---

<sup>100</sup> Gases de efecto invernadero.

La concentración de oxígeno utilizando GLP disminuye, lo que indica que el motor mejora su desempeño.

Los niveles de CO (monóxido de carbono), disminuyen en cruceo utilizando GLP, lo que indica una combustión más eficiente que con gasolina y menos emisiones tóxicas al ambiente.

**Potencia y torque.** Se observa una variación en los caballos de fuerza (HP) y torque (N.m) mientras el vehículo opera a gasolina o a GLP.

A medida que se aumentan las rpm, las curvas de potencia y torque del vehículo utilizando GLP tienden a igualarse con las del desempeño a gasolina y a medida que disminuyen las rpm se aprecia una caída en la potencia y torque.

En modo ralentí los valores de HP y torque son muy dispersos y a medida que se van aumentando las rpm, estas cifras tienden a ser más iguales. Lo mismo sucede con los valores del torque.

El uso del GLP vehicular no aumenta los HP ni el torque. Con una buena puesta a punto tiende a ser igual y con una **configuración deficiente**, lo que hace es ocasionar una pérdida en estos parámetros. Por ejemplo, la pérdida de potencia a 3500 rpm del GLP vs la gasolina es del 7%, valor que está cercano al 10% que es el tope declarado por los fabricantes de los kits de conversión a Autogas.

El valor del enriquecimiento en aceleración del GLP no puede estar ni al 50 ni al 100% ya que se aprecia una pérdida considerable de HP y torque con respecto a la gasolina.

-Respecto a la autonomía del vehículo utilizando GLP, esta dependerá directamente del tamaño que tenga el depósito instalado y de la propia potencia del vehículo. Se puede determinar una autonomía en ciclos mixtos (en combinación con la gasolina), de aprox. 897 km sin parar a repostar. La autonomía con gasolina únicamente es 457 km.

-En cuanto al factor económico del costo del combustible, el GLP se presenta como una alternativa, frente al valor del combustible tradicional. Este ahorro acompañado de un menor mantenimiento y mayor duración del motor al usar GLP

son factores fundamentales a la hora de evaluar costos y plantearse la adaptación de un vehículo de gasolina a Gas GLP.

-El uso del GLP como combustible alarga la vida del aceite y el motor, ya que este se mezcla más fácilmente con el aire que la gasolina, permitiendo una mejor combustión, más limpia y libre de hollín y depósitos de carbón en los pistones de los cilindros. La gasolina tiende a diluir el aceite lubricante y el hollín lo contamina, reduciendo su vida útil.

-La combustión limpia del GLP disminuye el desgaste del motor, alarga la vida de las bujías y puede duplicar la vida útil del aceite, lo que se traduce en economía para los usuarios de los vehículos y un mejor rendimiento del motor del vehículo.

- Con el valor de la gasolina a precio subsidiado en una zona de frontera (Cúcuta), el ahorro utilizando GLP como combustible alternativo no sería tan representativo comparado con el precio de la gasolina a precio nacional, esto teniendo en cuenta que el valor del litro del GLP importado se mantiene al alza. La proyección que se tiene es que sobrepase a el valor del galón de la gasolina subsidiada, haciendo inviable el ahorro.

-Para el gremio transportador(taxis) al cual se enfocó el plan piloto, no sería suficiente la disminución de las emisiones contaminantes, la mayor autonomía, la pérdida como máximo del 10% en potencia, que no se percibiría al realizar la conmutación del combustible. Para ellos prima el factor económico, que no sería representativo estando el galón de GLP por encima del valor del galón de la gasolina subsidiada, sumándole a esto el costo alto del kit de conversión.

## 10. RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas en campo al vehículo convertido (potencia, consumo, emisiones), utilizando GLP con una calidad diferente al utilizado en Colombia para las pruebas piloto (95% propano max.). En otros países se utilizan mezclas de butano y propano (60% butano-40% propano), ya que el butano por tener un poder calorífico superior que el propano, liberaría una mayor cantidad de energía en la combustión, lo que supondría un mejor desempeño mecánico. Cabe acotar que el butano vaporiza menos que el propano (por ser más denso), lo que sería compensado por su poder calorífico.
- Convertir un vehículo de mayor potencia y con catalizador a GLP vehicular, con el fin de analizar su eficiencia y compararlo con los resultados obtenidos por la conversión de la Chana van 1.0.
- Como aspecto de seguridad, si huele a gas dentro o alrededor del vehículo, cambiarlo directamente a la modalidad de gasolina y llevarlo a verificar lo antes posible a la estación de servicio de gas GLP más cercana.
- Aumentar la producción de GLP en las refinerías de ECOPETROL y en las plantas de procesamiento de gas natural, destinado para uso vehicular en Colombia, ya que actualmente este se importa por la calidad del GLP, exigida por el Ministerio de Minas y Energía en los planes pilotos, incidiendo en sobre costos para el usuario final. Ecopetrol produce propano al 95%, únicamente para los procesos de recuperación de condensados pesados del gas natural rico.
- Es necesario, de ser implementado el uso del GLP automotor en Colombia, después de los pilotos autorizados por el gobierno, que se apliquen incentivos y regulaciones que lo hagan competitivo frente a los combustibles convencionales (diésel, gasolina y GNV), y que se realicen campañas dirigidas a los usuarios sobre el uso, los beneficios y los riesgos de cambiar a este combustible.
- Se sugiere un compromiso mayor del estado para poder masificar el uso del GLP vehicular en Colombia, tal y como se hizo cuando empezó la utilización del gas natural comprimido como combustible vehicular.

- Desmontar la excepción que tiene la gasolina en zonas de frontera como lo es Cúcuta, para que la gasolina se pague a precio nacional. Con esto el ahorro usando GLP como combustible alternativo sería más representativo, siendo viable la conversión de los vehículos a GLP.

-Se sugiere que el comercializador de los kits de conversión suministre los equipos inicialmente a una cantidad estimada de usuarios, bajo la modalidad de canje por consumo mensual promedio. Esto con el fin de incentivar el uso del GLP como combustible alternativo, ya que el equipo básico tiene un costo (\$2.100.000), el que no sería fácil financiar, por el gremio de taxis al cual va dirigido el plan piloto.

-En el Anexo F, se muestra el documento informativo que se recomienda presentar al sector transportador de la ciudad de Cúcuta, para que conozca acerca de la disponibilidad del GLP, como un combustible vehicular alternativo a la gasolina.

## BIBLIOGRAFÍA

ARANDA OKAMOTO Daniel. Estudio para la implementación del GLP como combustible alternativo en la flota vehicular de el Alto-Piura. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú. 2009.

CARS MAROBE. FORMACION Y ASISTENCIA TECNICA. Sistema de alimentación de combustible GLP. Fondo social europeo.2013.

COLFECAR.ESTUDIOS ECONOMICOS. ¿Gas licuado de petróleo: una opción de combustible para el transportador de carga por carretera?. 2014.

CHAPARRO COBUZO GIGLIO Gabriel Mauricio. Evaluación del uso de gas licuado de petróleo en vehículos automotores convencionales sobre territorio colombiano. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia. 2015.

CASTILLO MONDRAGON Francisco. Análisis de rendimiento, consumo y emisiones generadas por los vehículos híbridos. Trabajo de Grado. Escuela Politécnica del Ejército. Latacunga, Ecuador. 2011

CORPORACION SOLUCIONES ENERGETICAS INTEGRALES S.A.  
Determinación de potencialidades de uso de las acciones para activar el subsector del GLP en Colombia. Informe final. Octubre 2013.

GAS TECNOLOGIA Y EQUIPOS S.A.P.I. de C.V. GASTEK MEXICO. Manual de instalación de los equipos marca RAIL.

GASNOVA.ASOCIACION COLOMBIANA DEL GLP. Informe del sector del GLP 2019. Edición No.1. 2019

GERENA ROMERO Michel Anderson. Retos y oportunidades del gas licuado del petróleo (GLP) Como fuente alternativa de energía del parque automotor en Colombia. Trabajo de Grado. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. Colombia. 2017.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-FACULTAD DE INGENIERIA. Estudio de tecnologías disponibles para incentivar el uso de gas disponible en el sector transporte. Tomo I-Informe final. Noviembre 2014.

UPME. UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA. Cadena del gas licuado del petróleo. (GLP). Abril 2017.

RACE. INFORME RACE. Autogas, una alternativa a los carburantes tradicionales. 2008.

SENA. CENTRO DE DESARROLLO TECNOLOGICO DEL GAS. Manual de conversión y postconversion de vehículos a GNCV. Instructores mecánica automotriz y diésel. SENA. 2002.

REPSOL.MOTOR GAS. Manual de utilización GLP en vehículos.

ZURITO GUATO María. Investigación de los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna 2.0 PE serie Mazda controlado a través del sistema SKYACTIV-G. Trabajo de Titulación. ESPE. Universidad de las Fuerzas Armadas. Latacunga. Ecuador. 2018.

## ANEXOS

### Anexo A Resolución 40177 Energéticos bajas emisiones Colombia

República de Colombia

  
Libertad y Orden

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA,  
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**RESOLUCIÓN NÚMERO 40177 DE**  
**( 03 JUL 2020 )**

*"Por la cual se definen los energéticos de bajas o cero emisiones teniendo como criterio fundamental su contenido de componentes nocivos para la salud y el medio ambiente y se adoptan otras disposiciones"*

**EL MINISTRO DE MINAS Y ENERGÍA Y LA MINISTRA (E) DE AMBIENTE Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE**

En uso de las facultades legales, en especial en desarrollo del artículo 1º de la Ley 1083 de 2006, modificado por el artículo 96 de la Ley 1955 de 2019 y,

**CONSIDERANDO**

Que en la Resolución 2604 de 2009, los Ministerios de Minas y Energía, de la Protección Social y de Ambiente, y de Vivienda y Desarrollo Territorial, definieron los combustibles limpios teniendo como criterio fundamental el contenido de sus componentes nocivos para la salud y el medio ambiente, conforme a lo establecido en el párrafo primero del artículo 1 de la Ley 1083 de 2006.

Que el artículo 1 de la Ley 1083 de 2006 fue modificado por el artículo 96 de la Ley 1955 de 2019, el cual sustituyó la expresión *combustibles limpios* por *energéticos de cero o bajas emisiones*.

Que salvo lo dispuesto en el considerando anterior, la citada Ley 1083 de 2006, modificada por la Ley 1955 de 2019, mantiene la expresión *combustibles limpios*, en sus artículos 2, 4, 5, 6 y 8, por lo cual se requiere armonizar estas disposiciones legales.

Que el artículo 1 de la Ley 1083 de 2006, modificado por el artículo 96 de la Ley 1955 de 2019, establece que *"[e]l Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dentro de los seis (6) meses siguientes a la promulgación de esta ley, establecerá mediante reglamentación, la definición de energéticos de bajas o cero emisiones, teniendo como criterio fundamental su contenido de componentes nocivos para la salud y el medio ambiente"*.

Que el CONPES 3943 "Política para el mejoramiento de la calidad del aire" señala en la Línea 2: *"Actualización de parámetros de calidad de los combustibles y biocombustibles"*, que los ministerios de Minas y Energía y de Ambiente y Desarrollo Sostenible adoptarán los estándares normativos para lograr la reducción del contenido de azufre en los combustibles para diésel, de forma que en el año 2020 se distribuya diésel de 20 ppm, condición que se está cumpliendo en la actualidad de acuerdo con la información reportada por Ecopetrol.



Continuación de la Resolución "Por la cual se define los energéticos de bajas o cero emisiones teniendo como criterio fundamental su contenido de componentes nocivos para la salud y el medio ambiente y se adoptan otras disposiciones".

Que la Ley 1972 de 2019 "[p]or medio de la cual se establece la protección de los derechos a la salud y al medio ambiente sano estableciendo medidas tendientes a reducción de emisiones contaminantes por fuentes móviles y se dictan otras disposiciones", define acciones tendientes a la reducción de material particulado y al mejoramiento de los combustibles distribuidos en el país, con el fin de resguardar la vida, la salud y goce de ambiente sano.

Que el artículo tercero de esta misma ley, determina que el Ministerio de Minas y Energía desarrollará las acciones pertinentes para garantizar la producción, importación, almacenamiento, adición y calidad en la distribución de combustibles necesarios para el cumplimiento de los estándares de emisión, donde a partir del primero de enero de 2023 el contenido de azufre para diésel estará entre 15 y 10 ppm, y para el primero de diciembre de 2025 será de 10 ppm.

Que en virtud de los principios al debido proceso y a la publicidad consagrados en los artículos 29 y 209 de la Constitución Política, y en atención a lo previsto en el numeral 8 del artículo 8 de la Ley 1437 de 2011, es deber de la administración publicar los proyectos de actos administrativos para recibir opiniones, sugerencias o propuestas alternativas tendientes a permitir la participación de las personas en las regulaciones de su interés, como en efecto se hizo mediante publicación en la página web del Ministerio de Minas y Energía durante los días 27 de diciembre de 2019 al 11 de enero de 2020, que se extendió luego entre el 15 de enero y el 22 de enero de 2020.

Que en virtud de la misma norma en mención, la presente resolución se publicó por segunda vez entre el 17 de junio y el 21 de junio de 2020.

Que una vez diligenciado el cuestionario de que trata el artículo 2.2.2.30.5 del Decreto 1074 de 2015, la Dirección de Hidrocarburos concluyó que el presente acto administrativo no tiene incidencia sobre la libre competencia, por lo que no se requiere concepto de la Superintendencia de Industria y Comercio.

Que Mediante Decreto 831 de 2020 fue encargada la doctora MARÍA CLAUDIA GARCÍA DÁVILA, Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible del cargo de Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible del 1 de julio de 2020 al 10 de julio de 2020, inclusive.

Que en mérito de lo expuesto,

#### RESUELVEN:

**Artículo 1. Objeto.** Para efectos de lo previsto en el artículo 1 de la Ley 1083 de 2006, modificado por el artículo 96 de la Ley 1955 de 2019, se consideran combustibles limpios los energéticos de cero o bajas emisiones en el transporte terrestre para municipios, distritos y áreas metropolitanas, los definidos a continuación:

#### 1. Energéticos de cero emisiones

- a) Hidrógeno

#### 2. Energéticos de bajas emisiones

- a) Gas Natural.
- b) Gas licuado de petróleo.
- c) Gasolina, alcohol carburante y sus mezclas, con contenido de azufre máximo de 50 ppm.
- d) Diésel, biodiésel y sus mezclas, con contenido de azufre máximo de 50 ppm.



Continuación de la Resolución "Por la cual se define los energéticos de bajas o cero emisiones teniendo como criterio fundamental su contenido de componentes nocivos para la salud y el medio ambiente y se adoptan otras disposiciones"

Los energéticos de que trata el literal c) serán considerados de bajas emisiones teniendo en cuenta lo siguiente:

- i) Desde la publicación de la presente resolución, hasta el 30 de diciembre del año 2030, el contenido de azufre será de máximo 50 ppm.
- ii) Desde 31 de diciembre del año 2030 en adelante, el contenido de azufre será de máximo 10 ppm.

Los energéticos de que trata el literal d) serán considerados de bajas emisiones teniendo en cuenta lo siguiente:

- iii) Desde la publicación de la presente resolución, hasta el 30 de diciembre de 2020, el contenido de azufre será de máximo 50 ppm.
- iv) Desde el 31 de diciembre de 2020, y hasta el 31 de diciembre de 2022, el contenido de azufre será de máximo 20 ppm.
- v) Desde el primero de enero de 2023, y hasta el 30 de noviembre de 2025, el contenido de azufre será de máximo 15 ppm.
- vi) Desde el primero de diciembre de 2025 en adelante, el contenido de azufre será de máximo 10 ppm.

**Parágrafo 1.** Para efectos de lo dispuesto en el presente artículo, también se entenderá como energético de cero emisiones, la energía eléctrica para la movilización de vehículos.

**Parágrafo 2.** Las cero o bajas emisiones de los energéticos de que trata la presente resolución también dependerán de la tecnología vehicular en la cual se utilicen dichos energéticos. En este sentido y tal como lo establece el artículo 1 de la Ley 1083 de 2006, modificado por el artículo 96 de la Ley 1955 de 2019, el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, expedirán la correspondiente reglamentación de las tecnologías vehiculares de cero y bajas emisiones.

**Artículo 2. Vigencia y derogatorias.** La presente resolución rige a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial, y deroga el artículo 5 y la expresión "Determinar los combustibles limpios teniendo como criterio fundamental el contenido de sus componentes", de que trata el artículo 1 de la Resolución 2604 de 2009.

**PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE**  
Dado en Bogotá D.C. **03 JUL 2020**

*Diego Mesa Puyo*  
**DIEGO MESA PUYO**  
Ministro de Minas y Energía

*Maria Claudia Garcia Davila*  
**MARÍA CLAUDIA GARCÍA DÁVILA**  
Ministra (E) de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Elaboró: Lisseth Chavez Acosta / Luisa Fernanda Parra / Julia Fernanda Garcia / Mayra Alejandra Lancheros  
Revisó: Julián Zuluaga L. / José Manuel Moreno / Lucas Arteleta H. / Alex José Siler Baker / Claudia Adalgara Ariza / Mauricio Gabán Velandy / Claudia Fernanda Cárdenas Las Salas Rodríguez  
Aprobó: Diego Mesa Puyo / María Claudia García Dávila

Anexo B Cromatografía GLP importado



Report of Analysis

<b>Client:</b>	Carib LPG Trading, LTD. Dormers, Prior Park, St.James, Barbados
<b>Client Reference Number:</b>	V52
<b>Our Reference Number:</b>	US190-0012665
<b>Lab Reference Number:</b>	2020-SADO-000316

<b>Customer Product Description:</b>	PROPANE	<b>Sample ID:</b>	2020-SADO-000316-001
<b>Location:</b>	Coastal Dominicana Terminal, San Pedro de Macoris, Dominican Republic	<b>Date Sampled:</b>	11-Sep-2020
<b>Sample Representing:</b>	Shore Tank-300-1-2, Line Sample, Before Loading MT: GAS FLAWLESS	<b>Date Submitted:</b>	11-Sep-2020
<b>Drawn By:</b>	Intertek	<b>Date Tested:</b>	12-Sep-2020

Method	Property	Result	Units	Min	Max	P/F
ASTM D2163	Methane	ND	Vol %			
	Ethane	1.22	Vol %		2.0	Pass
	Ethylene	ND	Vol %			
	Propylene	0.08	Vol %		5.0	Pass
	Propane	97.19	Vol %	90.0	100.0	Pass
	Isobutane	0.96	Vol %			
	1-Butene	ND	Vol %			
	1,3-Butadiene	ND	Vol %			
	n-Butane	0.56	Vol %			
	n-Pentane	ND	Vol %			
	C6+	ND	Vol %			
ASTM D2598	Butanes & Heavier	1.52	Vol %		2.5	Pass
	Calculated Vapor Pressure @ 100 °F	178	psig		208	Pass
	Calculated Density @ 15 °C	0.5066	kg/L			
ASTM D1837	95% Evaporation Temperature	-39.6	°C			
	95% Evaporation Temperature	-39.3	°F		-37	Pass
ASTM D1838	Copper Corrosion @37.8°C, (100°F)	1a			1b	Pass
ASTM D2158	Residue on Evaporation	<0.05	mL		0.05	Pass
ASTM D6667	Sulfur	4.9	mg/kg		30	Pass
ASTM D2713	Dryness of Propane	Pass			Pass	Pass

ND= Not detected



Signed: Angel De Leon  
Angel De Leon, Laboratory Manager

Date: September 12, 2020

Socorro Sanchez No. 8, Gascue, Santo Domingo  
Tel.: 809-688-1012 Fax.: 809-682-0338 Email: opslab.dom@intertek.com  
Report Generated: 12-Sept-2020 11:35 am  
Page 1 of 1

ISO 9001:2015  
ABS-QE Certificate # 30701

## Anexo C Ficha Técnica gasolina corriente



FICHA TÉCNICA  
**GASOLINA TERPEL CORRIENTE**  
**Numero de octano 86 ROM.**  
Combustible para modernos motores de combustión interna.

### 1. DESCRIPCIÓN

Gasolina Terpel Corriente es un combustible liviano especialmente preparado mediante la mezcla hidrocarburos de bajo contenido de azufre y plomo, proveniente de procesos de destilación atmosférica, ruptura catalítica y otros.

A la Gasolina Terpel Corriente se le incorpora Aditivos químicos y Alcohol Carburante (E-100) en diferentes proporciones en volumen para mejorar las propiedades de oxidación, protección contra la corrosión, octanaje y emisiones.

También se conoce como Gasolina Motor, Regular o Corriente Oxigenada.



UN: 1203

### 2. BENEFICIOS

- Efectiva protección contra la formación de depósitos en carburadores, válvulas e inyectores.
- Permite una respuesta inmediata en la generación y variación de potencia del motor.
- Efectivo desempeño a altas temperaturas y presiones en los modernos sistemas de inyección electrónica.
- Garantiza un óptimo desempeño de los catalizadores de gases de combustión, reduciendo costos por mantenimiento debido a su bajo contenido de azufre y plomo.

### 3. APLICACIONES

- Está diseñada para ser usada en motores de baja relación de compresión (menor 1:10) donde la combustión se efectúa a través de la chispa de la bujía (combustión interna por ignición).
- Ideal para ser usado como combustible de motores de gasolina equipado con carburador, sistema de inyección monopunto, multipunto, directa y electrónica de máximo desempeño.
- Recomendado para motores a gasolina que se enfrentan a extenuantes jornadas de trabajo, vehículos de transporte público, taxi, camionetas, motocicletas, equipo agrícola y fuera de borda.



FICHA TÉCNICA

## **GASOLINA TERPEL CORRIENTE** **Numero de octano 86 ROM.**

Combustible para modernos motores de combustión interna.

### **4. NORMATIVA**

Se clasifica como un líquido inflamable clase IA de acuerdo con la norma 321 de la NFPA (National Fire protection Association), por lo cual se debe tener especial cuidado en el diseño e intervenciones mecánicas de los tanques de almacenamiento, tuberías y llenadero. es conveniente recordar que este producto genera vapores desde una temperatura de -43°C, los cuales al mezclarse con el aire en proporciones de 1.1 a 7.6% en volumen causan mezclas inflamables y explosivas.

La distribución del porcentaje de mezcla de alcohol carburante es regulada por los ministerios MADS y MINMINAS varía de acuerdo a la producción nacional de alcohol y/o zona geográfica de Colombia, los productos que intervienen en dichas mezclas como la Gasolina Corriente, se encuentra regulada por la norma NTC 1380 y Alcohol Carburante, el cual está regulado por las normas NTC 5308, para la liberación o visto bueno del producto, se toma como marco de referencia la resolución 1180 del 21 de junio del 2006.

### **5. RECOMENDACIONES**

Para un óptimo rendimiento de la Gasolina Terpel Corriente se requiere:

- Mantener el aire de las ruedas con el nivel de presión recomendado por el fabricante.
- Revisar periódicamente el filtro de aire, combustible y nivel de líquidos, efectúe cambios según se requiera.
- Efectuar el mantenimiento de los sistemas de lubricación, inyección, refrigeración y admisión del motor en los intervalos establecidos por el fabricante.

### **6. ADVERTENCIAS**

- Líquido y vapores muy inflamables: Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas al descubierto y otras fuentes de ignición. No fumar.
- En caso de inhalación: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar a un centro toxicología o un médico si la persona se encuentra mal.
- En caso de contacto con la piel o el pelo: Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar con abundante agua [o ducharse].
- En caso de contacto con los ojos: Lavar inmediatamente con agua abundante durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.



FICHA TÉCNICA  
**GASOLINA TERPEL CORRIENTE**  
**Numero de octano 86 ROM.**

Combustible para modernos motores de combustión interna.

**7. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD**

Característica	UNIDAD	Límite de control	ESPECIFICACIÓN		METODOS DE ENSAYO
			Básica	Oxigenada	
Apariencia	Adimensional	mínimo	Claro & brillante		ASTM D 4176
RON	Adimensional	mínimo	86	89	ASTM D 2699 ó (1) y ASTM D 2700.
MON			76	79	
Índice Antidetonaante (2)			81	84	
Gravedad API	*API	Reportar			ASTM D 287 ó
Densidad @ 60 °F.	Kg/m3	Reportar			ASTM D 4052.
Azufre	% masa	máximo	0.030	0.027	ASTM D 4622 ó ASTM D 4294.
Contenido de Aromáticos	% volumen	máximo	28	25	ASTM D 5580 ó
Contenido de Benceno	% volumen	máximo	1,0	0,9	ASTM D 6729.
Contenido de Plomo	g/l	máximo	0,013		ASTM D 3237 ó ASTM 5059.
Presión de vapor Reid.	Kpa.	máximo	55	62,5	ASTM D 4953 ó ASTM D 5191.
Índice de punto de vapor (ICV)	Kpa.	máximo	98	124	Calculo. (3)
Corrosión al cobre 3h @ 50 °C.	Adimensional	máximo	1		ASTM D130
Estabilidad a la oxidación	Minutos	mínimo	240		ASTM D525
Contenido de gomas	mg/100ml	máximo	5		ASTM D 381
Contenido de humedad	% volumen	máximo	0,05	0,2	ASTM D 6304 ó ASTM E 1064.
Contenido de etanol (*)	% volumen	Reportar			ASTM D 5501. (4)
Destilación					
Punto Inicial de Ebullición	°C	Reportar			ASTM D 86
Temperatura 10 % volumen recobrado		máximo	70		
Temperatura 50 % volumen recobrado		mínimo	77		
		máximo	121		
Temperatura 90% volumen recobrado		máximo	190		
Punto Final de ebullición.	máximo	225			
Residuos de la destilación	% Vol.	máximo	2		
<p>Nota: Estos valores son típicos del producto básico y oxigenado, los cuales se encuentran sujetos a cambios de acuerdo al contenido de alcohol en las mezclas.</p> <p>(1) Método alternativo técnica de infrarrojo (IR).</p> <p>(2) <math>(RON+MON)/2</math>= Índice antidetonaante.</p> <p>(3) ICV = Presión de vapor en kilopascales +1.13*% de volumen evaporado @ 70°C.</p> <p>(4) Método alternativo prueba de arrastre.</p> <p>(*) El contenido de alcohol en la mezcla de combustible oxigenado varía de acuerdo a modificaciones de la legislación Colombiana.</p>					

Anexo D Tabla comparativa de combustibles

Alternative Fuels Data Center  
Fuel Properties Comparison



	Gasoline/E10	Low Sulfur Diesel	Biodiesel	Propane (LPG)	Compressed Natural Gas (CNG)	Liquefied Natural Gas (LNG)	Ethanol/E100	Methanol	Hydrogen	Electricity
<b>Chemical Structure [1]</b>	C <sub>4</sub> to C <sub>12</sub> and Ethanol ≤ to 10%	C <sub>8</sub> to C <sub>25</sub>	Methyl esters of C <sub>12</sub> to C <sub>22</sub> fatty acids	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (majority) and C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (minority)	CH <sub>4</sub> (majority), C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> and inert gases	CH <sub>4</sub> same as CNG with inert gasses <0.5% (a)	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	CH <sub>3</sub> OH	H <sub>2</sub>	N/A
<b>Fuel Material (feedstocks)</b>	Crude Oil	Crude Oil	Fats and oils from sources such as soybeans, waste cooking oil, animal fats, and rapeseed	A by-product of petroleum refining or natural gas processing	Underground reserves and renewable biogas	Underground reserves and renewable biogas	Corn, grains, or agricultural waste (cellulose)	Natural gas, coal, or woody biomass	Natural gas, methanol, and electrolysis of water	Natural gas, coal, nuclear, wind, hydro, solar, and small percentages of geothermal and biomass
<b>Gasoline or Diesel Gallon Equivalent (GGE or DGE)</b>	1 gal = 1.00 GGE 1 gal = 0.88 DGE	1 gal = 1.12 GGE 1 gal = 1.00 DGE	B100 1 gal = 1.05 GGE 1 gal = 0.93 DGE B20 1 gal = 1.11 GGE 1 gal = 0.99 DGE	1 gal = 0.74 GGE 1 gal = 0.66 DGE	1 lb. = 0.18 GGE 1 lb. = 0.16 DGE	1 lb. = 0.19 GGE 1 lb. = 0.17 DGE	1 gal = 0.67 GGE 1 gal = 0.59 DGE	1 gal = 0.50 GGE 1 gal = 0.45 DGE	1 lb. = 0.45 GGE 1 lb. = 0.40 DGE 1 kg = 1 GGE 1 kg = 0.9 DGE	1 kWh = 0.030 GGE 1 kWh = 0.027 DGE
<b>Energy Comparison [2]</b>	1 gallon of gasoline has 97%–100% of the energy in 1 GGE. Standard fuel is 90% gasoline, 10% ethanol.	1 gallon of diesel has 113% of the energy in 1 GGE due to the higher energy density of diesel fuel.	1 gallon of B100 has 93% of the energy in 1 DGE, and 1 gallon of B20 has 99% of the energy in 1 DGE due to a lower energy density in biodiesel.	1 gallon of propane has 73% of the energy in 1 GGE due to the lower energy density of propane.	5.66 lb., or 123.57 ft <sup>3</sup> , of CNG has the same energy as 1 GGE, and 6.37 lb., or 139.30 ft <sup>3</sup> , of LNG has the same energy as 1 DGE. [3][4](b)	5.37 lb. of LNG has the same energy as 1 GGE, and 6.06 lb. of LNG has the same energy as 1 DGE. (a)	1 gallon of E85 contains 73%–83% of the energy in 1 GGE. 1 gallon of E100 has 67% of the energy in 1 GGE. Ethanol is blended with blendstock for oxygenate blending (gasoline component). [5]	1 gallon of methanol contains 50% of the energy as 1 GGE.	2.2 lbs. (1 kg) of H <sub>2</sub> has the same energy as 1 GGE.	A typical battery that is the same size as a gallon of gas (0.134 ft <sup>3</sup> ), when used for transportation, can store 15.3% of the energy in 1 GGE. [6][7]
<b>Energy Content (lower heating value)</b>	112,114–116,090 Btu/gal (c)	128,488 Btu/gal (c)	B100 119,550 Btu/gal B20 126,700 Btu/gal (c)	84,250 Btu/gal (c)	20,160 Btu/lb [3](b)	21,240 Btu/lb (a)	76,330 Btu/gal for E100 (c)	57,250 Btu/gal (c)	51,585 Btu/lb (c) 33.3 kWh/kg	3,414 Btu/kWh
<b>Energy Content (higher heating value)</b>	120,388–124,340 Btu/gal (c)	138,490 Btu/gal (c)	127,960 Btu/gal for B100 (c)	91,420 Btu/gal (c)	22,453 Btu/lb [1](c)	23,726 Btu/lb (c)	84,530 Btu/gal for E100 (c)	65,200 Btu/gal (c)	61,013 Btu/lb (c)	3,414 Btu/kWh

## Alternative Fuels Data Center Fuel Properties Comparison

### Notes

- [1] Standard chemical formulas represent idealized fuels. Some table values are expressed in ranges to represent typical fuel variations that are encountered in the field.
- [2] GGE table values reflect Btu range for common gasoline baseline references (E0, E10, and indolene certification fuel).
- [3] The type of meter or dispensing equipment being used to fuel vehicles must be taken into consideration. For fast-fill stations that dispense CNG with Coriolis flow meters, which measure fuel mass and report fuel dispensed on a "gallon of gasoline-equivalent" (GGE) basis, the lbs./GGE factor should be used. For time-fill stations or other applications that use traditional residential and commercial gas meters that measure/register in units of cubic feet, the CF/GGE factor should be used.
- [4] See Compressed Natural Gas in Gasoline and Diesel Gallon Equivalency Methodology at [http://afdc.energy.gov/fuels/equivalency\\_methodology.html](http://afdc.energy.gov/fuels/equivalency_methodology.html).
- [5] E85 is a high-level gasoline-ethanol blend containing 51% to 83% ethanol, depending on geography and season. Ethanol content is lower in the winter months in cold climates to ensure a vehicle starts. Based on composition, E85's lower heating value varies from 83,950 to 95,450 Btu/gal.
- [6] Lithium-ion battery density of 400 Wh/l from Linden and Reddy, Handbook of Batteries, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, 2002.
- [7] Lithium-ion energy densities increased by a factor of 3.4, when used for transportation, to account for the increased efficiencies of electric vehicle drivetrains relative to the internal combustion engine.

### Sources

- (a) NIST Handbook 44 – Mass Flow Meters Appendix E <https://www.nist.gov/file/323701>
- (b) Report of the 78th National Conference on Weights and Measures. 1993. NIST Special Publication 854, pp 322–326. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication854.pdf>
- (c) Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation (GREET) Model. 2019. Input Fuel Specifications. Argonne National Laboratory, Chicago, IL. <https://greet.es.anl.gov/>
- (d) T. Alleman, R.L. McCormick, E.D. Christensen, G. Fioroni, K. Moriarty, and J. Yanowitz. 2016. Biodiesel Handling and Use Guidelines—Fifth Edition, National Renewable Energy Laboratory (NREL). [https://afdc.energy.gov/files/u/publication/biodiesel\\_handling\\_use\\_guide.pdf](https://afdc.energy.gov/files/u/publication/biodiesel_handling_use_guide.pdf)
- (e) American Petroleum Institute (API). 2011. Alcohols and Ethers. Publication No. 4261, 3rd ed. (Washington, DC, June 2001), Table 2.
- (f) Petroleum Product Surveys: Motor Gasoline. Summer 1986. Winter 1986/1987. National Institute for Petroleum and Energy Research.
- (g) American Petroleum Institute (API). 2001. Alcohols and Ethers. Publication No. 4261, 3rd ed. (Washington, DC, June 2001), Table B-1.
- (h) K. Owen and T. Coley. 1995. Automotive Fuels Reference Book: Second Edition. Society of Automotive Engineers, Inc. Warrendale, PA. <https://www.osti.gov/biblio/160564-automotive-fuels-reference-book-second-edition>
- (i) J. Heywood. 1988. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill Inc. New York.
- (j) Methanol Institute. Fuel Properties. Accessed 11/14/2012 at <https://methanolfuels.org/about-methanol/physical-properties/>
- (k) M. Foss. 2012. LNG Safety and Security. Bureau of Economic Geology, Jackson School of Geosciences. University of Texas at Austin.
- (l) Energy Information Administration. "Use of Energy Explained: Energy use for transportation." <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/transportation.php>
- (m) J. Sheehan, V. Camobreco, J. Duffield, M. Graboski, and H. Shapouri. 1998. An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles. NREL and the U.S. Department of Energy (DOE). NREL/TP-580-24772. <https://www.nrel.gov/docs/legosti/t98/24772.pdf>
- (n) M. Wang. 2005. Energy and Greenhouse Gas Emissions Impacts of Fuel Ethanol. Presentation to the NGCA Renewable Fuels Forum, August 23, 2005. Argonne National Laboratory, Chicago, IL. [https://www.researchgate.net/publication/228787542\\_Energy\\_and\\_greenhouse\\_gas\\_emissions\\_impacts\\_of\\_fuel\\_ethanol](https://www.researchgate.net/publication/228787542_Energy_and_greenhouse_gas_emissions_impacts_of_fuel_ethanol)



Anexo E Formato previsión conversión GLP

TALLER DE CONVERSIONES

FORMATO DE PRE-REVISIÓN Y AUTOPERITAJE

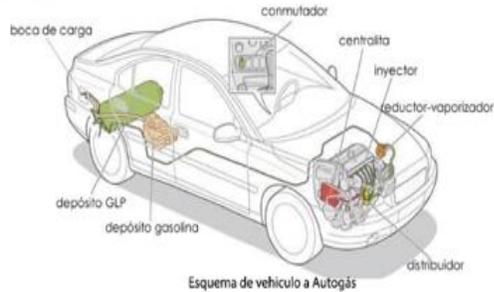


FECHA:		TECNICO:	
NOMBRE:		DUEÑO	( )
CELULAR:		CONDUCTOR	( )
DATOS DEL VEHICULO			
MARCA:		MODELO:	
AÑO:		PLACA:	
Km:		CILINDRAJE:	
TIPO:	AUTO ( ) CAMIONETA ( )	LINEA:	PARTICULAR ( ) PUBLICO ( )
H-BACK ( )	SEDAN ( ) PICK UP ( ) OTRO ( )	EMPRESA:	
INFORMACION TÉCNICA DEL ESTADO DEL VEHICULO			
MANGUERA AGUA	B( ) R( ) M( )	BOTE DE AGUA	SI( ) NO(X)
CABLEADO INYECTORES	B( ) R( ) M( )	BOTE ACEITE	SI( ) NO(X)
BATERIA 13.2 V	B( ) R( ) M( )	BOTE HIDRÁULICO	SI( ) NO(X)
BUJÍAS COLOR ( )	B( ) R( ) M( )	BOTE VALVULINA	SI( ) NO(X)
COMPRESION CILINDRO #1		COMPRESION CILINDRO #3	
COMPRESION CILINDRO #2		COMPRESION CILINDRO #4	
POSICIÓN DE ELEMENTOS IMPORTANTES DEL VEHICULO			
(A) ALTERNADOR			
(B) BATERÍA			
(C) COMPUTADORA			
(D) DEPOSITO AGUA			
(E) ESCAPE			
(F) LÍNEA TUBERÍA			
(G) TAPA GASOLINA			
(H) DEPÓSITO HIDRÁULICO			
(I) INYECTORES			
DATOS ADICIONALES DEL VEHICULO			
LECTURA DE ESCANER:			
MTTOS RECIENTES:			
OBSERVACIONES:			
FIRMA DUENO/CONDUCTOR:			
<p>NOTA: EN VEHICULOS CON ALTO KILOMETRAJE (MAS DE 250.000 Km) EXISTE LA POSIBILIDAD DE HABER UN PROCESO DE LIMPIEZA DE CARBONCILLO EN LOS PISTONES. ES PROBABLE QUE HAYA UN CONSUMO ADICIONAL DE ACEITE EN EL MOTOR.</p>			

## Anexo F Volante informativo servicio GLP municipio Cúcuta

### ¿Como se utiliza un sistema de GLP vehicular?

Con la instalación del sistema de GLP, el vehículo pasa ser Bi-fuel, que es capaz de andar indistintamente con gas o gasolina. De esta forma aumenta la autonomía original del vehículo en función del tamaño del depósito de gasolina instalado.



El vehículo normalmente arranca con gasolina antes de pasar automáticamente a gas, por lo que siempre es necesario mantener una cierta cantidad de gasolina en el depósito, que también sirve para preservar la bomba de la gasolina que se desgastaría prematuramente al funcionar en seco. Cuando se agota el combustible, el vehículo pasa automáticamente a gasolina. El conductor reposta GLP y presiona el botón del interruptor para usar GLP nuevamente.

### Ventajas adicionales sistemas GLP vehicular

Según el decreto No. 0199 del 21 de junio de 2021, expedido por la alcaldía municipal de San José de Cúcuta, quedan exentos de la medida del Pico y placa, los vehículos que no impacten negativamente al medio ambiente, como lo son los que utilizan combustibles alternativos como: Biogas, etanol, hidrogeno o cualquier otro combustible biodegradable.



**BIENVENIDO AUTOGAS**

ESTACION PILOTO  
PRUEBA DE COMBUSTIBLE GLP  
PLAN PIONERO **BIOENERGAS**  
CUCUTA PRIMERO ENERGÍA POSITIVA PARA TODOS



**BIOENERGAS**  
ENERGÍA POSITIVA PARA TODOS

El logo de Bioenergías muestra un trébol verde y un taxi amarillo con el signo 'TAXI' en el techo, sobre un camino que se aleja hacia el horizonte. El texto 'BIOENERGAS' está escrito en la parte inferior del trébol.

### ¿Que es el GLP?

El GLP es un gas altamente inflamable a temperatura y presión ambiente cuando es mezclado con el aire atmosférico, siendo muy eficaz para el uso como combustible alternativo para los automóviles a gasolina actuales. El GLP como combustible vehicular tiene mayor autonomía de uso, tiene alto poder calorífico, se almacena mucho más fácil en forma líquida, lo que permite su fácil almacenamiento y transporte lo que redundan en su manipulación. El GLP pesa menos que el combustible tradicional y es más seguro, ya que es menos inflamable que la gasolina.

### ¿Porque los vehículos a GLP son mas ecológicos?

El GLP como combustible vehicular confiere un rendimiento similar al de la gasolina, pero con una reducción significativa de las emisiones contaminantes, en particular CO, HC y relativamente las emisiones de CO2, lo que contribuye a mejorar la calidad del aire en las ciudades.

### ¿Que vehículos se pueden convertir a GLP?

Cualquier vehículo con motor de gasolina se puede adaptar fácilmente para el consumo de GLP. Hay marcas que comercializan vehículos de GLP en los países que tienen implementado el GLP como combustible. Esta adaptación, que se puede llevar a cabo en cualquier taller especializado. Que mantenimiento requiere el sistema a GLP vehicular?

### ¿Que mantenimiento requiere el sistema a GLP vehicular?

El mantenimiento de los vehículos de GLP es más económico debido a que la combustión del GLP no produce residuos carbonosos, reduciendo el desgaste del motor y prolongando la vida útil del aceite. Los componentes adicionales necesarios para el uso del GLP son poco susceptibles de averiarse; en caso de que esto suceda, reemplazarlos resulta sencillo y económico. Se puede afirmar que el uso de GLP no sólo implica un menor gasto de mantenimiento, sino que además prolonga la vida útil del motor. Para garantizar un funcionamiento adecuado a lo largo del tiempo, el sistema está sujeto a comprobaciones periódicas (por ejemplo sustitución de los filtros), de acuerdo con un plan de mantenimiento programado. Estas intervenciones generalmente las realiza el taller, junto con el servicio regular del automóvil.

### ¿El automóvil pierde potencia con el GLP como combustible?

Las pérdidas de potencia se pueden cuantificar en el orden del 10%, generalmente inferiores a la potencia absorbida, por ejemplo, por el encendido del aire acondicionado y no significativas durante la conducción.

### ¿Son seguros los sistemas a GLP vehicular?

Actualmente los sistemas cumplen con normativas que garantizan altos estándares de seguridad, definidos en base a especificaciones internacionales y pruebas extremadamente estrictas (pruebas de choque, incendios de vehículos, etc). Los sistemas de conversión de GLP están equipados con varios dispositivos de seguridad como:

- Tanque multivalvula con sistema de bloqueo de carga al 80% para asegurar la expansión del gas en caso de aumento de la temperatura.
- Electrovalvulas de seguridad que cierran el circuito de gas en la salida del deposito y en la entrada al reductor de presión en el compartimiento del motor.
- Tanque aprobado según normas estrictas.

### ¿El vehículo consume mas GLP?

Generalmente hay un aumento del consumo del 10%-12%, debido al menor potencial calorico del GLP, sin embargo el menor costo del GLP y el menor impacto ambiental hacen que su uso sea una opción económica y ecológica.



(Imagen 4. Selector Ventas)



(Imagen 5. Tanque de almacenamiento)