

**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
2015**



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**

PROYECTO FINAL DE CARRERA:

**CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE
ALIMENTACIÓN DE UN VEHÍCULO
PARA SU FUNCIONAMIENTO CON
GLP**

**ESPECIALIDAD:
I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

**AUTOR:
IGNACIO PANIAGUA MARTINEZ**

**DIRECTOR DEL PROYECTO:
PEDRO ABAD MARTÍN**



PROUESTA y ACEPTACIÓN DEL
PROYECTO FIN DE CARRERA DE INGENIERÍA TÉCNICA

DATOS PERSONALES

APELLIDOS, Nombre

PANIAGUA MANTÍNEZ, IGNACIO

Nº DNI 29109814W

Dirección GARCÍA ARISTA 21, 1º G

C.P. 50015

Localidad ZARAGOZA

Provincia ZARAGOZA

Teléfono 656860648 NIA: 408127

Firma:

DATOS DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL, Especialidad ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

TITULO CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE UN VEHÍCULO PARA SU FUNCIONAMIENTO CON GLP

DEPÓSITO EN: ZAGUAN (Obligatorio) y CD-ROM (si PFC es tipo B aplicación informática)

DIRECTOR PEDRO ABAD MARTÍN

VERIFICACIÓN EN SECRETARÍA

El alumno reúne los requisitos académicos (1) para la adjudicación de Proyecto Fin de Carrera

SELLO DEL CENTRO

EL FUNCIONARIO DE SECRETARIA



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Fdo.: _____

SE ACEPTE LA PROPUESTA DEL PROYECTO (2)

En Zaragoza, a 6 de MAYO de 2.015

Fdo.: PEDRO ABAD MARTÍN

DIRECTOR DEL PFC

SE ACEPTE EL DEPÓSITO DEL PROYECTO

En Zaragoza, a 1 de SEPTIEMBRE de 2.015

Fdo.: PEDRO ABAD MARTÍN

DIRECTOR DEL PFC

(1) Requisitos académicos: tener pendientes un máximo de 24 créditos o dos asignaturas para finalizar la titulación.

(2) Para que la propuesta sea aceptada por el Director, es imprescindible que este impreso esté sellado por la Secretaría de la EINA una vez comprobados los requisitos académicos.



Índice de Contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS.....	7
3. ESTADO DE LA TÉCNICA	9
3.1 QUÉ ES EL AUTOGAS	9
3.2 VENTAJAS DE UTILIZAR AUTOGAS	12
3.2.1 Seguridad de abastecimiento e independencia del petróleo	12
3.2.2 Ventajas Medioambientales.....	12
3.2.3 Ventajas económicas	13
3.3 VEHICULOS QUE PUEDEN UTILIZAR AUTOGAS	13
4. JUSTIFICACION DE LA SOLUCION ADOPTADA	16
5. MEMORIA.....	18
5.1 COMPONENTES DEL SISTEMA:.....	18
5.1.1 Boca de carga desplazada.....	19
5.1.2 Depósito de Autogas.....	21
5.1.3 Electroválvula.....	24
5.1.4 Evaporador-Reductor.....	25
5.1.5 Filtro fase gaseosa	26
5.1.6 Rampa e inyectores.....	26
5.1.7 Sensor de Temperatura y Presión del Autogas.....	27
5.1.8 Unidad electrónica de control (ECU)	28
5.1.9 Conmutador Gasolina-GLP	29
5.2 INSTALACION DE LOS COMPONENTES:.....	30
5.2.1 Instalación del depósito	31



5.2.2 Toma de carga desplazada y manguera al depósito.....	32
5.2.3 Manguera de alimentación al motor	33
5.2.4 Instalación del Evaporador-Reductor	34
5.2.5 Instalación de los tubos de agua	35
5.2.6 Instalación del filtro de gas.....	36
5.2.7 Instalación de la rampa de inyectores.....	37
5.2.8 Instalación de las boquillas en el colector de admisión.....	38
5.2.9 Instalación de la ECU	39
5.3 INSTALACION ELÉCTRICA:	40
5.3.1 Instalación del fusible	42
5.3.2 Instalación de las señales de inyección de gasolina	42
5.3.3 Instalación de la señal de velocidad del motor (RPM)	44
5.3.4 Instalación de la señal de sondas lambdas.....	44
5.4 MODO DE FUNCIONAMIENTO:	45
5.4.1 Generalidades	45
5.4.2 Puesta en marcha y funcionamiento	47
5.4.3 Rutinas de mantenimiento	48
5.4.4 Recomendaciones	50
5.5 NORMATIVA y SEGURIDAD.....	52
6. ASPECTOS ECONÓMICOS.....	54
6.1 PRESUPUESTO.....	54
6.2 PLAZO DE AMORTIZACIÓN	55
6.3 SUBVENCIONES.....	57
7. CONCLUSIONES.....	59
8. BIBLIOGRAFIA	60



9. ANEXOS 61



1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto surge por la necesidad de encontrar alternativas al uso de los derivados del petróleo más comunes como combustibles para el uso diario de un vehículo particular y hacerlo más sostenible tanto ecológica como económicamente.

Las circunstancias internacionales y las previsiones sobre el futuro comportamiento alcista de los precios del petróleo junto con las preocupaciones sobre el impacto del consumo energético sobre el cambio climático, han hecho tomar conciencia a las autoridades de gobierno de todo el mundo sobre dos aspectos que son centrales para garantizar una política energética sostenible: renovabilidad de las fuentes y eficiencia energética. De lo que se trata es de reducir la intensidad energética, es decir de crecer más con menos energía pero generada por fuentes más renovables.

En este contexto, y dado que los combustibles para el transporte representan alrededor del 27% de la demanda mundial de petróleo, viene promoviéndose, a nivel mundial, un mayor consumo de biocombustibles. Estos son una fuente renovable pero que tiene como límite el impacto de los precios relativos sobre la seguridad alimentaria del planeta. El crecimiento de la demanda de combustible para el transporte tiene estrecha relación con tres fenómenos asociados a la globalización: la gran movilidad de las personas y su cada vez mayor interés por interactuar con otras culturas; y el dinámico crecimiento del comercio internacional de mercancías.

El problema radica en que sin energía para el transporte no hay globalización. Si en 1970 el consumo diario de petróleo para estos efectos era de alrededor de unos 18 millones de barriles diarios, en la actualidad está ya superando los 80 millones y se espera que llegue a casi 120 millones de barriles diarios en el 2025. De allí la importancia que los líderes del denominado Grupo de los Ocho (G8) vienen otorgando al cambio tecnológico y a la necesidad de promover la diversificación de las fuentes energéticas para el transporte.



Los biocombustibles son una alternativa que ya se está combinando, en el mundo desarrollado, con otras opciones como son los cambios tecnológicos relacionados con el menor consumo de los vehículos por kilómetro recorrido; calidad menos contaminante de los combustibles; y filtros más eficaces para controlar las emisiones.

En este campo de los combustibles alternativos el GLP se ha posicionado muy favorablemente respecto a otros carburantes debido a los factores que explicamos en el apartado 3.2.



2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente proyecto son la obtención de un vehículo menos contaminante con el Medioambiente y más duradero mecánicamente hablando, y más eficiente y autónomo ecológicamente hablando.

Para ello se le realizaran una serie de instalaciones y modificaciones duplicando la instalación de alimentación de combustible del vehículo y adaptando diversos dispositivos necesarios para la transformación del mismo para su uso con el combustible alternativo Autogas. Con ello se pretenden conseguir los siguientes objetivos:

- Obtener una reducción de las emisiones generadas por el vehículo
- Aumentar la autonomía del vehículo entre repostajes.
- Alargar los periodos de mantenimientos habituales en el vehículo con el consiguiente ahorro económico.
- Aumentar la vida útil del motor debido al tipo de combustión más limpia y completa del Autogas.
- Obtener un vehículo híbrido capaz de funcionar con dos tipos de combustible y por ello poder beneficiarnos de ayudas y reducciones en el impuesto de circulación.
- Ahorro económico en cada repostaje una vez superado el periodo de amortización de la conversión a GLP.

El vehículo utilizado en esta conversión es un turismo marca BMW, fabricado en el año 2001, con motor de 6 cilindros en línea de gasolina y que desarrolla una potencia de 170kW (231CV).



Ilustración 2.1 Vano motor antes y después de la conversión



3. ESTADO DE LA TÉCNICA

3.1 QUÉ ES EL AUTOGAS

Autogas es el término usado para referirse al GLP (gas licuado del petróleo) utilizado como combustible para automoción.

Es un carburante, compuesto por gases licuados del petróleo, fundamentalmente propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}). Su uso como carburante está definido a nivel europeo por la norma UNE EN 589 de requisitos y métodos de ensayo del Autogas. Tradicionalmente en España, al Autogas se le conoce por GLP automoción. En España, la mezcla que se suele utilizar el 70% butano, 30% propano. En Europa, en invierno, debido a las bajas temperaturas, este porcentaje varía siendo la mezcla más rica en propano (alrededor del 70%) que en butano.

Las características técnicas del producto son las que se definen a continuación:

Características	Unidades de medida	Límites		Normas
		Mínimo	Máximo	
Densidad a 15 °C	kg/l	–	–	ASTM D-1657
Humedad		–	–	ASTM D-2713
Agua separada		Ausencia		–
Contenido máximo de azufre	mg/kg	–	50	ASTM D-2784
Corrosión	Escala	–	Clase 1	ISO 6251
Presión de vapor man. a 40 °C	kg/cm ²	–	15,8	ASTM D-2598
Ensayo R-Number		–	10	ASTM D-2158
Ensayo Oil-Number		–	33	ASTM D-2158
Indice octano motor (MON)		89	–	ASTM D-2598
Composición: Hidrocarburos C ₂	% Volumen	–	2,5	ASTM D-2163 (1) UNE-EN 27941
Hidrocarburos C ₃	% Volumen	20	–	ASTM D-2163 (1) UNE-EN 27941
Hidrocarburos C ₄	% Volumen	–	80	ASTM D-2163 (1) UNE-EN 27941
Hidrocarburos C ₅	% Volumen	–	1,5	ASTM D-2163 (1) UNE-EN 27941
Olefinas totales	%Volumen	–	6	ASTM D-2163 (1) UNE-EN 27941
Diolefinas+Acetilenos	p.p.m.	<1.000		ASTM D-2163 (1) UNE-EN 27941
Olor		Característico		

Ilustración 3.1 Especificaciones del GLP de automoción.

El Autogas en su estado natural es gaseoso a temperatura ambiente y presión atmosférica. Para obtener líquido, estado en el que se suministra, se debe someter al Autogas a presión relativamente baja que oscila entre 4 y 8 atmósferas. Su densidad en estado líquido a 15°C es de 0.564 Kg. /l.

La obtención de GLP actualmente proviene de 3 vías distintas:

- El obtenido durante la extracción de gas (llamado gas no asociado).
- El procesado durante la extracción de petróleo (llamado gas asociado).
- El que se obtiene durante el refinado del crudo.

De todas ellas la que proviene de los yacimientos de gas natural es la que más ha aumentado su cuota en el global de la producción mundial:

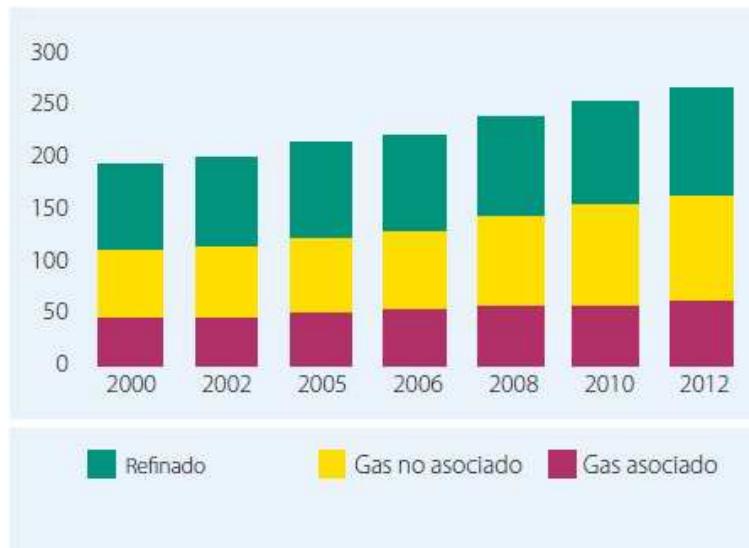


Ilustración 3.2 Suministro mundial GLP por fuente en millones de Tn.

El GLP es especialmente propicio para el transporte debido a la baja presión que requiere para licuarlo, muy inferior al gas natural:

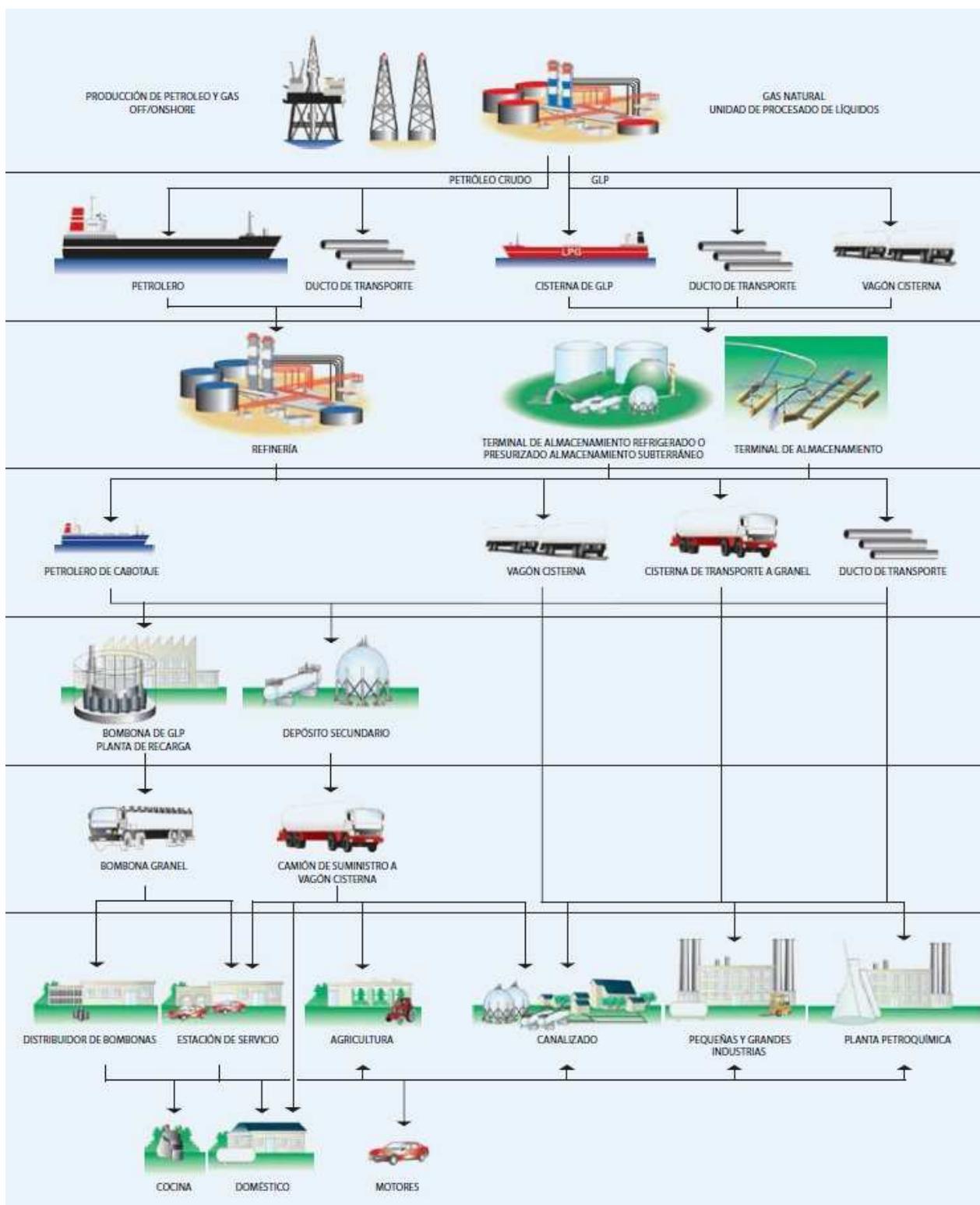


Ilustración 2.3 Producción y cadena de distribución del GLP



3.2 VENTAJAS DE UTILIZAR AUTOGAS

Las ventajas de utilizar Autogas están claras y son varias:

3.2.1 Seguridad de abastecimiento e independencia del petróleo

La disponibilidad del Autogas se incrementara en el futuro por diversas razones:

- Reducción del GLP disponible en refinería por su uso para mejora del octanaje de las gasolinas.
- Crecimiento de la prohibición internacional de quemado del GLP en antorcha en los yacimientos de crudo.
- Incremento de los porcentajes de GLP existentes en los yacimientos de crudo en explotación.
- Mayor consumo de gas natural, lo que implica una mayor cantidad de propano y butano en el mercado. Según la Comisión Europea, “el GLP podría cubrir como carburante alternativo el 5% del mercado del 2020”.

3.2.2 Ventajas Medioambientales

- Contra el cambio climático.

Mejorando las emisiones de CO₂ en escape (entre un 10% - 15% menores que los de gasolina) ayudando al cumplimiento del Protocolo de Kioto. Según modelos de análisis de ciclo de vida “*well to wheels*”, el Autogas presenta unos índices de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) inferiores a los de la gasolina y el Gas Natural Concentrado (GNC).

- Mejorando la calidad del aire de las ciudades

Frente al diesel, el Autogas reduce las emisiones de NOx en un porcentaje superior al 90% y de partículas en un 99,99% ayudando a cumplir las Directivas de Calidad del Aire Ambiente, a reducir la generación de ozono troposférico y a reducir los costes sanitarios de enfermedades del aparato respiratorio.



3.2.3 Ventajas económicas

La entrada en vigor del Proyecto de Ley de 18/11/05 que trasponía la Directiva Europea 2003/96/CE sobre fiscalidad de los productos energéticos, rebajando el IEH (Impuesto Especial de Hidrocarburos) aplicable al Autogas a 57,47 €/TM. El Autogas está bonificado fiscalmente al menos hasta el año 2018, lo que permitirá mantener la competitividad del producto frente a los carburantes tradicionales como la gasolina y el diesel.

Recordamos que el impuesto especial para vehículos particulares era de 796 €/TM hasta 1 de enero de 2003, lo que hacía inviable su comercialización en España.

El uso del Autogas genera ahorros económicos para los usuarios desde el primer km de utilización. El litro de Autogas tiene un coste aproximadamente inferior en un 50% al precio de venta al público del gasóleo. Al día de hoy (15/06/2015) el litro del Autogas medio en España es de 0.69 euros/litro frente al 1.27 euro/litro del gasóleo.

Al existir menor cantidad de carbono y de azufre, se produce una combustión mucho más limpia lo que ocasiona:

- Prolongación de vida del aceite lubricante (destaca respecto motor diesel)
- Incremento de la vida de las bujías
- Incremento de la vida del motor en general
- Ahorro en limpieza de inyectores y válvulas
- Cambio de Filtro de Gasoil
- Arranque en frío sin enriquecimiento de la mezcla. Menor dilución películas de aceite de las paredes y desgaste del motor

3.3 VEHICULOS QUE PUEDEN UTILIZAR AUTOGAS

Cualquier vehículo de combustión interna de ciclo Otto (gasolina) de 4 tiempos puede consumir Autogas. Entre los mismos podemos encontrar:

- Vehículos ligeros (turismos, vehículos comerciales, etc.)
- Vehículos para transporte de personas (autobuses, furgonetas de pasajeros, etc)
- Vehículos de ocio (carros de golf, motos, karts, etc.)



- Vehículos industriales (carretillas elevadoras, tractores, maquinaria agrícola, etc.)
- Embarcaciones motoras con motores fuera borda de 4 tiempos

Existen dos formas de disponer de un vehículo que consuma Autogas:

- Adaptando un equipo de gas a un vehículo que ya está circulando a gasolina (After market). Para ello, el cliente ha de acudir con su vehículo a un taller autorizado de alguno de los fabricantes de equipos de Autogas que comercializan sus equipos en España. El sistema utilizado en nuestro caso es fabricado por una firma de origen italiano bajo la marca BRC. Este sistema se aplica a cualquier motor alimentado a gasolina ya sea de tipo atmosférico o turboalimentado, y desde 3 hasta 8 cilindros.
- Comprando un vehículo nuevo directamente en el concesionario que consume Autogas (OEM)

En la actualidad hay multitud de fabricantes de vehículos que comercializan directamente más de 60 modelos a GLP en España: Citroën, Dacia, Daewoo, Daihatsu, Fiat, Ford, Lada, Opel, Peugeot, Piaggio, Renault, Saab, Seat, Skoda, Subaru, Volvo, Volkswagen, etc, etc.

País	Número de vehículos	Número de puntos de venta
Turquía	3,335,000	9,419
Polonia	2,477,000	5,700
Corea del Sur	2,455,112	1,910
Italia	1,787,000	2,955
La India	1,714,440	1,090
Federación Rusa	1,400,000	4,500
Ucrania	1,300,000	2,422
Tailandia	843,450	900
Serbia	550,000	500
Australia	513,562	3,703

Ilustración 3.3 Tabla de países con número de vehículos y puntos de venta de GLP.



En España existían ciertas limitaciones a la hora de homologar la conversión en vehículos aftermarket como el que nos ocupa en este proyecto. De hecho hasta el verano del año 2003 no se pudo homologar ningún vehículo de uso particular, y solo se permitía hacerlo a vehículos de uso público, como los taxis.

Ahora mismo la reglamentación permite hacerlo, pero aún así el vehículo ha de cumplir una serie de características que detallaremos más adelante. Otros países más flexibles no cuentan con tantas restricciones como España.

4. JUSTIFICACION DE LA SOLUCION ADOPTADA

Son muchos los factores que han hecho decantar la balanza de este proyecto en favor del uso del GLP de Automoción (Autogas)

El principal es que el vehículo propio era un modelo usado de gasolina que se adquirió con la idea de llevar a cabo esta conversión.

Otro ellos es que aunque la tendencia del mercado hacia las tecnologías con cero emisiones está poco a poco más presente en nuestras vidas, parece que aún quedan años para que se desarrollen opciones más asequibles al bolsillo del usuario de a pie, como el desarrollo de baterías de carga rápida y los supercondensadores.

Otro factor muy determinante es que la red de puntos de repostaje existente en España para el Autogas ya es una realidad, con casi 500 puntos de repostaje a día de hoy, lo que permite desplazarse por toda la Península sin problemas.



Ilustración 4.1 Mapa estaciones de repostaje con Autogas.



La tecnología ha jugado un papel muy importante en el desarrollo del GLP en la automoción, ya que aunque lleva muchos años en el mercado mundial, es en los últimos tiempos con equipos más sofisticados y políticas favorables para su implantación cuando se ha extendido su uso.

	Tasa fiscal mínima actual	A partir de 1/01/2010	A partir de 1/01/2012 ¹⁹	A partir de 1/01/2014 ¹⁹
Gas sin plomo €/1000l	359	359	359	380
Gasóleo €/1000l	302	330	359	380
GLP €/tonelada	125	125	125	125

Ilustración 4.2 Niveles fiscales sobre carburantes previsto en 2003/96/CE

Por las ventajas medioambientales que conlleva su uso (por ello se le aplican estos niveles fiscales reducidos) y debido al excedente de disponibilidad del mismo en el mercado, su bajo precio resultante le hace posicionarse por encima de otras alternativas en el marco actual del mercado de los combustibles alternativos.



5. MEMORIA

5.1 COMPONENTES DEL SISTEMA:

Los equipos de gas instalados para convertir cualquier vehículo en bi-fuel (gasolina-Autogas) deben estar todos homologados según la normativa europea o nacionales en vigor (R115, R67-01,...), estar conformes a las directivas CE sobre las emisiones contaminantes (Emisiones Euro IV) y al cumplimiento de la compatibilidad electromagnética.

Un equipo específico de almacenamiento y alimentación de gas, consiste básicamente en:

- Boca de carga desplazada
- Depósito de Autogas
- Electroválvula
- Evaporador-reductor
- Filtro fase gaseosa
- Raíl e inyectores de gas
- Unidad electrónica de control (centralita)
- Sensor de presión y Temperatura
- Comutador Gasolina - GLP instalado en el interior del vehículo
- Boquillas, canalizaciones, racores, soportes de fijación, etc.

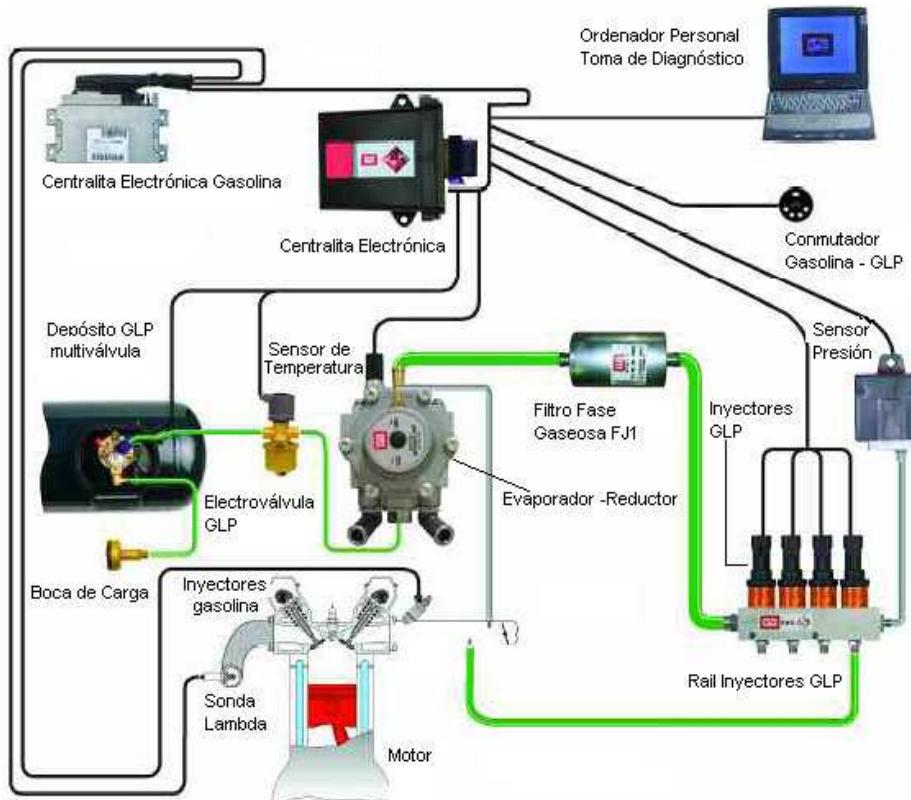


Ilustración 5.1 Diagrama de componentes del sistema de GLP

A continuación pasaremos a detallar los distintos componentes que constituyen nuestro kit de transformación a GLP. En esta ocasión el kit elegido, por la potencia y configuración del vehículo a transformar, es un Sequent Plug&Drive del fabricante

5.1.1 Boca de carga desplazada

Toma externa situada habitualmente junto a la boca de repostaje del combustible original del vehículo. En ella se rosca un adaptador, normalmente en poder del usuario, para poder conectar la manguera y efectuar el llenado del depósito del combustible GLP.

Esta válvula de llenado dispone de una válvula de retención que evita el reflujo una vez finalizado el suministro de gas.



Ilustración 5.2 Boca de carga y accesorios de montaje.

En Europa existen varios tipos de tomas de carga y por lo tanto de tipos de boquerel. El Holandés y el Italiano son los de mayor presencia en Europa. Por lo tanto, el sistema de llenado no está unificado en la actualidad, aunque desde el año 2005, existe un boquerel unificado para toda Europa, pero cuya implantación será lenta, debido sobre todo al elevado coste que tiene adaptar los vehículos existentes.

En España y debido al incipiente desarrollo de este carburante se ha optado por instalar en sus EESS el citado boquerel Unificado Europeo.

Por lo tanto, el suministro del Autogas va asociado a la necesidad de utilizar adaptadores de gas para poderse suministrar.



Ilustración 4.3 Boca de carga de GLP con adaptador roscado junto a boca de gasolina original.



Ilustración 5.4 Boquerel de Autogas en surtidor de estación de servicio.

5.1.2 Depósito de Autogas

El depósito es el elemento de mayor peso y volumen que se añade al vehículo y está situado habitualmente en la parte posterior del vehículo, fijado a la carrocería del vehículo.

Existen dos tipos de depósitos en función de su construcción, cilíndrico y toroidal. El primero ocupa una parte del maletero y normalmente suele ir situado al fondo del mismo y el segundo, ocupa el lugar que ocupa la rueda de repuesto. En ambos casos está realizado en acero de alta resistencia, tratado térmicamente y ensayado para presiones de hasta 30 bar. Esta presión es mucho más alta que la presión operativa que suele estar entre 2 y 15 bar.



*Ilustración 5.5 Depósito toroidal con virola central. Homologación E20*67R01.*

Como medida adicional de seguridad el depósito solo se puede llenar hasta un 80% de su capacidad volumétrica. Los depósitos de gas disponen de los siguientes elementos de seguridad, que pueden ir instalados por separado o en una sola multiválvula, opción esta última la más extendida:

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



Ilustración 5.6: Depósito toroidal con multiválvula instalada y tapa estanca depositada sobre la batería del vehículo.

- **Válvula de alimentación:** Alimenta el gas en fase líquida al evaporador-regulador, que a su vez lo suministra en fase gaseosa al motor. La válvula incorpora un dispositivo de seguridad compuesto por una válvula de exceso de flujo. Este dispositivo asegura que, en caso de rotura de la tubería de cobre o, incluso, del arranque de cuajo de la válvula de su acoplamiento en el depósito, se cierre automáticamente la salida de Autogas del mismo.
- **Válvula de seguridad:** hace imposible que la presión suba dentro del depósito, más allá de un valor prefijado que suele estar alrededor de 27 bares. Si sobrepasase ese límite esta válvula permitiría la salida, durante un instante, de una pequeña cantidad de combustible gaseoso, que desde la caja estanca saldría,

a través del tubo de purga que incorpora dicha caja estanca, al exterior del vehículo.

- **Válvula de llenado:** Esta válvula es utilizada para el llenado del depósito. A esta se conecta un dispositivo constituido por un acoplamiento, una canalización y un adaptador situado en el exterior del vehículo para la conexión al boquerel. Esta válvula lleva incorporados dos sistemas de seguridad:

- Doble válvula anti-retorno, que evita la salida del AUTOGAS cuando se conecta el boquerel.
- Dispositivo de máximo llenado, que garantiza que no se sobrepase, en el llenado, el 80% de la capacidad del depósito cerrándose automáticamente.

- **Indicador de nivel:** en el depósito va instalado un indicador de nivel, el cual es el responsable a su vez de enviar la señal al conmutador que irá instalado en el salpicadero, indicando el porcentaje de llenado del vehículo a través de unos leds.



Ilustración 5.7: Detalle de multiválvula instalada en depósito.

Tal como he comentado más arriba, ésta serie de sensores, necesarios para el buen funcionamiento y seguridad de la instalación, pueden ir montados por separado o bien



en un solo dispositivo denominado multiválvula, y en el caso concreto de la conversión que nos ocupa el dispositivo elegido ha sido dicha multiválvula.

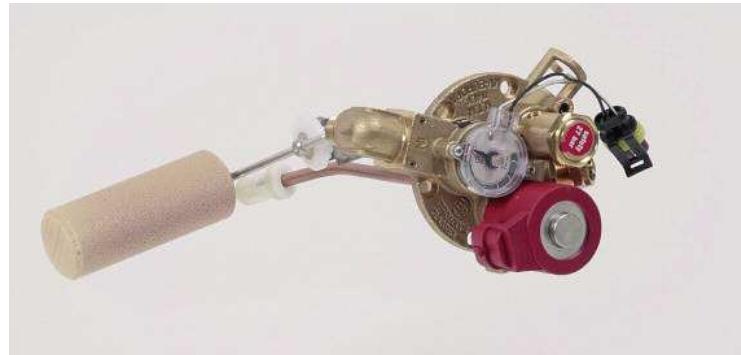


Ilustración 5.8: Multiválvula con indicador de nivel y válvulas de alimentación, seguridad y llenado.

5.1.3 Electroválvula

La electroválvula va instalada en el compartimento motor, y va a ser la encargada de abrir o cerrar el paso automáticamente al Autogas desde el depósito hacia el motor.

Lleva incorporado un pequeño filtro para eliminar las posibles impurezas del Autogas todavía en estado líquido.

En términos de seguridad, la función que realiza esta electroválvula es muy importante, pues será la encargada de cerrar el flujo de Autogas en el caso de que el motor deje de funcionar, por ejemplo en un accidente, incluso estando la llave de contacto insertada.



Ilustración 5.9: Detalle de la electroválvula y accesorios de montaje.

5.1.4 Evaporador-Reductor

Este dispositivo también va instalado en el compartimento motor, y los sucesivos también lo estarán salvo que se indique lo contrario. Su función consiste en reducir la presión en cada instante a los valores necesarios en cada momento de funcionamiento del motor a sus diferentes regímenes, así como de aportar el intercambio térmico necesario para la gasificación del Autogas.

Podemos concluir que lo que hace es transformar el Autogas almacenado en el depósito en estado líquido a su fase en estado gaseoso para poder ser inyectado convenientemente en el colector de admisión del vehículo.

Para este intercambio termodinámico será necesario instalar dos derivaciones en forma de "T" en alguno de los tubos del circuito de refrigeración del vehículo, para que el refrigerante llegue al evaporador y pueda así realizarse el intercambio termodinámico necesario para la transformación del estado del Autogas.

Para tener monitorizado este proceso existe un sensor de temperatura instalado en el evaporador-reductor.



Ilustración 5.10: Evaporador Genius MAX (hasta 240kW)

Los modelos de evaporadores-reductores varían en función de la potencia del vehículo a transformar, por lo que cuanto mayor es la potencia del vehículo mayor es el caudal que ha de proporcionar el evaporador.

5.1.5 Filtro fase gaseosa

El filtro de fase gaseosa es el encargado de filtrar y retener las posibles impurezas que pudiera contener el combustible. Con ello conseguiremos prolongar la vida y funcionamiento de los inyectores. Va situado entre el evaporador-reductor y la rampa de inyectores.



Ilustración 5.11: Filtro de gas, con indicación de sentido de flujo.

5.1.6 Rampa e inyectores

La rampa o raíl de inyectores es el dispositivo donde se alojan los inyectores y donde se acumula algo de gas para que la distribución del mismo a cada uno de los inyectores sea de manera uniforme.



El inyector es un elemento electromecánico, que lleva una bobina o solenoide que es excitada por las señales que le envía la ECU, con mayor o menor cantidad de corriente eléctrica para que actúe sobre una aguja y se abra en mayor o menor medida y durante el tiempo que dura la señal eléctrica, para así regular el paso de combustible en función de la demanda del cilindro.



*Ilustración 5.12: Detalle
de inyectores de GLP*

Dependiendo de la configuración de motor se instalará una o más rampas de inyectores, normalmente una rampa por cada culata que disponga el motor. Así, en motores de 3, 4, 5 y 6 cilindros en línea se instala una sola rampa, y en motores con configuraciones de cilindros dispuestos en "V" se instalan dos rampas de inyectores .

5.1.7 Sensor de Temperatura y Presión del Autogas

Este sensor es el encargado de obtener la presión y temperatura en el circuito de gas previo a la inyección, y su misión es transmitir esos datos a la centralita electrónica que junto a esos y otros datos ajusta los tiempos de inyección en cada instante para que la cantidad correcta de gas sea inyectada por los inyectores en cada uno de los cilindros.

Habitualmente va instalado en la propia rampa de inyectores, tal como ocurre en el caso que nos ocupa.



Ilustración 5.13: Sensor de Temperatura y Presión



Ilustración 5.14: Raíl de inyección con sensor de Temperatura y Presión incorporado

5.1.8 Unidad electrónica de control (ECU)

La ECU (Electronic Control Unit), siglas en inglés que significan "Unidad Electrónica de Control", es la encargada de recoger la información que proporcionan los distintos sensores repartidos por toda la instalación, y con ella y el programa que previamente se ha grabado en la memoria de la ECU poder actuar sobre los actuadores, en este caso los inyectores del gas.



Ilustración 5.15: ECU programable para sistema Autogas.



Estas ECU's también tienen implementadas ciertas funciones o rutinas de seguridad, para que en caso de por ejemplo apagados accidentales de motor causados por accidentes, se cierren todas las electroválvulas y evitar así un posible escape del gas.

5.1.9 Comutador Gasolina-GLP

Este elemento se encuentra instalado dentro del habitáculo y a mano del conductor para poder ser accionado fácilmente si el usuario así lo requiere. Es el selector encargado de hacer la conmutación entre el combustible que se desee utilizar, gasolina o Autogas.



Ilustración 5.16 Comutador

Otra función de este elemento es la de informar al usuario del nivel de Autogas existente en el depósito mediante unos diodos LED, normalmente 4 de color verde, que nos dan cuenta del llenado del depósito (1 LED = 1/4, 2 LED = 2/4, 3 LED = 3/4, 4 LED = 4/4). La reserva se señaliza con el parpadeo del primer LED verde. En el caso en el que el depósito se quede sin combustible el comutador está provisto de un pequeño zumbador que emite una señal sonora para avisar al conductor del cambio al funcionamiento con gasolina ya que el conductor no percibe nada en el tipo de conducción que realiza cuando se produce dicho cambio. Para apagar dicha señal sonora de aviso el conductor debe pulsar el comutador a modo de confirmación.

Asimismo otro quinto LED situado en la parte superior nos informa del modo de funcionamiento en el que nos encontramos según el color: (VERDE = AUTOGAS, ROJO = GASOLINA).



Ilustración 5.17 Comutador
Gasolina-GLP y depósito lleno

Normalmente el funcionamiento automático del sistema no requiere de su utilización. El caso más frecuente en el que se utiliza es en el que nos quedemos sin Autogas y el coche continúe funcionando con gasolina, cuando volvamos a repostar Autogas deberemos volver a comutar de nuevo a funcionamiento con Autogas

5.2 INSTALACION DE LOS COMPONENTES:

Antes de comenzar la conversión a GLP es conveniente asegurarse de que el vehículo a transformar está en perfectas condiciones de uso para funcionar con el combustible original. En particular de los siguientes componentes:

- Filtro de entrada de aire del motor
- Sistema de encendido (bujías, bobinas, cables, etc)
- Sensores Lambda
- Catalizador
- Chequear con una máquina de diagnosis de que no hay funcionamientos irregulares asociados al sistema de alimentación y escape del vehículo.

La instalación de los distintos componentes del kit de conversión debe garantizar el mayor nivel de protección contra eventuales daños. Estos potenciales daños incluyen aquellos causados por el movimientos de las distintas partes del vehículo, así como los que pudieran producirse por ejemplo en maniobras de carga y remolcado por una grúa.



Observaciones necesarias de los componentes a Gas:

- Fijar los componentes en el compartimiento del motor según el manual de instalación específica de ese vehículo en particular. Fijar los componentes utilizando los soportes suministrados con el kit a partes rígidas del vehículo para evitar vibraciones.
- Nunca fijar un componente de gas cerca de la entrada de aire del sistema de ventilación del compartimiento de pasajeros.
- No fijar ningún componente a menos de 200 mm de distancia de una fuente de calor tal como el sistema de escape, por ejemplo. En cualquier caso, si es inevitable se debe colocar en medio un protector de calor de 1 mm de espesor como mínimo.
- Evite hacer curvas cerradas en las mangueras y tubos para que éstos no se plieguen.

5.2.1 Instalación del depósito

Como ya comentamos anteriormente hay principalmente dos tipos de depósitos, los cilíndricos y los toroidales. Los cilíndricos van siempre instalados en el maletero del vehículo, y los toroidales pueden ir en el interior (suele ser esta la forma más habitual) ocupando el hueco de la rueda de repuesto en el maletero, o bien en el exterior del mismo en los bajos del vehículo, ocupando el hueco exterior de la rueda de repuesto.

En nuestro caso concreto nos centraremos en el montaje de un depósito toroidal en el hueco interior del maletero destinado a la rueda de repuesto, solución más comúnmente adoptada por facilidad de montaje y por ahorro de espacio en el vehículo.

Se comprobará el correcto estado del mismo prestando especial importancia a la existencia de golpes corrosiones o fisuras, máxime cuando este fuera instalado en los bajos de vehículo.

El depósito ha de estar fijado como mínimo con 4 puntos de anclaje, en la parte inferior del piso o espacio de la rueda de repuesto por medio de ganchos o tiras. Entre el tanque y el suelo del coche se ha de colocar una plancha de material aislante para evitar el contacto metálico entre depósito y carrocería.

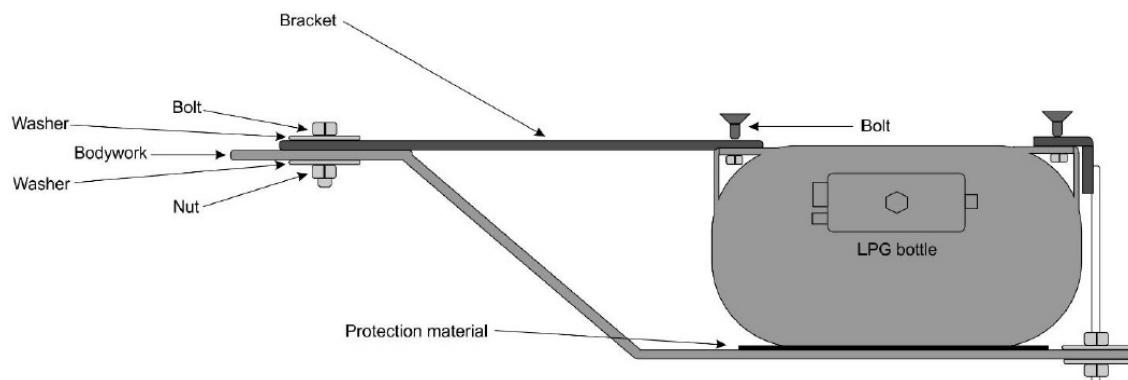


Ilustración 5.18 Fijación del depósito toroidal a la carrocería del vehículo.

5.2.2 Toma de carga desplazada y manguera al depósito

La toma de carga del GLP ha de ser instalada en el exterior de vehículo fijada a la carrocería, bien junto a la boca de llenado original de la gasolina, o bien en el paragolpes trasero. No se puede instalar en ninguna parte móvil del vehículo.



Ilustración 5.19 Boca de carga de GLP y boca original

La manguera de llenado, que conecta el depósito con la toma de carga, está hecha de tubo de goma reforzado, y debe prestarse especial atención en protegerla debidamente al hacerla pasar por la carrocería durante su instalación y posterior fijación.

Esta manguera debe fijarse mediante abrazaderas a partes fijas del vehículo y nunca a partes móviles como la suspensión. Asimismo evitaremos hacer curvas muy cerradas o pronunciadas.

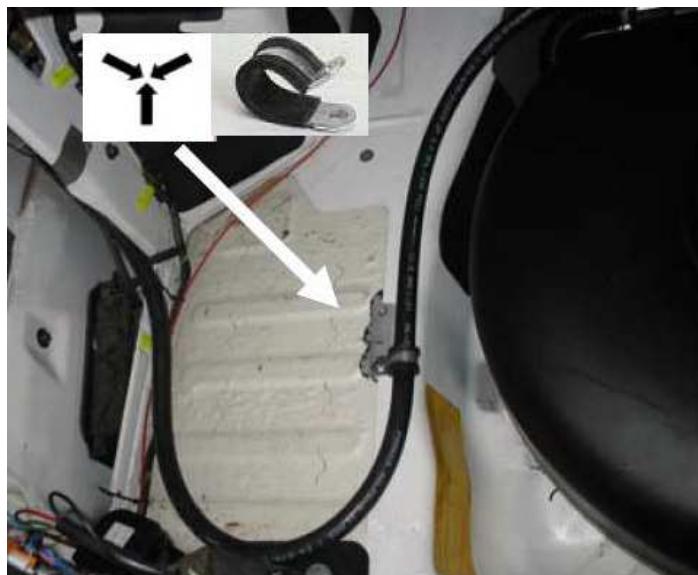


Ilustración 5.20 Fijación de la manguera a la carrocería.

Cuando pase cerca de la zona de una de las ruedas nos fijaremos exhaustivamente de que la rueda no pueda tocar en ninguno de los casos la manguera, ya este el vehículo en reposo o en circulación teniendo en cuenta los movimientos de extensión y compresión que realiza la suspensión y por tanto la rueda en su funcionamiento normal.

5.2.3 Manguera de alimentación al motor

La tubería que alimentación, que va desde el depósito hasta el compartimento del motor, discurre por los bajos del vehículo y puede estar hecha de cobre o de plástico. Habitualmente es la de plástico la que se utiliza, ya que permite más manejabilidad para



su instalación. Será obligatoriamente de una sola pieza, sin uniones ni empalmes, desde el depósito hasta la válvula de seguridad, que es el primer elemento que encontramos en la parte delantera del coche.

5.2.4 Instalación del Evaporador-Reductor

Para la instalación del evaporador en el vehículo deberemos de tener en cuenta las siguientes normas:

- Instalar el regulador de tal manera que sea accesible para su mantenimiento y ajuste.
- No instalar el regulador de presión directamente en el motor o en componentes situados en el motor.
- Instalar el regulador de presión con el lado de ajuste en la parte superior, a menos que se especifique lo contrario en la instalación manual.
- Quite todos los tapones de plástico de protección del regulador de presión.
- En algunos evaporadores las salidas del refrigerante se pueden girar para garantizar la correcta posición de las mangueras de refrigerante. Si no es posible girarlas habrá que prestas especial atención a la hora de su posición de montaje para evitar los puntos descritos más abajo referentes a las mangueras.
- Asegure las mangueras de refrigerante utilizando las abrazaderas suministradas.
- Los otros extremos de las mangueras de refrigerante que salen del evaporador están conectados en paralelo a las mangueras de calefacción por medio de piezas en T.
- Asegúrese de que no haya torceduras en las mangueras de refrigerante. El intercambio adecuado de calor es necesario para permitir el cambio de estado del Autogas.
- Instalar siempre que sea posible el regulador de presión por debajo del nivel de líquido más alto del sistema de refrigeración para evitar burbujas de aire y un correcto purgado del sistema. En nuestro vehículo en particular este apartado no fue posible cumplirlo por el escaso hueco existente en el vano motor, ya que el único alojamiento que podía dar cabida al evaporador se encontraba por encima del nivel más alto del sistema refrigerante.

- Una vez instalado se deberá comprobar el sistema dejando al motor funcionar en vacío para que todos los componentes lleguen a su temperatura de servicio y comprobar así cualquier eventual fuga de refrigerante.
- Cada vez que el sistema de enfriamiento se vacíe, debe ser llenado y purgado de acuerdo con las especificaciones de fábrica.
- Proteja la electroválvula y el evaporador después de su montaje con un revestimiento anti-corrosión de tipo espray.

5.2.5 Instalación de los tubos de agua

Es necesario tener mucho cuidado de que la conexión de los tubos de impulsión y de retorno del líquido sea correcta. El líquido caliente que proviene del motor debe entrar en el reductor a través de la tobera inferior. El retorno al radiador interno se producirá a través de la tobera superior.

La conexión al circuito refrigerante debe efectuarse en la parte del mismo antes del termostato de control de la temperatura del líquido refrigerante usando las conexiones en T suministradas en el kit.



Ilustración 5.21 Conexión de tubos de impulsión y retorno de refrigerante al circuito original del vehículo mediante piezas en T.

Los tubos de agua están fijados al reductor de presión con bridas de acero inoxidable de 16 mm. Las eventuales fugas de líquido de refrigerante antes reseñadas se solventan apretando estas bridas.

5.2.6 Instalación del filtro de gas

- Colocar la unidad de filtro tan cerca como sea posible a la rampa de inyección y no demasiado lejos del reductor. La máxima longitud del tubo entre el evaporador y el filtro es de 70 cm, mientras que entre el filtro y la rampa de inyectores debe ser de 50 cm.
- Evite que los tubos de gas pasen cerca de los puntos de conducción térmica para protegerlos del calor y evitar así que el gas se caliente innecesariamente.
- Montar los tubos de gas, como se muestra en la figura. El tubo de 14 mm en la entrada A procedente del reductor y el tubo también de 14 mm en la salida B que lleva el gas a la rampa. El filtro lleva serigrafiado en la cubierta el sentido correcto de paso del gas por su interior.
- La Unidad de filtro debe ser de fácil acceso para su mantenimiento, que se recomienda cada 30.000 km.

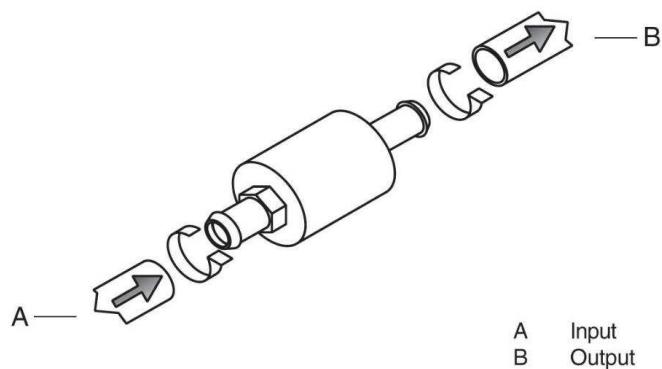


Ilustración 5.22 Sentido de circulación del filtro de gas

5.2.7 Instalación de la rampa de inyectores

Para la instalación de la rampa de inyectores tendremos en cuenta las siguientes indicaciones:

- La rampa de inyección tiene dos agujeros de métrica 6 mm para el anclaje montaje de la misma mediante el soporte proporcionado en el kit.
- Será necesario colocar tubos de conducción de gas de 6mm de Ø interior en la salida del inyector para conectar el inyector con la boquilla colocada en el colector de admisión. En el siguiente capítulo explicamos cómo se instalan las boquillas.
- Hay una estrecha correlación entre la ubicación de la rampa de inyección y las boquillas.
- Colocar la rampa de inyección cerca del colector de admisión de tal manera que los tubos de conexión sean lo más cortos posible y de manera que las boquillas puedan ser fácilmente conectadas sin dobleces.
- La distancia entre la rampa de inyección y el colector de admisión no debe ser de más de 18 cm.
- La diferencia de longitud entre los tubos no debe ser mayor de 4 cm.

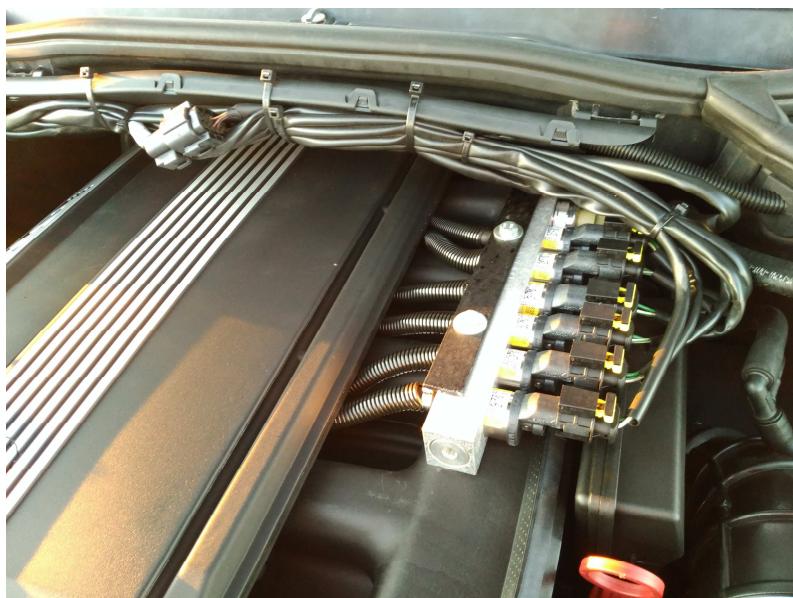


Ilustración 5.23 Detalle del montaje de la rampa de inyectores.



5.2.8 Instalación de las boquillas en el colector de admisión

Las boquillas van instaladas en cada una de las toberas del colector de admisión que van hacia la culata del motor y están conectadas con los inyectores mediante el tubo correspondiente.

Una correcta instalación de las boquillas es crucial para un buen funcionamiento del motor.

- Se aconseja siempre desmontar el colector de admisión antes de taladrarlo para hacer los orificios de las boquillas.
- Seguir las instrucciones que aparecen en la "tarjetas de vehículos", hacer los agujeros para la instalación de las boquillas en el colector. En caso de que no haya ningún manual específico para el vehículo a transformar, realizar los agujeros lo más cerca posible al inyector de gasolina.
- Marcar los puntos a ser perforados.
- Antes de hacer los orificios, perforar los puntos exactos donde se harán los agujeros.
- Aplique grasa a la punta de la broca con el fin de evitar la propagación de virutas, después perforar con una broca de 5 mm si el colector de succión está hecho de aleación de aluminio. Si el colector de admisión es de plástico, usar una broca de 4,8mm. Durante la perforación es importante mantener el taladro en posición lo más perpendicular posible respecto de la superficie a perforar.
- Pasar un macho roscado de rosca M6x1.
- Limpiar cuidadosamente el colector de admisión y retirar todas las virutas originadas durante el perforado.
- Tenga cuidado de no dañar las roscas apretando los accesorios
- Usar una gota de sellador de roscas al acoplar la boquilla para mejorar el sellado.

- Volver a montar el colector de admisión y utilizar juntas nuevas para el colector, y si es necesario, volver a montar todos los componentes desmontados durante la operación de desmontaje del colector.

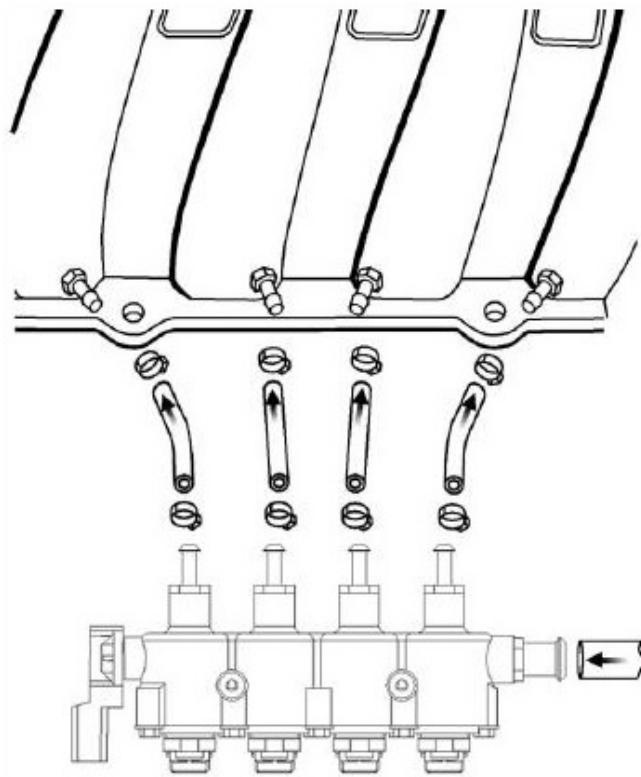


Ilustración 5.24 Montaje toberas en colector

5.2.9 Instalación de la ECU

La ECU es un elemento que contiene electrónica en su interior, por lo tanto deberemos instalarla en un lugar lo más protegido posible frente a vibraciones, para evitar malfuncionamientos.

También es importante mantenerla lo más alejada posible de elementos que generen calor (motor, escapes, radiador, etc) en caso de que se instale en el compartimento motor, incluso si se instala en el interior del vehículo (calefacción, etc), lejos de infiltraciones de agua (vierteaguas, drenaje del aire acondicionado, etc) y lejos de cables que puedan generar campos magnéticos elevados (bobinas y cableados de encendido).

Hemos de asegurarnos de que el conector multipolar de la misma pueda ser conectado y desconectado a posteriori de la instalación.

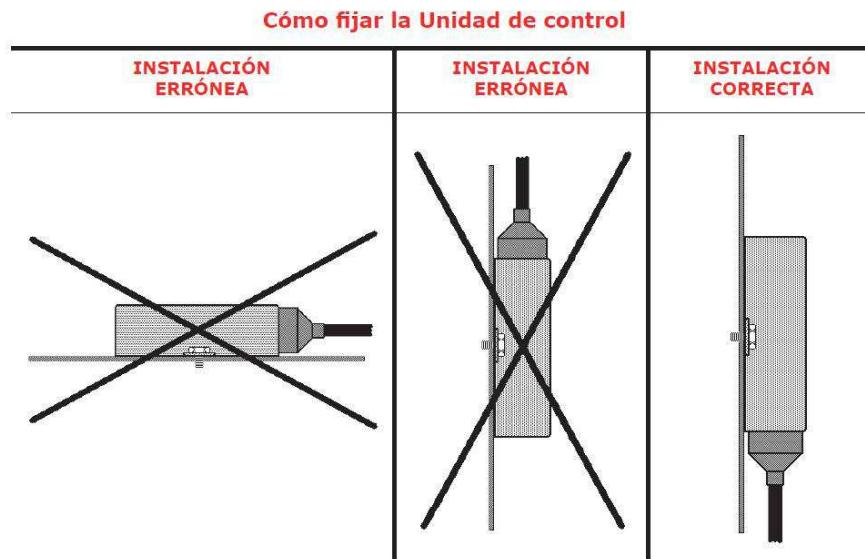


Ilustración 5.25 Posibilidades de montaje de la ECU

5.3 INSTALACION ELÉCTRICA:

Todos y cada uno de los elementos que hemos ido detallando en los capítulos 1 y 2 de este quinto apartado necesitan de una conexión eléctrica con la ECU ya sea porque son sensores que proporcionan información o porque sean actuadores que ejecutan las órdenes que la ECU va procesando.

Para ello en el kit de conversión se suministra un mazo de cables ya confeccionado y con las longitudes de cable adecuadas para cada vehículo, con los distintos ramales y conectores para llegar a cada elemento.

El conector principal y que más pines contiene es el que va conectado a la ECU, y el resto de conectores van a los distintos sensores y actuadores repartidos por el vehículo.

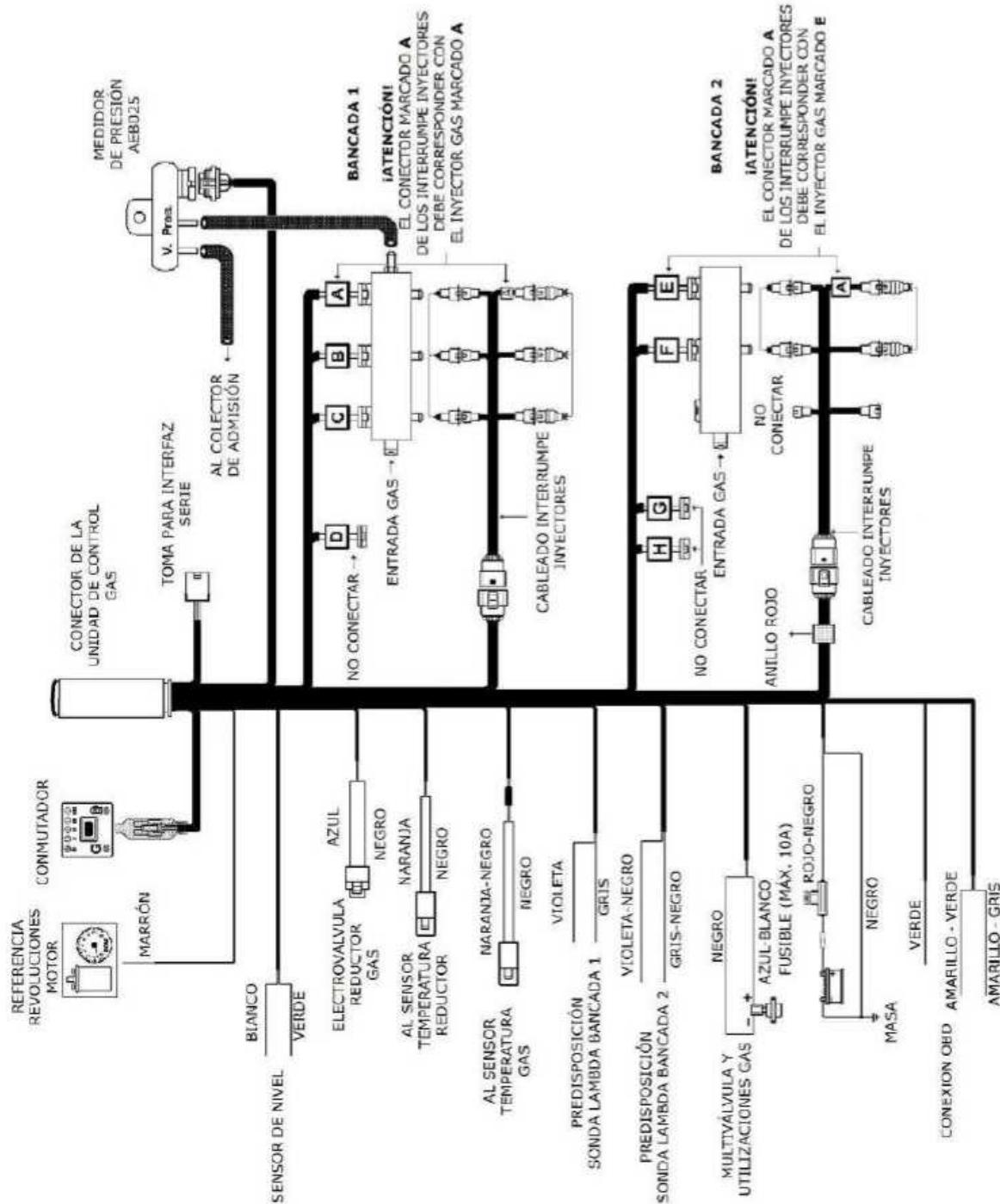


Ilustración 5.26 Cableado para instalación eléctrica de nuestro equipo de 6 inyectores.

Todos los conectores llevan una forma constructiva o codificación distinta para que no puedan conectarse erróneamente entre sí.

Además de los elementos conectorizados comentados, necesitamos proteger la instalación y adquirir una serie de señales del vehículo para que la ECU trabaje con esos datos y pueda realizar su cometido correctamente. Estas señales y dispositivos son los siguientes.

5.3.1 Instalación del fusible

El cableado contiene un fusible para proteger la instalación eléctrica frente a sobrecorrientes. Su emplazamiento idóneo es junto a la batería en un lugar accesible para su eventual sustitución. En nuestro vehículo debido a que la batería se encuentra alojada en el maletero, se ha instalado en el compartimento de motor junto a la ECU y la toma de diagnosis del sistema a gas. La conexión a batería (12VDC) se hace a un punto donde tengamos tensión después de accionar el contacto, para evitar consumos indeseados con el coche apagado.

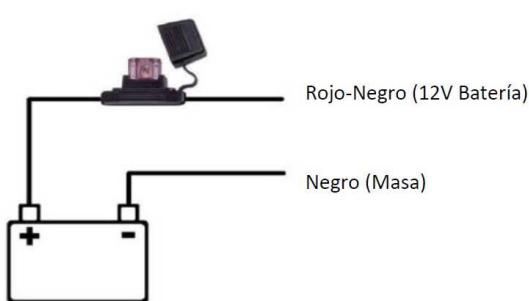


Ilustración 5.27 Conexión del fusible que protege la instalación.

5.3.2 Instalación de las señales de inyección de gasolina

Las principales señales que el sistema utiliza para el cálculo de la cantidad de GLP a inyectar en el vehículo son las que provienen de los inyectores de gasolina. Para ello

será necesario realizar algunas conexiones eléctricas sobre el cableado original de los inyectores de gasolina. Básicamente consiste en intercalar en serie la señal de la ECU para cada uno de los inyectores, de manera que sea la ECU de gas la que gobierne que inyectores han de funcionar, si de gasolina o de gas, dependiendo de la señal que reciba tanto del conmutador del salpicadero (por requerimiento del conductor) como del resto de sensores y señales del sistema.

Esquema de conexión para automóviles con 4 cilindros

iATENCIÓN!

Respetar la secuencia de las conexiones, los hilos **AZUL** y **AZUL-NEGRO** se deben corresponder con el inyector gas marcado A, los otros a continuación como en la figura.

LOS HILOS A INTERRUMPIR SON LOS NEGATIVOS INYECTORES.

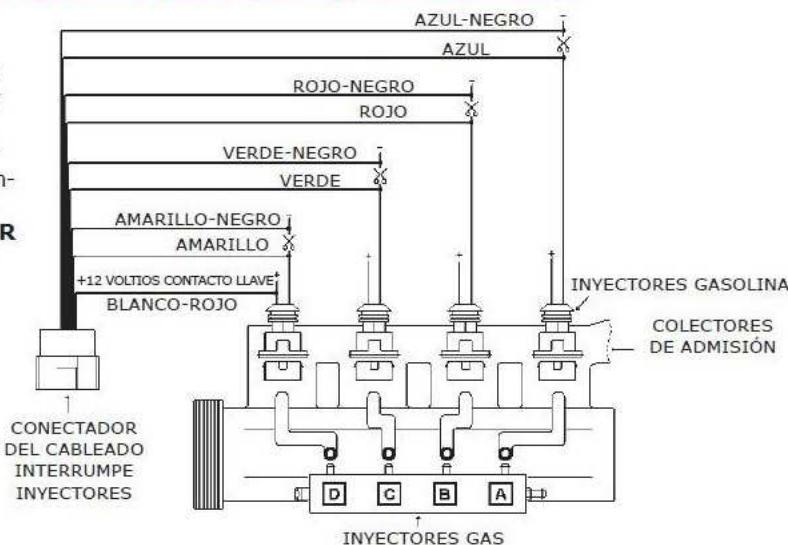


Ilustración 5.28 Diagrama de conexión en los inyectores de gasolina en un 4 cilindros

Los más importante a la hora de hacer las conexiones de interrupción de los inyectores de gasolina es hacerlo en el orden correcto y hacer corresponder cada inyector de gas con la señal del inyector de gasolina correspondiente a cada cilindro. Si este paso no se efectúa correctamente se producirían graves en el funcionamiento del sistema.

En motores de 6 cilindros como el que nos ocupa, se aconseja tomar el motor como si se tratara de dos motores separados de 3 cilindros, para minimizar el riesgo de errores y hacer más fácil y ordenado el trabajo.

5.3.3 Instalación de la señal de velocidad del motor (RPM)

Para obtener en todo momento la información del estado de las revoluciones del motor y que así la ECU calcule correctamente los tiempos de inyección de los inyectores de gas, tendremos que unir el cable marrón de nuestro mazo de cables a sistema de encendido del motor.

Esta señal junto con el tiempo de inyección de gasolina son las 2 señales más importantes para que la ECU pueda convertir los tiempos de inyección de gasolina en tiempos de inyección de gas. Además nos sirve para controlar si el motor funciona o está parado.

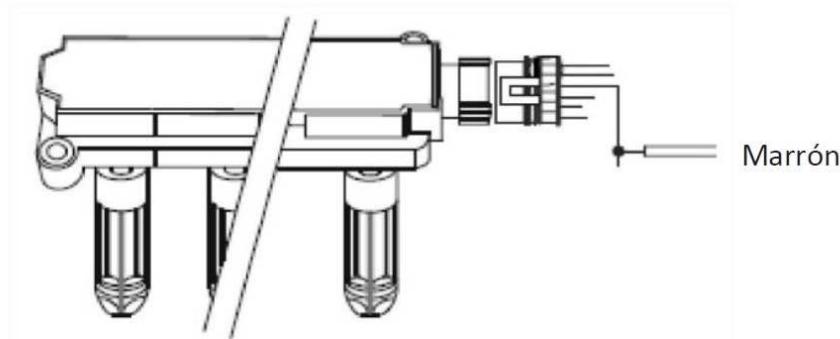


Ilustración 5.29 Conexión de RPM a sistema de encendido.

5.3.4 Instalación de la señal de sondas lambdas

La señal de las sondas lambda originales del vehículo también son necesarias para poder hacer una buena calibración de la combustión cuando se utiliza el gas.

Es por tanto necesario recoger esa señal, que en nuestro caso por tratarse de un motor de 6 cilindros serán dos señales ya que hay una sonda lambda por cada grupo de 3 cilindros, lo que viene denominándose bancada. Aquí vemos como la consideración que teníamos en cuenta en el apartado 5.3.2 de tomar el motor como 2 motores de 3 cilindros cada uno ya es usada por los fabricantes de automóviles en las configuraciones de sus motores de gasolina de 6 o más cilindros.

El cable de color violeta irá conectado al correspondiente cable de señal de la sonda lambda de la bancada 1, que se corresponde con los cilindros 1,2 y 3.

El cable de color violeta-negro ha de conectarse al cable de señal de la sonda lambda de la bancada 2, que se corresponde con los cilindros 4,5 y 6.

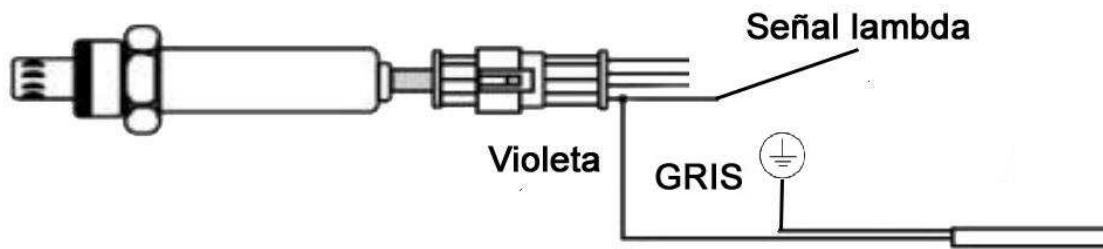


Ilustración 5.30 Conexión a señal de sonda lambda en bancada 1.

5.4 MODO DE FUNCIONAMIENTO:

5.4.1 Generalidades

El sistema de inyección secuencial utilizado en nuestra conversión forma parte de los equipos de última generación de sistemas de conversión de gasolina a GLP que se encuentran en el mercado.

Todo el funcionamiento del sistema está basado en la adquisición de las señales de los sensores sistema de gas, para que con esta información y la proveniente de las señales que originalmente envía la ECU de gasolina a los inyectores de gasolina, poder emular en la ECU de gas el funcionamiento de los inyectores de gas. Ello significa que la ECU original del vehículo sigue gobernando el control y gestión del motor y la ECU de gas se encarga de convertir las órdenes que llegan a los inyectores de gasolina (generadas por la ECU original) en oportunas órdenes para los inyectores de gas.

No podría ser de otra manera, pues el motor aparte del sistema de inyección de gasolina lleva otra multitud de sensores para gobernar otros tantos sistemas de control/gestión/confort que han de seguir funcionando correctamente.

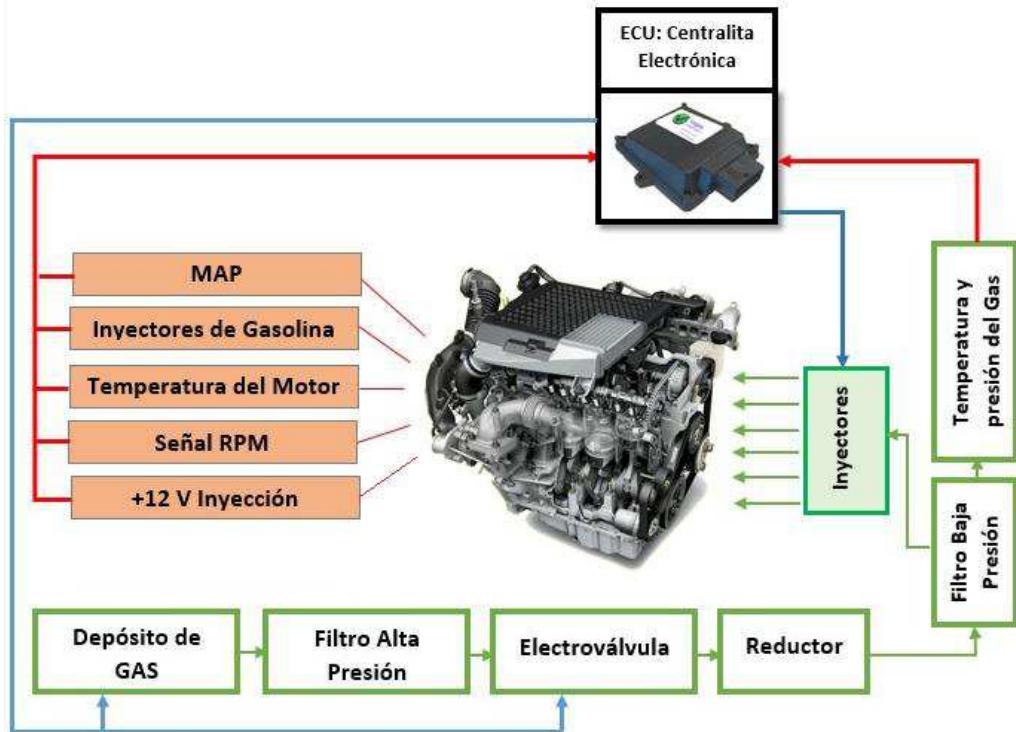


Ilustración 5.31 Esquema de adquisición de señales

Este tipo de funcionamiento permite la mínima invasión a la instalación original de gasolina, para así asegurar el perfecto desarrollo del resto de funciones principales y secundarias que en un vehículo se desarrollan (corte de inyección por sobre revoluciones, control de EGR, climatización, dirección asistida, etc).

La conversión de los tiempos de inyección de gasolina en tiempos para inyección de gas se realiza como hemos comentado a partir de los datos recogidos de los sensores, además claro de los tiempos de inyección de gasolina:

- Presión de gas en la rampa de inyectores
- Temperatura del gas
- Temperatura del refrigerante del motor
- Revoluciones del motor (RPM)
- Sonda o sondas lambda
- Tensión de la batería

Una vez la ECU posee todos estos parámetros puede actuar realizando la inyección del gas a través del inyector de gas en el mismo cilindro en el que se estaría realizando originalmente.

5.4.2 Puesta en marcha y funcionamiento

La puesta en marcha del vehículo objeto de nuestro estudio se realiza siempre en modo gasolina, por lo que se requiere una cantidad de combustible gasolina en el depósito que no sea nunca inferior a una cuarta parte del depósito y a poder ser se encuentre de mitad hacia el límite superior. No todos los vehículos realizan la puesta en marcha de la misma manera, aunque esta suele ser la más común. Existen coches más modernos que permiten, por ser inyección directa, el arranque directamente con gas. Otros fabricantes de equipos, dependiendo de vehículo y tecnología de inyección, tienen un modo de emergencia en el que permiten la puesta en marcha directamente en gas, pero únicamente como emergencia para acudir rápidamente al taller y subsanar la avería.

Una vez el vehículo está en funcionamiento y el commutador en la posición de funcionamiento con gas, la ECU controla la temperatura del refrigerante para chequear que se ha llegado a la temperatura mínima en la que puede comenzar a efectuarse el intercambio térmico necesario en el reductor. Cuando esta temperatura en el reductor alcanza los 40°C, aproximadamente, es cuando el sistema está listo para comenzar a funcionar en gas. Partiendo del reposo con el vehículo frío esta temperatura se alcanza rápidamente, en el caso concreto de nuestro vehículo entre 90 y 120 segundos.



Ilustración 5.32 Sensor de T^a intercalado en tubería de refrigerante.



Si por contra el vehículo ya se encuentra a temperatura de servicio, la conmutación al modo gas es casi inmediata, en cuestión de 4 ó 5 segundos.

En el momento que el sistema comuta lo primero que ocurre es que las electroválvulas se abren para dar paso al gas y que circule por todo el circuito, y acto seguido los inyectores de gasolina dejan de funcionar de manera escalonada, a la par que comienzan a inyectar de la misma manera escalonada y en el mismo orden de cilindros, los inyectores de gas. Si la conexión/desconexión de los inyectores se produjera en el mismo instante para todos ellos, se producirían molestos problemas de encendido y se vería mermada la suavidad de marcha que caracteriza estos modernos sistemas de conversión.

Gracias al proceso de calibración que se sigue después de la instalación de todos los componentes, se obtiene el mapa de inyección de gas que la ECU de gas ejecutará para controlar los tiempos de inyección de cada uno de los inyectores de gas.

Además de dichos tiempos de inyección de gas, la ECU se encargara de gobernar otras funciones, como el nivel del carburante, la apertura de válvulas, la seguridad del circuito, el retorno al funcionamiento con gasolina en caso de que se agote el GLP, etc.

5.4.3 Rutinas de mantenimiento

Para el correcto funcionamiento y preservación del sistema, es necesario seguir unas sencillas pautas de mantenimiento, similares a las que se siguen en los vehículos convencionales.

Estas pasan por realizar inspecciones cada cierto número de kilómetros recorridos en modo gas. Para ello contamos con herramientas de diagnosis para evaluar los distintos errores que pudieran producirse, conectando mediante un interface nuestro PC al puerto de diagnosis de la ECU, que almacena y registra para su posterior revisión cualquier anomalía producida en el conjunto de elementos del sistema de conversión a GLP.



Ilustración 5.33 Captura del software de diagnosis.

Una vez comprobados los errores se procederá a subsanarlos para después borrar la memoria de la ECU y ejecutar de nuevo la diagnosis para una última verificación de que el error no se encuentra de nuevo en memoria.



Ilustración 5.34 Interface de PC para diagnosis.

A parte de la herramienta informática, contamos con la necesidad de realizar inspecciones visuales para chequear desgastes y posibles daños en los siguientes elementos:



- Fugas en el depósito
- Fugas y daños en manguera de llenado del depósito
- Fugas y daños en manguera de alimentación de gas al motor
- Unión del depósito con el vehículo
- Enganches y soportes de componentes y tuberías en bajos del vehículo
- Fugas y daños en las mangas del circuito de refrigeración
- Desgaste en general de todas las tuberías ya sean de gas o de refrigerante
- Conexiones eléctricas de todo el sistema (cableado, conectores, etc)

Además de las inspecciones visuales descritas, hay elementos del sistema que necesitan ser sustituidos cada cierto intervalo de tiempo. Nos estamos refiriendo a los filtros, tanto el de fase líquida (ya instalado como ya comentamos en la electroválvula) como al de fase gaseosa. Ambos han de ser sustituidos a los 20.000 km la primera vez, y cada 30.000 km en las sucesivas inspecciones de mantenimiento. Existen sets de recambio donde se suministran ambos filtros.

Por último, otra operación que deberemos efectuar es la comprobación y ajuste en caso necesario de la presión del sistema cada vez que se realiza el cambio de filtros. Un filtro obstruido produce una disminución de la presión efectiva del sistema. Ello se realiza con software de configuración y diagnosis y el interfaz a PC. La presión se de funcionamiento correcta se encuentra entre 0,95 bar y 1,20 bar (dependiendo del equipo y el vehículo).

5.4.4 Recomendaciones

Existen en el mercado bujías específicas para cada vehículo para funcionar con combustible GLP. Se recomienda su uso para que la combustión del GLP sea totalmente satisfactoria, pero no es indispensable para el funcionamiento del sistema. De hecho, lo más habitual en el mercado es que el coche circule con las bujías recomendadas para gasolina.

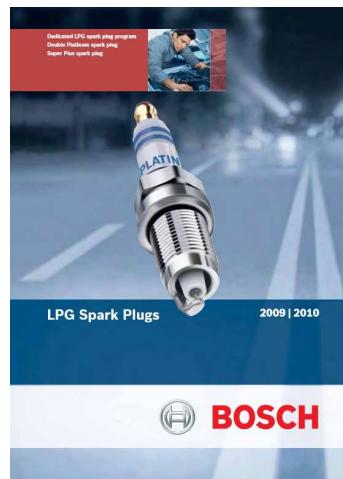


Ilustración 5.35 Portada del catálogo de bujías BOSCH específicas para GLP.

De cualquier manera, se recomienda la sustitución de las mismas cada 20.000 km , así como un chequeo de los gases de escape con el analizador de combustión en un taller.

Otro aspecto que se recomienda tener en cuenta es el hecho de que cuando se instala en la conversión un depósito toroidal en el lugar que ocupaba la rueda de repuesto es aconsejable hacerse con un kit antipinchazos que podemos encontrar por poco dinero en cualquier tienda de accesorios de automóvil.



Ilustración 5.36 Kit de reparación de pinchazos.



5.5 NORMATIVA y SEGURIDAD

La normativa concerniente a la adaptación de estos sistemas en vehículos atañe a las siguientes partes implicadas:

- Vehículos: como ya comentamos en otro apartado del proyecto técnicamente cualquier vehículo que funcione con gasolina puede ser adaptado para usar GLP. No obstante en España existe una reglamentación más estricta que en el resto de Europa, por lo que se exige que el vehículo a transformar ha de estar incluido (tipo de motor y tipo de vehículo) dentro de una homologación denominada R115. Cada fabricante de equipos de GLP tiene sus propias homologaciones R115. A rasgos generales, se pueden homologar vehículos que hayan sido fabricados del año 2000 en adelante puesto que cumplían la normativa de emisiones Euro 3, pero lo aconsejable es consultar al fabricante del equipo con los datos de nuestro vehículo antes de encargar cualquier modificación.
- Equipo de gas e instalación en el vehículo: todos y cada uno de los componentes del kit que hemos desarrollado en este proyecto han de cumplir y tener visible para su comprobación cuando se le requiera la identificación de que cumplen con la normativa europea ECE-ONU 67R01.
- ITV: como paso final de la instalación se ha de pasar una inspección técnica de vehículos para homologar la reforma y que conste en la ficha técnica del vehículo. Para ello hay que presentar 2 certificados junto con el vehículo transformado, y son un certificado de un laboratorio acreditado de vehículos (como en nuestro caso el de IDIADA) y el certificado de montaje expedido por el taller encargado de instalar los componentes del kit. Si la inspección es favorable la estación ITV procederá a anotar la reforma en la ficha técnica del vehículo.
- Talleres: actualmente el único requisito que se le exige a los talleres autorizados es que presenten un certificado expedido por el fabricante del equipo de gas donde se avale que han recibido la formación adecuada para realizar el montaje del equipo de gas. Este certificado también habrá de presentarse en la ITV.



Indicar que esta reglamentación era la válida hasta el 2 de Enero de 2013. En estos momentos la normativa ha variado en algún aspecto en cuanto a que son otro tipo de documentos similares los que se exigen.



Ilustración 5.37 Anotación en ficha técnica de reforma de sistema de conversión de GLP

En lo concerniente a la seguridad de los equipos que se instalan en este tipo de adaptaciones de vehículos, se han realizado ensayos por entidades ajenas a los fabricantes de automóviles y de los equipos de transformación, y podemos concluir que son equipos totalmente seguros y que cumplen las normativas de seguridad. Fueron efectuados por el RACE y ADAC

Concretamente se efectuaron pruebas de choque y de incendio, donde el resultado respectivamente es que el depósito y sus accesorios no resultan afectados por el choque y que en la posterior prueba de incendio el kit de conversión de Autogas resiste sin representar riesgos adicionales para los pasajeros y además el depósito en ningún caso explota.

En el anexo II del apartado Anexos encontramos el informe completo de estos ensayos.



6. ASPECTOS ECONÓMICOS

A continuación explicaremos los distintos aspectos económicos que caracterizan nuestra conversión, para ello elaboraremos un presupuesto de la instalación llevada a cabo en el vehículo, haremos un pequeño calculo para obtener el plazo de amortización de nuestra inversión, y por ultimo hablaremos de las posibles subvenciones a las que podríamos acogernos.

6.1 PRESUPUESTO

Básicamente el coste de la conversión consta de tres partidas:

- El kit de conversión, que está formado por los distintos elementos descritos en la memoria de este proyecto, y que los fabricantes de equipos suministran en forma de conjunto con toda la aparamenta necesaria para su montaje.
- Mano de obra, que es proporcionada por el taller autorizado encargado del montaje del kit de conversión.
- Tasas de homologación de la reforma en una ITV.

Las dos primeras partidas son suministradas por el taller autorizado ya que la normativa como hemos explicado exige que la conversión se realice en un taller que cumpla ciertos requisitos.

El trámite de la tercera partida, que consiste en desplazarse a la ITV con el vehículo y pasar una inspección para homologar la reforma, la puede realizar el propietario del vehículo ya que es muy similar a una inspección periódica, pero habitualmente también es un servicio que ofrece el mismo taller que realiza la conversión.

En mi caso personal opté por desplazarme a la ITV en persona y conocer un poco más a fondo los entresijos de la homologación de un equipo de esta características en un vehículo particular.

Vamos a valorar las distintas partidas:



DESCRIPCIÓN	COSTE
Kit de conversión GLP 6 cilindros incluido montaje y prueba de funcionamiento	2.300 €
Tasa de reforma en ITV	50 €
Total:	2.350 €

Ilustración 6.1 Tabla de costes

El plazo de entrega del vehículo con la conversión ya instalada y totalmente funcional es de aproximadamente 3 jornadas completas de trabajo, una vez que se disponga del kit de conversión en el taller para su montaje. Los kits tienen un plazo de entrega desde el proveedor de aproximadamente 1 semana desde que se hace el pedido.

El coste de la conversión está relacionado directamente con el tipo de vehículo y motor a convertir. Lo más abundante en el mercado son motores de 4 cilindros y potencias comprendidas entre 80 y 125cv. Pero como ocurre en nuestro caso también existen vehículos de mayor cilindrada y potencia específica por cilindro, que requieren de componentes del kit de especificaciones superiores y por tanto de menor disponibilidad, por lo que el plazo de entrega del kit de conversión pudiera demorarse.

6.2 PLAZO DE AMORTIZACIÓN

Como es lógico, a mayor numero de cilindros o componentes de superiores especificaciones mayor es el precio final de la inversión. A favor de estos motores de mayor cilindrada y potencia juega el papel del consumo, ya que para el mismo número de kilómetros recorridos menor será el plazo de amortización debido a su mayor gasto en litros de combustible por cada 100km recorridos.

Veamos una tabla para el cálculo del plazo de amortización:



CALCULE CUANTO PUEDE AHORRAR SI SE PASA A AUTOGAS



Uso de la calculadora

Comparativa Carburantes

Los precios y consumos incorporados son genéricos y muestran la proporción que suele existir entre ellos

Si conoce el precio de los carburantes en su Estación de servicio, rellene las celdas de la columna C

en amarillo en amarillo

Si conoce el consumo de su vehículo de Gasóleo (GOA), Gasolina (GNA) y GLP, rellene las celdas

de la fila 16, dependiendo si su coche es gasolina o diesel.

		Fecha:		Localidad:		GOA		GLP		ratio GLP vs GOA		AHORRO GLP vs GOA		AHORRO GLP vs GNA						
MARCA	MODELO	l/100km	€/100km	l/100km	€/100km	l/100km	€/100km	ratio GLP vs GOA	ratio GLP vs GNA	1 km	80.000 km	200.000 km	500.000 km	1 km	80.000 km	200.000 km	500.000 km	6.000 km	20.000 km	40.000 km
BMW	E46 330Ci	11,00	14,454 €	8,00	9,936 €	13,00	8,970 €	1,63	1,18	0,0097 €	773 €	1,932 €	4,830 €	0,0548 €	4,387 €	10,958 €	27,420 €	329 €	1,097 €	2,194 €
								% AHORRO USANDO GLP		10,77% frente al Gasóleo		61,14% frente a Gasolina								

Ilustración 6.2 Tabla de ahorro y amortización



Los cálculos han sido realizados a fecha 15 de Junio de 2015 tomando como base los precios de una gasolinera del grupo Repsol de Zaragoza capital. En ella hemos introducido los costes de 3 carburantes: GLP, gasolina (GNA) y gasóleo (GOA). Los valores de consumo son los del vehículo de gasolina transformado y los de su homólogo en diesel, modelo BMW E46 330Cd Automático.

Vemos que la diferencia en el precio por cada 100km recorridos es muy grande con respecto a la gasolina, y sensiblemente a favor del GLP con respecto al diesel. Para un desplazamiento medio de unos 25.000 kilómetros al año que venimos realizando, nos sale un plazo de amortización inferior a los 2 años. Un plazo muy asumible y que determina rápidamente la acción a tomar económico hablando.

6.3 SUBVENCIONES

En este tipo de conversiones de vehículos a bi-fuel existe, dependiendo de la comunidad autónoma en la que realicemos la conversión, diversidad de opciones para acogerse a distintas ayudas que ofrece la administración.

Así existen comunidades que bonifican este tipo de conversiones en vehículos que utilizan gasolina (como es nuestro caso), así como en la adquisición de vehículos nuevos en concesionario. El requisito necesario para poder acogerse a ellas es que el vehículo, ya sea nuevo o usado, no supere un nivel de emisiones de CO₂ en gr/km fijado por la administración. Lamentablemente al tratarse de un vehículo de alta cilindrada este nivel de emisiones era superado, por lo que no fue posible poder acogerse a ninguna de estas ayudas.

También existen otro tipo de ayudas de la administración, y otra vez dependiendo de la comunidad en la que nos encontremos, relacionadas con bonificaciones en el impuesto de circulación, que pueden suponer hasta un 50% de ahorro en los primeros 4 años después de la compra de nuevo o transformación del vehículo. Para estar al tanto de todas estas cuestiones será necesario consultar la reglamentación y boletines oficiales de cada comunidad.



Sin embargo, también existen entidades no dependientes de la administración, como Repsol, que tienen lógicamente interés en la expansión de este tipo de carburantes más ecológicos como el GLP, y que han venido subvencionando tanto a colectivos (como el de los taxistas) como a particulares, entregando distintos tipos de bonos de descuento para el repostaje de carburante Autogas en sus estaciones de servicio. Dichos bonos podían ir desde los 150€ en cheques de carburante con que se obsequiaba a particulares, hasta los 1000€ de descuento en el mismo tipo de cheques que se dieron a determinado número de taxistas.



7. CONCLUSIONES

Después de la instalación del kit de conversión en el vehículo particular de uso diario, y de haber participado en todo el proceso relacionado con el mismo, desde el montaje hasta la homologación, puedo concluir las siguientes observaciones:

- El rendimiento mecánico del coche no se ha visto mermado en ningún caso
- El funcionamiento del mismo es, después de casi 4 años desde su conversión, excelente y exento de problemas producidos por la conversión.
- El ahorro económico por cada 100km recorridos en comparación con la gasolina es altamente satisfactorio.
- La red de abastecimiento, que era quizá el punto en contra más importante cuando se comenzó con este proyecto, es cada día más amplia y crece a un ritmo muy favorable.
- El rápido retorno de la inversión y las ayudas que ofrecen algunas administraciones hacen de la opción de el GLP una muy buena alternativa al auge por los combustibles alternativos.



8. BIBLIOGRAFIA

En la elaboración de este proyecto se ha utilizado información extraída de las siguientes páginas web:

www.repsol.es

www.cepsa.com

www.aoglp.com

www.race.es

www.ferrosite.net

www.brc.it/es/

www.bosch.es

www.vogelsautogas.es

www.bmw.es

www.km77.com



9. ANEXOS

Anexo I - Certificado del laboratorio de vehículos acreditado



IDIADA

L'Albornar - Apartado de Correos 20
E - 43710 Santa Oliva (Tarragona)
España

Tel. +34 977 166000
Fax +34 977 166007
e-mail: idiada@idiada.com

Página / Page 1/2

INFORME / REPORT N° CV12030148

RELATIVO A LA TRAMITACION DE REFORMAS DE VEHÍCULOS SEGÚN EL R.D. 866/2010

Los abajo firmantes expresamente autorizados por el Servicio Técnico de IDIADA
INFORMAN

Que el vehículo:

Marca : BMW
Tipo : 346C
Variante : BN51
Denominación comercial : 3ER REIHE
Contraseña de homologación (*) : e1*98/14*0112*05
Matrícula : 9092 CPV
Y con número de bastidor : WBABN51060JT83035

es técnicamente apto para ser sometido a la(s) reforma(s) consistente(s) en:

Instalación de un sistema de suministro de GLP al motor que permite que el motor funcione con gasolina o GLP. La instalación del sistema incrementa la tara en 50 kg.

Tipificada/s con el/los Código de Reforma/s: 2.2, 2.7

Especificaciones técnicas o reglamentarias:

Ver Anexo a este informe.

Contraseña de homologación o número de informe que avale el cumplimiento de la reglamentación aplicable afectada por las transformaciones realizadas en el vehículo.

Ver Anexo a este informe.

El vehículo reformado cumple con los actos reglamentarios que son de aplicación a las reformas tipificadas en el anexo I del RD 866/2010 y en el manual de reformas de vehículos y es conforme con las condiciones exigibles de seguridad y de protección al medio ambiente.

Y para que así conste, a los efectos oportunos, firmamos la presente en L'Albornar, Santa Oliva (Tarragona), a 19/03/2012.

(*) Si el vehículo no dispone de contraseña se rellenará este campo con N.P.

Realizado/ Performed by

José Burgos Rodríguez

Ingeniero de ensayos/Test engineer

V. Bº/ Revised by:

Ignacio Lafuente Bull

Jefe de Departamento/Department Manager

IDIADA

Expt. CV12030148

- * LOS RESULTADOS PRESENTADOS SE REFIEREN UNICAMENTE A LA MUESTRA ENSAYADA.
THE PRESENTED RESULTS REFER ONLY TO THE TESTED SAMPLE
* QUEDA TERMINANTEMENTE PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME SIN PERMISO EXPRESO DE IDIADA
THE PARTIAL REPRODUCTION OF THIS REPORT WITHOUT THE PERMISSION OF IDIADA IS COMPLETELY FORBIDDEN
IDIADA Automotive Technology, S.A. NIF A43581610



Página / Page 2/2

ANEXO AL INFORME N° CV12030148

Contraseña de homologación o número de informe que avale el cumplimiento de la reglamentación aplicable afectada por las transformaciones realizadas en el vehículo.

Reglamentación aplicable	Contraseña de homologación o informe que avala su cumplimiento.
Nivel Sonoro admisible	70/157 CEE
Emisiones	70/220 CEE
Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/acceso a la información	R (CE) 715/2007
Depósitos de combustible / dispositivos de protección trasera	70/221 CEE
Frenado	71/320 CEE
Parásitos radioeléctricos (Compatibilidad electromagnética)	72/245 CEE
Emisiones diesel	88/77 CEE
Emisiones (Euro 4 y 5) vehículos pesados	R (CE) 595/2009E
Masas y dimensiones (automóviles)	92/21 CEE
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27 CEE
Vehículos eléctricos a batería	R 100.00 ECE
Equipos especiales para GLP	R 67.01 ECE
Equipos especiales para GNC	R 110.00 ECE
Sistemas especiales de adaptación al GLP o GNC	R 115.00 ECE
Protecciones laterales	89/297 CEE

El sistema de GLP tiene entre otros los siguientes componentes

Elemento	Marca	Tipo	Homologación
Gasificador	BRG	GENIUS	E13 67R01 0016
Unidad Elect. Contr.	BRG	FLY SF	E3 67R01 1002
Depósito (60l) (630x250)	STAKO	TÓRICO	E20 67R01 0454
Canalizaciones flexibles	PARKER	POLIFLEX / AUTO GAS	E11 67R01 0011
Multiválvula	BRG	MV EUROPA 2	E13 67R01 0004
Válvula	BRG	ET98 WP	E13 67R01 0015

Lugar: L'Albornar (Santa Oliva)
Fecha: 19/03/2012

Jose Burgos Rodriguez
Ingeniero de ensayos/Test engineer

IDIADA

Exp.n.: CV12030148

* LOS RESULTADOS PRESENTADOS SE REFIEREN UNICAMENTE A LA MUESTRA ENSAYADA
THE PRESENTED RESULTS REFER ONLY TO THE TESTED SAMPLE
* QUEDA TERMINANTEMENTE PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE INFORME SIN PERMISO EXPRESO DE IDIADA
THE PARTIAL REPRODUCTION OF THIS REPORT WITHOUT THE PERMISSION OF IDIADA IS COMPLETELY FORBIDDEN

IDIADA Automotive Technology, S.A. N.I.F. A43581610



Anexo II - Informe de seguridad del RACE



Informe RACE



Autogas,
una alternativa a los carburantes
tradicionales

5. Pruebas de seguridad

Aparte de las dudas sobre el nivel de desarrollo, la fiabilidad y el consumo de Autogas, también puede haber dudas sobre la seguridad de estos vehículos, al no existir suficiente información sobre ellos.

¿Hasta qué punto será seguro un sistema de Autogas en caso de accidente?

¿Qué ocurrirá si una conversión a Autogas se incendia?

No existen pruebas independientes al respecto, por lo que diseñamos una prueba de choque y una prueba de incendio para obtener la información necesaria y aclarar estos temas.

Deseábamos que el fabricante de los sistemas, así como el modelo y la antigüedad del vehículo, fuesen representativos de una conversión típica. Además, deseábamos que la conversión se homologase de acuerdo con la norma ECE-R115.

Para nuestras pruebas, seleccionamos un Opel Astra Enjoy Caravan de ocasión, cuya primera matriculación fue en diciembre de 2004, con un kilometraje aproximado de 89,000 km, reequipado con un sistema de Autogas.

5.1. Prueba de choque

La prueba se realizó de conformidad con la norma US FMVSS 301, utilizada para evaluar la integridad del depósito de carburante en vehículos normales de gasolina o diésel. La figura 3 muestra la disposición esquemática de prueba.

En la prueba en la que participó el RACE, un Opel Kadett, de 1360 kg de peso, chocó a 60 k.p.h. con un 70 % de superposición contra un Astra de Autogas estacionado (véase la Figura 2). Esta es la constelación típica en colisiones traseras, p. ej., en el extremo final de un atasco en la circulación, cuando el conductor del vehículo impactante intenta tardíamente girar hacia la izquierda.

En esta disposición de prueba, el carril derecho del Kadett impactante apunta más o menos hacia el centro de la parte posterior del Astra estacionado. Esta sección de la parte trasera del vehículo es relativamente blanda y los carriles laterales del chasis pasan a ambos lados del alojamiento de la rueda de recambio. También está en esta sección el depósito de Autogas reequipado, que absorberá una gran cantidad de la energía de choque de la prueba.

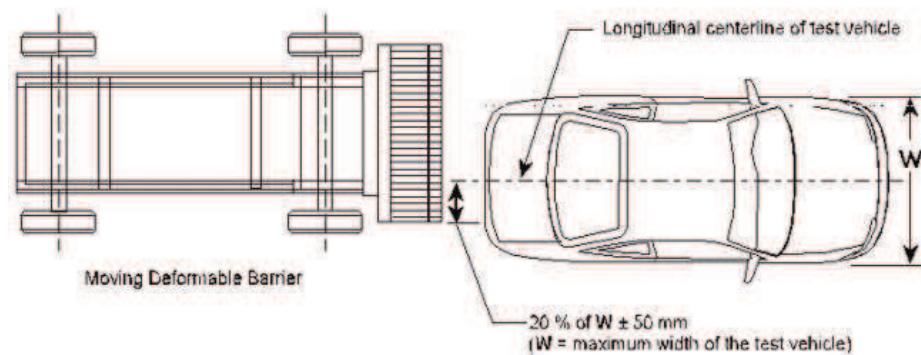


Figura 1: disposición esquemática de prueba de conformidad con la FMVSS 301.



Figura 2: posición de los vehículos antes de la prueba. El depósito de Autogas lleva marcas en color amarillo.

Nuestro objetivo primario consistió en evaluar la integridad del depósito de Autogas. También instalamos maniquíes sin instrumentos en los asientos delanteros.

Para fines de documentación y evaluación, se registraron los siguientes datos del Astra de Autogas:

- Aceleración del vehículo en el extremo trasero de los carriles laterales (máx. 31,6 g) y aceleración del depósito de Autogas (máx. 63,6 g). La Figura 3 muestra la curva de aceleración del depósito de Autogas:

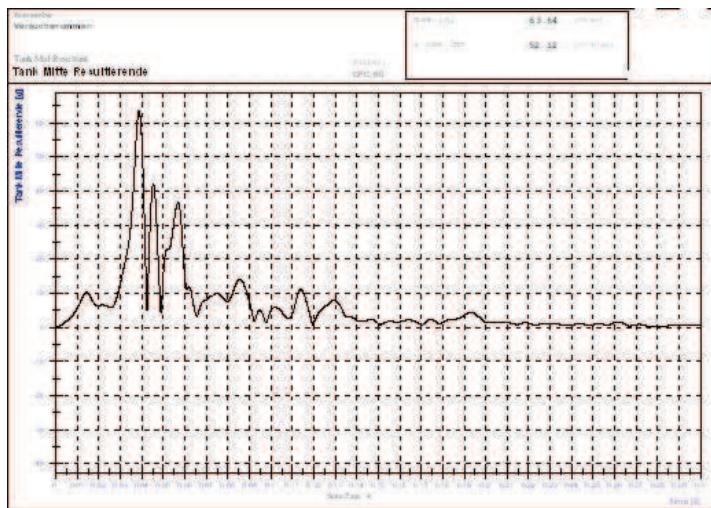


Figura 3: aceleración del depósito de Autogas.

- Las coordenadas en 3D de varios puntos del maletero y el depósito de Autogas (antes y después del choque):

A primera vista, la deformación en la parte trasera del Astra parece relativamente insignificante (véase la figura 6). Uno de los factores responsables fue la rigidez extraordinaria que el depósito de Autogas en el alojamiento de la rueda de recambio confiere a la estructura trasera. El depósito transfiere la carga del impacto a la estructura delantera de la cabina y no sufre ninguna deformación en sí.

Si se realiza una inspección más precisa, se observará un alabeo pronunciado en la columna C izquierda (véase la Figura 5). Es decir que todo el lado izquierdo del vehículo ha resultado afectado ligeramente, dando lugar a que los huelgos en el panel de la carrocería se reduzcan a cero y el portón trasero se atasque impidiendo la apertura manual.

La medición posterior al choque revela que el lado izquierdo del maletero del Astra se ha movido unos 35 mm hacia delante. Además, la parte trasera se hundió unos 3,5°.

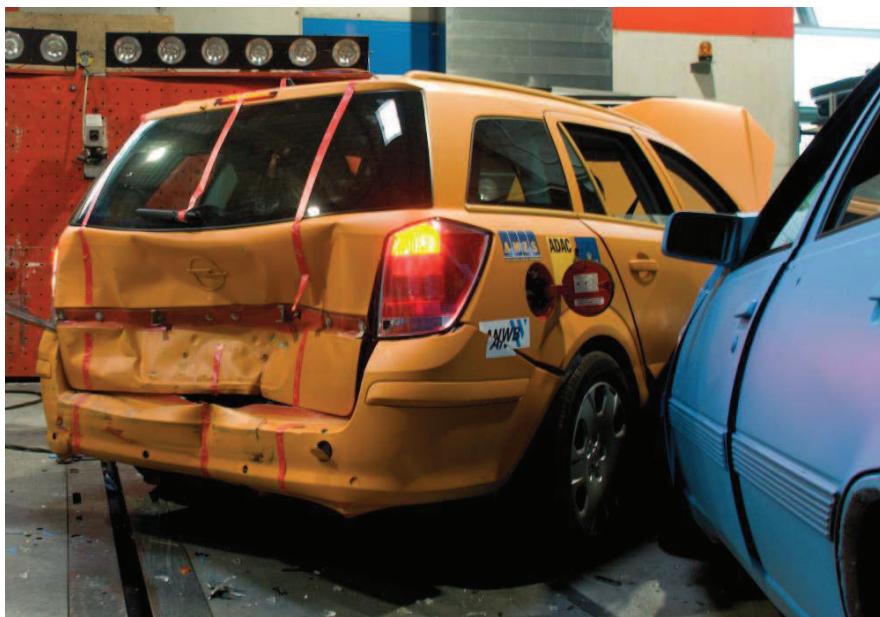
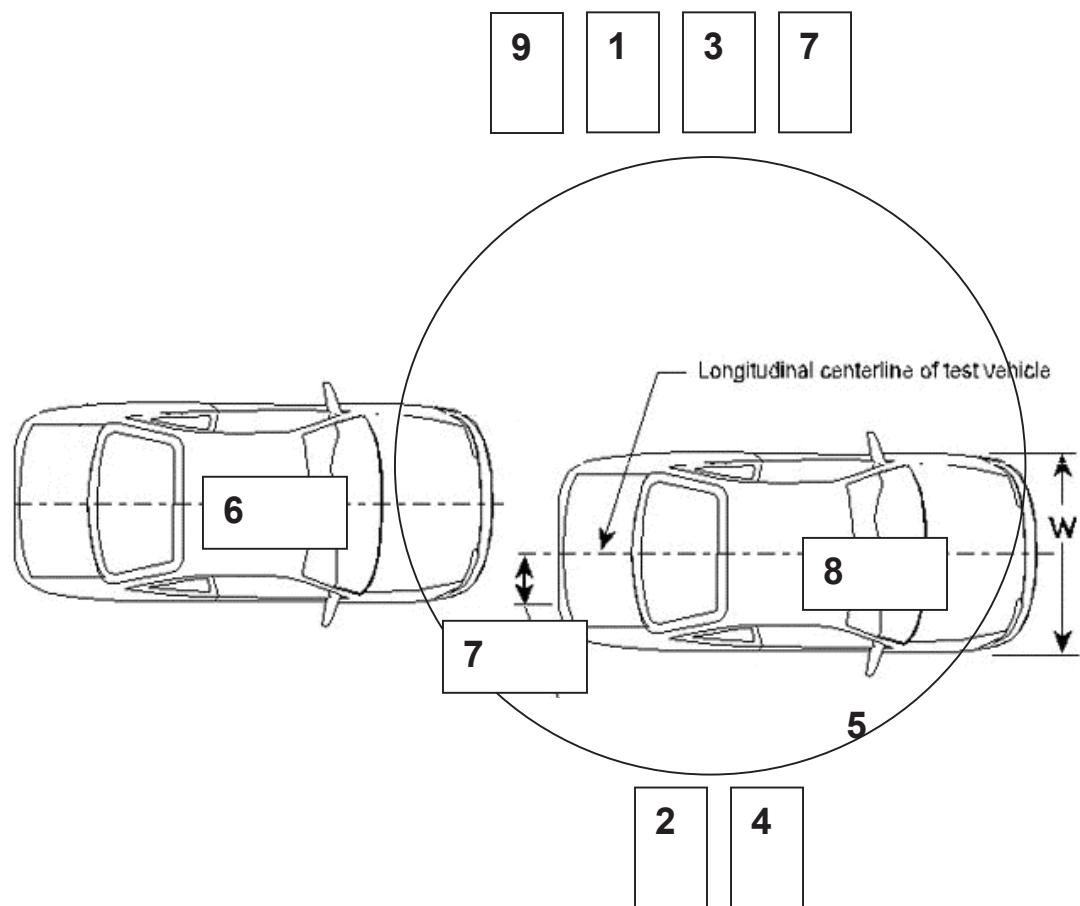


Figura 4: vista de la parte trasera del Astra después de la prueba.



Figura 5: vista lateral del Astra deformado.

- Para documentar visualmente la prueba, se colocaron ocho videocámaras de alta velocidad (7 fijas y 1 montada en el vehículo impactado):



Descripción de las cámaras:

- 1 = fija (acercamiento de la zona de impacto)
- 2 = fija (acercamiento de la zona de impacto)
- 3 = fija (plano distante del lado izquierdo)
- 4 = fija (plano distante del lado derecho)
- 5 = fija (plano distante del techo)
- 6 = fija (vista de la parte trasera del Astra)
- 7 = fija (depósito Autogas desde abajo)
- 8 = montada en el vehículo impactado (depósito Autogas)
- 9 = cámaras fotográficas (8 tomas con aprox. 20 ms de retardo)

El análisis de los vídeos de alta velocidad ofrece la información siguiente:

Tiempo	
14 ms	Las imágenes desde la cámara que se mueve con el Astra muestran la deformación del portón trasero.
36 ms	Las fuerzas impactantes han aumentado hasta el punto de acelerar el Astra estacionado, que comienza a moverse.
38 ms	El alojamiento de la rueda de recambio se ha deformado hasta el punto de que queda a ras del depósito de Autogas, transfiriendo directamente la energía de impacto. Aceleración máxima del depósito.
46 ms	El borde frontal del depósito de Autogas golpea contra el alojamiento de la rueda de recambio, que ahora transmite la fuerza del impacto al elemento transversal en el frente.
67 ms	Deformación máxima del Astra – Ambos vehículos se mueve ahora a la misma velocidad, aproximadamente.

Tabla 1: secuencia de la prueba.

Después de la prueba, parece que 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 (véase la Figura 6). 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, arrancamos después el motor en modo Autogas, no detectándose ninguna fuga de gas.



Figura 6: recarga del depósito de Autogas después de la prueba de choque.

Resultado de la prueba de choque:

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.

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

5.2. 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 la Figura 7), que se incendiaron (véase la Figura 8).

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.



Figura 7: bandejas llenas de gasolina debajo del vehículo.



Figura 8: la gasolina de las bandejas se ha incendiado.

Grabamos la secuencia de la prueba con varias videocámaras y dos cámaras térmicas. El análisis de las imágenes reveló lo siguiente:

Tiempo [min]	
0	Se inicia la prueba de incendio - Las bandejas llenas de gasolina se incendian debajo de la parte trasera del vehículo.
1:40	Revienta el neumático trasero derecho del Astra.
2:50	Las llamas entran en la cabina del vehículo.
3:05	Se quema el asiento delantero.
3:30	Las llamas envuelven la cabina.
4:00	Las llamas envuelven el Astra completo.
4:05	La válvula de alivio de presión del depósito de Autogas se abre en cuanto la presión del depósito asciende, aproximadamente, a 27 bar. El gas escapa con un fuerte silbido.
4:08	La presión en el depósito de Autogas ha bajado y la válvula de alivio de presión se cierra.
4:14	La onda de choque de una carga de airbag que ha explotado destruye la ventanilla de la parte trasera.
4:17	La válvula de alivio de presión se abre y se cierra varias veces. Los tiempos de apertura de la válvula aumentan sin cesar.
7:55	La válvula de alivio de presión se mantiene abierta y el gas escapa continuamente.
10:15	El depósito de Autogas está vacío.
13:45	Comienzan las actividades de extinción del incendio.
15:20	El incendio del vehículo queda extinguido por completo.

Tabla 2: secuencia de la prueba.

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 (véase la Figura 10). 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 9: vehículo quemándose durante la prueba.



Figura 10: depósito de Autogas intacto después de la prueba de incendio.

Resultado en la prueba de incendio:

En nuestra 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.