

## ÍNDICE

1.-Justificación del proyecto. Introducción .....	6
2.-Objetivos.....	9
3.- Estudio estratégico .....	10
3.1 Análisis Mercado .....	10
3.1.1. Mercado Mundial.....	10
3.1.2. Mercado Español .....	14
3.1.3. Conclusiones.....	19
3.2. Análisis del macro entorno PEST. ....	21
3.2.1. Factores Políticos-Legales.....	21
3.2.2. Factores Económicos. ....	25
3.2.3. Factores Socio-Culturales. ....	27
3.2.4. Factores Tecnológicos. ....	27
3.2.5. Conclusiones.....	29
3.3. Análisis Porter de las Cinco Fuerzas.....	32
3.3.1. Poder de los proveedores.....	33
3.3.2. Poder de los clientes .....	33
3.3.3. Amenaza de productos substitutivos.....	34
3.3.4. Amenaza de nuevos competidores .....	35
3.3.5. Rivalidad interna .....	36
3.3.6. Conclusiones.....	36
3.4. Cadena de valor.....	38
3.5. Análisis DAFO .....	40
3.5.1. Debilidades .....	40
3.5.2. Amenazas .....	42
3.5.3. Fortalezas.....	43

---

3.5.4. Oportunidades .....	44
3.6. Estrategia a implementar .....	47
3.6.1. Marca del vehículo .....	47
3.6.2. Modelos considerados .....	50
3.6.3. Modelo seleccionado.....	54
3.6.4. Ubicación del taller.....	59
3.6.5. Mercado objetivo.....	61
4. Estudio técnico .....	62
4.1. Componentes .....	62
4.2. Fases .....	69
4.2.1. Almacenamiento .....	69
4.2.2. Regulación y Control.....	70
4.2.3. Inyección .....	72
4.2.4. Seguridad.....	74
4.3. Diseño.....	78
4.3.1. Recipiente.....	78
4.3.2. Soporte del recipiente .....	84
4.3.3. Tuberías .....	90
4.4. Montaje.....	91
4.4.1. Desmontaje del sistema gasolina .....	91
4.4.2. Montaje Sistema GNC.....	98
4.4.3. Conexiones electrónicas .....	108
4.5. Homologación.....	114
5. Estudio Ambiental.....	124
6. Estudio Económico .....	129
6.1. Introducción .....	129
6.2. Clientes.....	129

---

6.2.1. Inversión requerida.....	129
6.2.2 Resultados de la explotación.....	129
6.3. Taller .....	130
6.3.1. Inversión requerida.....	130
6.3.2. Ingresos .....	130
6.3.3. Costes .....	131
6.3.4. P.V.P. ....	132
6.3.5. Evaluación financiera .....	133
6.4. Conclusión .....	134
7. Bibliografía .....	135
Anexo 1. Cálculo de autonomía .....	136
Anexo 2. Cálculo de espesor del recipiente.....	145
Anexo 3. Análisis de esfuerzos del recipiente (45 Mpa) .....	149
Anexo 4. Análisis de esfuerzos del soporte del recipiente .....	157
Anexo 5. Dimensionamiento de tuberías de gas natural .....	166
Anexo 6. Pérdida de carga en tuberías .....	169
Anexo 7. Rentabilidad adaptación vehículo gasolina a GNC .....	172
Anexo 8: Rentabilidad taller de adaptación GNC.....	175
Presupuesto.....	184
Planos.....	186
Pliego de Condiciones de la instalación del proyecto de adaptación del vehículo Ford Fusion para su uso con GNC .....	1
Pliego de Condiciones para la compra de cilindros GNC tipo I .....	19

## 1.-JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO. INTRODUCCIÓN

El combustible utilizado por la mayoría de los servicios de transporte en nuestros días es el petróleo en sus dos formas de refino más conocidos, diesel y gasolina y que a pesar de estar dando señales de agotamiento su demanda sigue en aumento.

Es un hecho, que si se mantiene el crecimiento de la demanda de petróleo a escala global se comprueba que las reservas probadas no son suficientes para satisfacer la demanda dentro de 40-50 años.

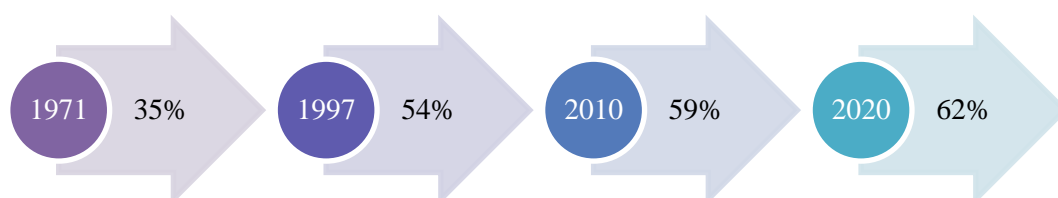


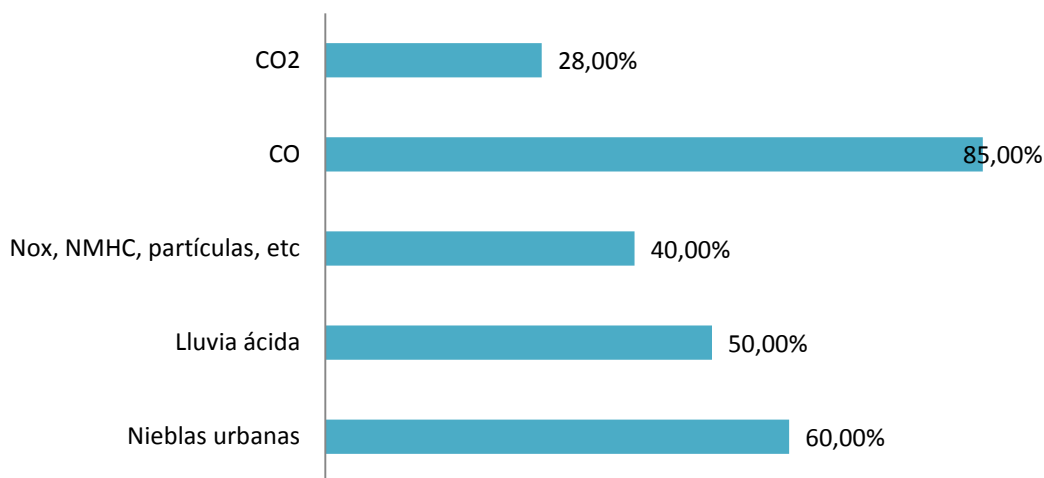
Figura 1. Participación del Transporte en la demanda de petróleo. (Fuente: OCDE)

Es conocido por todos, que este constituye una de las principales fuentes de contaminación para el medio ambiente debido a las emisiones resultantes de la reacciones de combustión.

Se puede afirmar que algunas de las consecuencias directas de la misma son:

- \*.- Aumento de la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, causante del efecto invernadero.
- \*.-Y el  $\text{NO}_x$ , responsable de la lluvia ácida (dispersión de partículas de pequeño tamaño que puede obturar las vías respiratorias).

Si se observa en la Gráfica 1, se ratifica que, el transporte vehicular es el principal participante en la mayoría de estos factores.



Gráfica 1. Emisión atribuida al transporte en Europa. (Fuente: Gas Natural)

Como consecuencia de todo ello, desde hace ya algunos años la industria del automóvil está siendo sometida a una política activa de regulación de emisiones contaminantes, en una abierta búsqueda encaminada, a que sus vehículos sean lo menos dañinos para el medio ambiente.

Esta regulación está entrañando un desafío para los fabricantes ya que de una parte, están obligados a cumplir la normativa vigente (cada día más severa) y de otra, satisfacer las necesidades de sus clientes; un ejemplo comprometer la potencia del vehículo.

Las opciones encontradas por la industria para mejorar la eficiencia de emisiones han incluido desde el incremento de la eficiencia del motor, del vehículo o de manejo, hasta la limpieza activa de las emisiones producidas.

Otra técnica en este sentido consiste en adaptar los vehículos a un método de propulsión alternativo, es decir, diferente de gasolina o diesel. Se puede clasificar estos vehículos dependiendo del tipo de motor en; térmicos, eléctricos o híbridos.

Será el vehículo de gas natural la elección que aborde este proyecto. El gas natural además de ser una energía segura que contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica, es rentable, limpia, competitiva y

eficaz. Todo ello ha contribuido a establecerse a nivel mundial como una alternativa energética medioambiental y su uso permite al cliente a un importante ahorro en combustible.

Por ello, el objeto del presente proyecto es:

“Un estudio técnico-económico para la aplicación de gas natural comprimido como combustible en vehículos automóviles”.

## 2.-OBJETIVOS

1.-Realizar un análisis estratégico de mercado y de la industria del GNC como combustible alternativo ; identificando los factores críticos en el entorno (PEST), las relaciones entre los integrantes de la industria y la cadena de valor del proceso a fin de establecer debilidades, amenazas, oportunidades y fortalezas (DAFO) del sector.

2.-Seleccionar el modelo de vehículo para su adaptación y el emplazamiento donde se instalará el taller.

3.-Diseñar el sistema de alimentación y distribución para el vehículo seleccionado, atendiendo a la normativa específica.

Se redactaran guías técnicas para la instalación del sistema GNC incluyendo en ellas el proceso de desmontaje del depósito de gasolina.

4.-Determinar la viabilidad económica de la instalación de GNC en el modelo seleccionado según los parámetros; taller y usuario.

Se analiza los planes de financiación, las perspectivas de ingresos y los costes asumidos, tanto en la compra de los componentes, como durante la operación. Se adjunta presupuesto final del proyecto.

5.-Redactar el impacto ambiental del proyecto.

Se calcula la reducción en emisiones contaminantes entre la utilización de GNC y gasolina.

## 3.- ESTUDIO ESTRATÉGICO

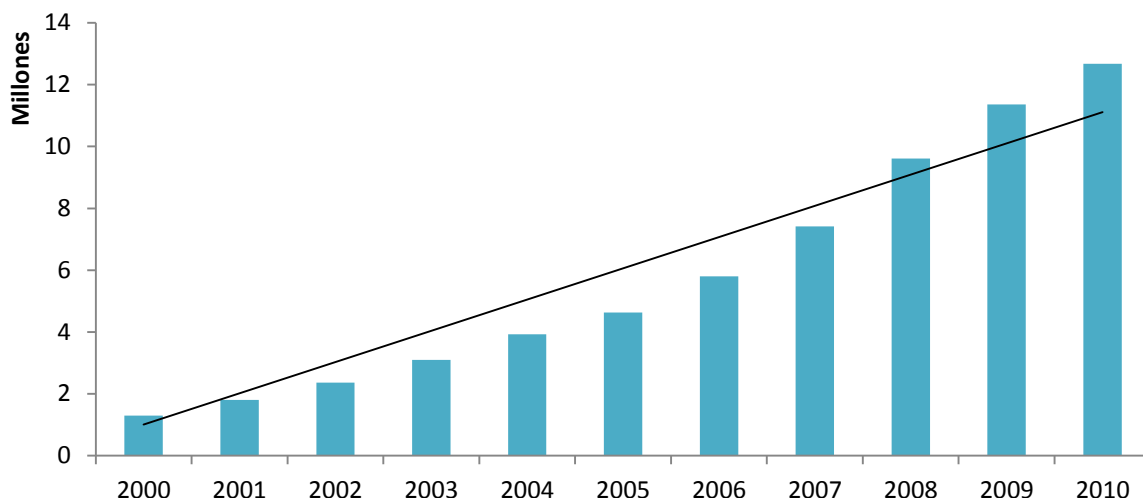
### 3.1 Análisis Mercado

#### 3.1.1. Mercado Mundial

El GNC se ha consolidado como una de las principales fuentes de energía en motores de vehículos en el mundo. Su crecimiento se debe en gran parte a factores económicos de orden mundial y a las sucesivas crisis de energía, la más importante la de 2008, pero también ha influido de forma determinante en este afianzamiento, la creciente concienciación en cuanto a las secuelas del consumo de combustibles fósiles sobre el medio ambiente.

Como se observa en la Gráfica 2, la evolución en el crecimiento anual del mercado de combustible líquido GNC durante la última década se ha mantenido en torno 10%, llegando a los 12.647.402 vehículos en el año 2010. Si el índice de crecimiento anual del mercado de vehículos GNC continúa al paso señalado, podemos presagiar de una parte, que el sector del GNC es un sector en crecimiento y de otra, que la reducción de emisiones provocadas por el consumo de combustibles fósiles puede ser considerable en los próximos años.





Gráfica 2. Crecimiento vehículos GNC en el mundo (Fuente: IANGV)

Aunque las cifras de crecimiento son positivas, lo cierto es que actualmente el porcentaje de vehículos GNC respecto al total no alcanza el 2%, cifra aún demasiado baja como para que pueda darse un cambio abismal en el mercado del automóvil a corto plazo.

Actualmente, Argentina, Brasil, Paquistán representan más del 50% de vehículos GNC en el mercado global. Otros países como Estados Unidos, Alemania y Rusia tienen como objetivo aumentar las cifras en los próximos años.

Destacar, el alto grado de penetración en Pakistán si lo comparamos con el resto del mundo o con Argentina que hasta 2007 se ubicaba en el ranking mundial de vehículos con GNC.

GNC Población: 10 primeros países			GNC Penetración: 10 primeros países		
País	Vehículos GNC	% todo GNC	País	Vehículos GNC	Penetración
Pakistán	2.740.000	21.6%	Pakistán	2,740,000	61.14%
Irán	1.954.925	15.4%	Armenia	101,352	32.13%
Argentina	1.901.116	15.0%	Bolivia	140,400	20.48%
Brasil	1.664.847	13.1%	Bangladesh	193,521	16.75%
India	1.080.000	8.5%	Argentina	1,901,116	15.33%
Italia	730.000	5.8%	Irán	1,954,925	12.64%

China	450.000	3.6%	Colombia	340,000	6.92%
Colombia	340.000	2.7%	Perú	103,712	6.56%
Tailandia	218.459	1.7%	Tayikistán	10,600	3.95%
Ucrania	200.000	1.6%	Brasil	1,664,847	3.40%

Tabla 1. Diez primeros países GNC en el mundo. (Fuente: IANGV)

Así mismo señalar también, el alto crecimiento de la zona Asia-Pacífico donde se observa una apreciable diferencia con el resto del mundo, alertados sin duda desde hace algunos años por el coste que significa el deterioro del medio ambiente.

Si deseamos lograr alcanzar metas de reducción de emisiones dañinas en la próxima década, se hace imprescindible que países como China y Estados Unidos adopten el empleo de este tipo de gas en su parque de vehículos.

Crecimiento por zonas	
Asia-Pacífico	42.1%
Europa	14.1%
Norteamérica	-0.1%
América Latina	18.2%
Oriente Medio / África	15.3%

Tabla 2. Crecimiento por zonas de la demanda. (Fuente: IANGV)

Las zonas definidas en la Tabla 2 se caracterizan por:

Región de Asia-Pacífico.

La India comenzó hace algunos años, una política a favor del cambio de sus flotas de transporte público a GNC y ahora dispone de una de las flotas más grandes de autobuses a nivel mundial. Por su parte, China, el otro mercado más grande de Asia, ha enfocado el uso de gas natural

como fuente de energía industrial y no se esperan importantes desarrollos en el mercado de GNC.

#### Región Europa Occidental.

Italia es el mayor mercado europeo. La marca Fiat ofrece una gran variedad de vehículos a gas natural comprimido en Europa, sin embargo mercado de tipo de vehículos varía mucho entre países. Mercados como el español o el británico, donde tradicionalmente las ventas de vehículos son muy altas, presentan bajas ventas de GNC.

#### Región Europa del Este.

Ucrania es el país, que dentro de esta zona ha experimentado un rápido crecimiento en su flota de GNC, en nueve años, ha pasado de no existir hasta convertirse en la mayor flota de GNC en Europa del Este (y Europa Occidental con la excepción de Italia). Sin embargo, el crecimiento se ha visto comprometido recientemente por los problemas que mantiene con la empresa rusa suministradora de gas natural, Gazprom.

#### Región de Norteamérica.

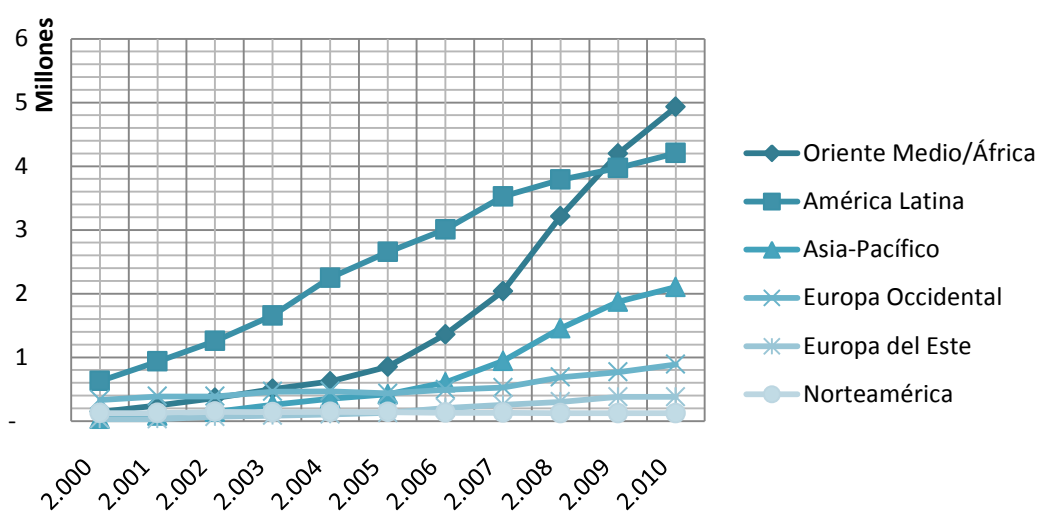
La demanda de GNC está relegada a flotas privadas, debido a la falta de estaciones de servicio y las garantías, a veces nulas y limitadas, del servicio de adaptación de conversión de gasolina a GNC. Por esta razón, la mayor parte de GNC en Estados Unidos los componen los camiones de transportes de mercancías (ligeros y pesados) y los autobuses. La demanda varía sustancialmente entre estados y es mayor en California, Nueva York, Utah y Oklahoma, estados que también se sitúan a la cabeza en lo que a infraestructura se refiere.

#### Región de América Latina.

Es la segunda región con mayor número de vehículos, en ella se encuentra dos de los más grandes mercados de GNC: Argentina y Brasil (juntos, representan más del 28% del total).

#### Región de Oriente Medio y África.

Destaca el caso de Pakistán e Irán, los mercados más grandes de GNC en el mundo. Ninguno de estos países posee una gran capacidad para refinar el crudo a gasolina, consecuentemente, ambos han invertido en GNC para evitar la importación de gasolina. Las ventas de GNC en Pakistán lideran el mundo, pero son volátiles debido a que la demanda ha superado a la oferta de gas natural y los desafíos económicos para explotar las fuentes de gas natural ya existentes.



Gráfica 3. Crecimiento de la demanda de GNC por regiones. (Fuente: IANGV)

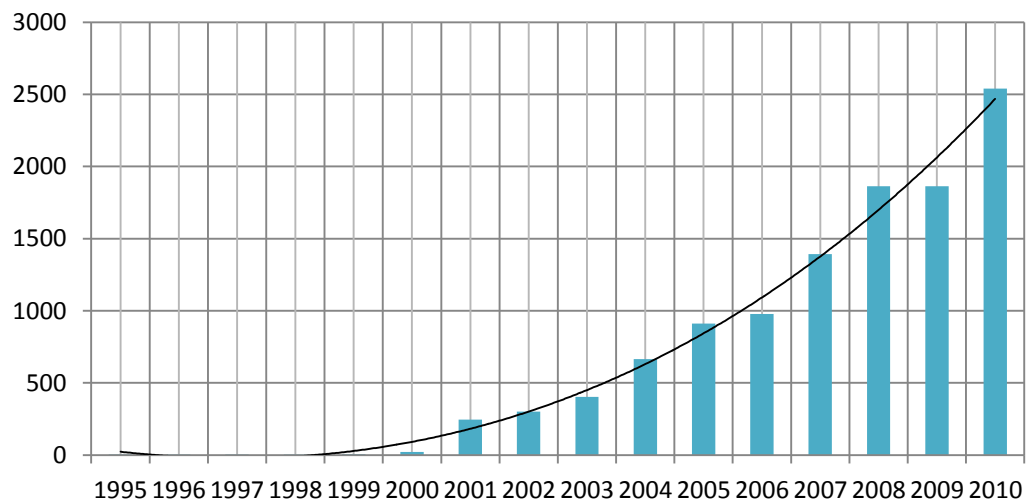
### 3.1.2. Mercado Español

Es a comienzos del año 2000, cuando España empieza a interesarse por el GNC, lo que ha determinado su reducida implantación en nuestro territorio. En la actualidad, los niveles de penetración son bajos, aunque no obstante los índices de crecimientos son similares a la de otros países de la Unión Europea, tanto en el número de vehículos como en estaciones de servicio.

	Total 2010
Vehículos GNC	2.539
Estaciones de Servicio	44

Tabla 3. Estado actual GNC en España. (Fuente: IANGV)

En las carreteras españolas circulan aproximadamente 3.000 vehículos de GNC.



Gráfica 4. Crecimiento del número de GNC en España. (Fuente: IANGV)

En la Tabla 4 se observa, que la demanda está impulsada por el sector público, la mayoría son autobuses de empresas municipales de transportes de comunidades autónomas. Destaca el caso de la EMT de Madrid, con 657 unidades, y la TUSSEM de Sevilla, con la mayor flota en porcentaje (37%) de toda España, así como camiones dedicados a servicios de limpieza de empresas como FCC o CESPA.

El resto, son flotas de empresas privadas que utilizan el gas natural como combustible en sus vehículos de mantenimiento (Gas Natural), en los

camiones de mercancías (HAMSA) o en las carretillas elevadoras (Coca-Cola).

Localización	Explotador	Nº Vehículos	Tipo de vehículo
Barcelona	TMB	295	Autobuses
Burgos	SMAUB	20	Autobuses
Madrid	EMT	657	Autobuses
Málaga	EMT	4	Autobuses
Salamanca	ST (Servicio de transportes)	18	Autobuses
Sevilla	Tussam	146	Autobuses
Valencia	EMT	50	Autobuses
<i>Total Autobuses</i>		<i>1.190</i>	
A Coruña	CESPA	32	Vehículos RSU
Barcelona	FCC*	34	Vehículos RSU
Barcelona	CESPA	96	Vehículos RSU
Barcelona	URBASER	21	Vehículos RSU
Barcelona El Prat	URBASER	9	Vehículos RSU
Colmenar	CESPA	7	Vehículos RSU
Madrid	FCC*	431	Vehículos RSU
Madrid	CESPA	51	Vehículos RSU
Madrid Barajas	CESPA	4	Vehículos RSU
Murcia	CESPA	27	Vehículos RSU
Oviedo	FCC*	32	Vehículos RSU
Reus	FCC*	16	Vehículos RSU
Salamanca	FCC*	40	Vehículos RSU
Tarragona	FCC*	16	Vehículos RSU
Valencia	FCC*	13	Vehículos RSU
Vigo	FCC*	14	Vehículos RSU
Vitoria	FCC*	33	Vehículos RSU
<i>Total Vehículos RSU</i>		<i>876</i>	
Barcelona	COBEGA (Coca-Cola)	35	Carretillas elevadora
Barcelona	Gas Natural**	251	Vehículo ligero
Barcelona	HAMSA	10	Vehículo pesado
Burgos	Gas Natural**	16	Vehículo ligero
Madrid	Ministerio de defensa	2	Microbús
Navarra	IBEREMBAL	16	Carretillas elevadora

Localización	Explotador	Nº Vehículos	Tipo de vehículo
Salamanca	Gas Natural**	20	Vehículo ligero
Sevilla	Gas Natural**	136	Vehículo ligero
Valencia	Gas Natural**	20	Vehículo ligero
<i>Total Flota Profesionales</i>		506	

Tabla 4. Flotas de vehículos GNC en España. (Fuente: Elaboración propia)

\*Los datos corresponden al año 2010.

\*\*Los datos corresponden al año 2008.

También se apunta que las estaciones de servicio públicas, donde particulares puedan repostar GNC, son casi inexistentes en España (Tabla 5).

Recientemente la empresa HAMSA, ha abierto 4 nuevas estaciones públicas y se intuye que irán en aumento, aunque la mayoría son estaciones de compresión privadas restringidas para el repostaje de sus flotas cuando no se encuentran en operación.

Entre las estaciones municipales se destaca la de San Chinarro, en Madrid, propiedad de la EMT al tratarse de la estación de GNC como mayor capacidad de carga instalada en Europa.

En la Tabla 5 se encuentra un resumen de la mayoría de estaciones de compresión de gas natural en España, tan sólo 6 de 41 dan servicio a particulares.

Explotador	Servicio	Localización	Acceso	Precio /kg
CESPA	Servicio de Limpieza	Aranjuez	Privada	-
Aena T2	Holding aeropuerto de Barajas	Barajas	Privada	-
CESPA	Servicio de Limpieza	Colmenar	Privada	-
CESPA	Servicio de Limpieza	Madrid	Privada	-
CESPA	Servicio de Limpieza	Barcelona	Privado	-
CLD	Servicio de Limpieza	Barcelona	Privado	-
COBEGA Martorelles	Carretillas Elevadoras	Barcelona	Privado	-
Estrella Damm	Carretillas Elevadoras	Barcelona	Privado	-
EPM	Gas Vehículos de Mantenimiento	Barcelona	Privado	-

Explotador	Servicio	Localización	Acceso	Precio /kg
Technology				
FCC	Servicio de Limpieza	Barcelona	Privado	-
Urbaser	Servicio de Limpieza	Barcelona	Privado	-
SMAUB	Transporte Urbano	Burgos	Privado	-
Transportes Monfort	Servicio transporte de mercancías	Castellón	Privado	0,9
Ministerio de Defensa	Transporte Militar	Getafe	Privado	-
EPM Gas Technology	Vehículos de Mantenimiento	Madrid	Privado	-
FCC	Servicio de Limpieza	Madrid	Privado	-
TAXIS de Madrid	Servicio Taxi	Madrid	Privado	-
EMT Málaga	Transporte Urbano	Málaga	Privado	-
Transporte campillo	Servicio transporte de mercancías	Paterna	Privado	1,01
Salamanca Transportes	Transporte Urbano	Salamanca	Privado	-
TUSSAM Sevilla	Transporte Urbano	Sevilla	Privado	-
Agricultores de la Vega	Servicio de Limpieza	Valencia	Privado	-
EMT Valencia	Transporte Urbano	Valencia	Privado	-
FCC	Servicio de Limpieza	Valencia	Privado	-
SECOPSA	Servicio de Limpieza	Valencia	Privado	-
FCC	Servicio de Limpieza	Vigo	Privado	-
HAM	Venta combustible	Lérida (Abrera)	Público	0,9
HAM	Venta combustible	Sant Sadurní	Público	0,89
HAM	Venta combustible	Terrasa	Público	0,89
AVIA	Venta combustible	Ávila	Público	0,69*
HAM	Venta combustible	Guadalajara	Público	0,89
TAXCO	Venta combustible	Valencia	Público	1,1**
CESPA	Servicio de Limpieza	Alcobendas	Semiprivado	-
GAS NATURAL	Vehículos de mantenimiento/empresa	Badalona	Semiprivado	-



Explotador	Servicio	Localización	Acceso	Precio /kg
TMB	Transporte Urbano	Barcelona	Semiprivado	-
CESPA	Servicio de Limpieza	Ciempozuelo	Semiprivado	-
URBASER	Servicio de Limpieza	El Prat de Llobregat	Semiprivado	-
GAS NATURAL	Vehículos de mantenimiento/empresa	L'Hospitalet	Semiprivado	-
EMT	Transporte Urbano	Madrid	Semiprivado	0,95

Tabla 5. Estaciones de compresión GNC en España públicas y privadas. (Fuente: Elaboración propia)

\*precio por m<sup>3</sup>(n)

\*\*precio por gge (equivalente a un galón gasolina)

### 3.1.3. Conclusiones

Por todo ello, podemos concluir que en los próximos años el número de vehículos a GNC a nivel mundial continuará a ritmo creciente lo que predice importantes oportunidades de expansión de este combustible en el futuro próximo.

Sin duda, dicho crecimiento se verá respaldado por continuas alarmas medioambientales (el incremento de la densidad de vehículos en las ciudades y los crecientes niveles de contaminación) y económicas. Ambas, van a contribuir en gran medida a promover el uso de fuentes de energía alternativas para el transporte vehicular.

Entre los factores decisivos para su progresión:

- Desarrollar paralelamente las infraestructuras para suministrar el combustible (estaciones de repostaje de GNC) y al número de vehículos.

b).Incrementar los niveles de penetración en ciudades no sólo de primer nivel, sino también de segundo y tercer nivel, ya que en los últimos años han alcanzado altos porcentajes de crecimiento en el número de automóviles circulantes.

c).Equiparar la disparidad con que se promueve y se usa GNC en el transporte público-privado, potenciado sectores claves en todo el país tales como los taxis , flota privada de vehículos ligeros y vehículos para el transporte de mercancías.

d).Legislar políticas de transporte lideradas por el Estado, tales como:

- Ofrecer terrenos en todo el país para levantar estaciones de servicio.
- Redactar normas municipales, de carácter general para todos los municipios del territorio tendientes a favorecer la rápida aprobación para la instalación y habilitación de los surtidores de gas natural.
- Subvencionar estaciones de compresión de gas (estaciones de servicio).
- Compensar el inicial coste de compra mediante reducciones fiscales a los compradores de vehículos híbridos.
- Conceder incentivos para el cambio en vehículos de gasolina por gas natural.

### 3.2. Análisis del macro entorno PEST.

Utilizaremos el análisis PEST para identificar los factores del entorno que supeditan la utilización del GNC en los vehículos automóviles.

Estos factores se clasifican en cuatro bloques:

- Político-Legales
- Económicos.
- Socio-culturales
- Tecnológicos

#### 3.2.1. Factores Políticos-Legales.

Los factores políticos son aquellas decisiones tomadas por organismos gubernamentales que condicionan de alguna forma la industria del GNC.

A fin de ordenar su comprensión se descompone en tres puntos; Acuerdos internacionales, europeos y españoles.

##### **a. Acuerdos internacionales.**

El protocolo de Kioto supuso el primer gran acuerdo internacional en materia de reducción y control de emisiones de gases invernaderos. La resolución estableció un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990.

##### **b. Acuerdos europeos.**

La Unión Europea, a través de las normas EURO, mantiene el control sobre las emisiones de vehículos. La norma impone restricciones en los límites aceptables de gases contaminantes para poder vender un vehículo en Europa.

La normativa ha ido renovándose en diferentes versiones a lo largo del tiempo, actualmente, para turismos, se encuentra en vigor la norma EURO V, la cual, será renovada por la EURO VI en Septiembre de 2014.

Los límites de emisiones de la norma EURO V y EURO VI para diésel y gasolina están dispuestos en la Tabla 6

Tipo	Norma	Fecha desde	CO	HC	HC+ NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
Gasolina	EURO V	Septiembre de 2009	1.0	0.1		0.06	0.005
Gasolina	EURO VI	Septiembre de 2014	1.0	0.1		0.06	0.005
Diésel	EURO V	Septiembre de 2009	0.5		0.23	0.18	0.005
Diésel	EURO VI	Septiembre de 2014	0.5		0.17	0.08	0.005

Tabla 6. Normas EURO emisión gases contaminantes. (Fuente: Portal web de la Unión Europea)

Aparte de las normas UNE aprobadas por el Parlamento Europeo, otros organismos de la Unión, como la Comisión Europea promueve el GNC como combustible alternativo mediante las comunicaciones públicas (libros verdes) y los documentos de propuesta de actuación comunitaria (libros blancos).

Por ejemplo, en una de sus comunicaciones incluye una tabla que muestra las perspectivas futuras de crecimiento de los distintos combustibles alternativos en la Unión Europea.

Año	Biofuel	GNC	H2	Total
2005	2	-	-	2
2010	6	2	-	8
2015	7(*)	5	2	14
2020	8(*)	10	5	23

Tabla 7. Perspectiva de crecimiento de combustibles alternativos. (Fuente: COM (2001)-547)

En general la política europea en materia de control de emisiones es amplia y se puede intuir observando la Tabla 8 que dispone un resumen en orden cronológico de las actividades de la Comisión donde se menciona al GNC.

Fecha	Tipo	Nombre
Marzo de 2011	Libro Blanco	Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible
Abril de 2010	Comunicación de la Comisión	Estrategia europea sobre vehículos limpios y energéticamente eficientes
Abril de 2009	Libro Blanco	Adaptación al cambio climático: Hacia marco europea de actuación
Septiembre de 2007	Libro Verde	Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana
Marzo de 2007	Libro Verde	Libro Verde sobre la utilización de instrumentos de mercado en la política de medio ambiente
Marzo de 2006	Libro Verde	Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura
Julio de 2005	Libro Verde	Libro Verde sobre la eficiencia energética o cómo hacer más con menos
Noviembre de 2001	Comunicación de la Comisión	Sobre los combustibles alternativos para el transporte por carretera y el establecimiento de medidas para promover el uso de biocombustibles.
Septiembre de 2001	Libro Blanco	La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad
Noviembre de 2000	Libro Verde	Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético
Marzo de 2000	Libro Verde	Libro Verde sobre el comercio de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Unión Europea
Febrero de 2000	Libro Blanco	Libro Blanco sobre la responsabilidad ambiental
Noviembre de 1997	Comunicación de la Comisión	Energía para el futuro: fuentes de energía renovables
Noviembre de 1997	Libro Blanco	Libro Blanco para una estrategia y plan de acción comunitarios
Noviembre de 1996	Comunicación de la Comisión	Energía para el futuro: fuentes de energía renovables
Noviembre de 1996	Libro Verde	Libro Verde para una estrategia comunitaria
Diciembre	Libro Blanco	Una política energética para la Unión Europea

Fecha	Tipo	Nombre
de 1995		
Enero de 1995	Libro Verde	Por una política energética de la Unión Europea
Febrero de 1992	Libro Verde	Libro Verde sobre el impacto del transporte en el medio ambiente. Una estrategia comunitaria para un desarrollo de los transportes respetuoso con el medio ambiente

Tabla 8. Resumen de políticas de la Comisión Europea. (Fuente: página web EU y elaboración propia)

### c. Acuerdo español.

En el Plan de acción 2008-2012 desarrollado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y encuadrado en el Plan de Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética de España (E4) se establecen medidas de apoyo público a la instalación de equipos GNC.

Aunque el plan termine este año, en la redacción del nuevo Plan de acción para el periodo comprendido entre 2011 y 2020 se mantienen los compromisos adquiridos por la administración en materia de apoyo pública.

Las cantidades se encuentran en miles de euros.

Medida	Aplicación Fondos públicos	Plan 2008-2012	Plan 2012-2020
12.Renovación Flota de Transporte por Carretera	Ayudas que disminuyen el extra coste en los vehículos alternativos en relación con vehículos equivalentes de diseño y motorización tradicional.	5,78	83
15.Renovación del Parque Automovilísticos de Turismos	Ayudas que disminuyen el extra coste en los vehículos alternativos en relación con vehículos equivalentes de diseño y motorización tradicional.	31,44	202,3

Tabla 9. Medidas de eficiencia energética de Plan Estratégico Nacional. (Fuente: IDAE).

El apoyo público por vehículo se observa en las subvenciones dispuestas en la Tabla 10, cantidades expresadas en euros

	Industriales	Turismos
Eléctricos	50.000	6.000
Hidrógeno	50.000	6.000
Híbridos	50.000	2.000
(*) GNC, GNL, GLP	12.000	2.000
(*) GLP	-	450

Tabla 10. Subvenciones España combustibles alternativos. (Fuente: IDAE)

### 3.2.2. Factores Económicos.

La situación económica actual (periodo de recesión económica) favorece al GNC por su ventaja en precio respecto a la gasolina y el diesel. Aunque es bastante complejo establecer un precio medio para el GNC, ya que entre otros factores depende de si el cliente final compra gas natural sin comprimir (lo más normal) o ya comprimido, se pueden comprobar en la Figura 2 las estaciones de servicio público en España.



Figura 2. Puntos de repostaje GNC en España. (Fuente: [www.gncprices.com](http://www.gncprices.com))

Nombre	Localización	Precio
AVIA	Carretera de Madrid-Irún km 417	0,69 €/m3
Gasolinera Ezcaba	Carretera de Irún 4	1,09 €/kg
E/S Área 117 - HAM	Carretera Nacional A-2, km117	0,98 €/kg
Estación EMT	Avenida de Francisco Pi i Margall,5	0,95€/kg
CTM	Carretera de Valverde a Vallecas,5	1 €/kg
CESPA	Pasea de la Rosa Toledo	1,09 €/kg
TAXCO	Calle de Gremis,10	1,19 €/gge
TTES.Campillo	Calle de Villa de Madrid,61	1,01 €/kg
Transportes Monfort	Calle de Dinamarca	0,93€/kg
Es Bionet	Calle Sofre 3	0,95 €/kg
HAM	Carretera del Mig	0,92 €/kg
HAM	Carretera de Alemania	0,92 €/kg
HAM	Calle Salvador Seguí	0,92 €/kg
E/S UCG IGUALADA	Avenida Europa Igualada	0,95 €/gge

Tabla 11. Precio del GNC en España. (Fuente: [www.gncprices.com](http://www.gncprices.com))



Adoptando una media de la península ibérica, se establece un precio del GNC de 0,9 €/kg, lo que supone un ahorro frente a la gasolina del 28% y del 52% respecto al gasoil. Si se quiere profundizar en los cálculos del precio dirigirse al *Anexo 7. Rentabilidad adaptación coche gasolina a GNC*

### 3.2.3. Factores Socio-Culturales.

#### **Concienciación cambio climático**

Un factor social importante es el incremento de concienciación de la ciudadanía sobre la realidad del cambio climático. La instalación de un sistema de gas natural en el automóvil, aunque no logra contrarrestar los efectos, disminuye el impacto en comparación con otros sistemas de combustión

#### **Sensación de inseguridad**

Otro factor social relevante es el desconocimiento o la sensación de falta de seguridad de esta tecnología, la mayor parte de la población tiene una idea confusa del GNC o no sabe que existe.

### 3.2.4. Factores Tecnológicos.

En función del tipo de motor se distinguen tres grandes tipos de configuración:

#### **a. Motor bi-fuel.**

Se denominan vehículos bi-fuel, aquellos coches con un motor de encendido provocado (gasolina) que son adaptados para que puedan utilizarse también con gas natural. Tradicionalmente se estima que los vehículos sufren una pérdida de potencia entre el 10% y el 15%.

El coste de un kit de GNC supone un desembolso de aproximadamente 2500 €. Se necesita instalar un nuevo sistema de almacenamiento y de distribución en paralelo al de gasolina. Cada instalación es particular, depende del tipo de coche (carburador, inyección multipunto, mono punto...) y del taller que la realice.

Según la tecnología se distinguen tres generaciones diferentes:

- **Lazo abierto.** *Tecnología para automóviles carburados e inyección monopunto.*

En este sistema se usa un mezclador en la admisión de aire del vehículo para suministrar gas natural al motor. El suministro de aire al motor es controlado por una válvula de potencia manual.

- **Lazo cerrado.** *Solo vehículos inyectados con sensor de oxígeno.*

Para este sistema se usa un mezclador en la admisión de aire del vehículo para suministrar gas natural al motor. El suministro de combustible es controlado por una central electrónica tomando como referencia la lectura del sensor de oxígeno lambda para regular la cantidad de gas natural en la mezcla.

- **Inyección secuencial.** *Solo vehículos inyección multipunto.*

En este otro, se usa una central electrónica ECU programable de acuerdo al vehículo; cilindrada, tipo de inyección, cantidad de cilindro, etc., la cual acciona la inyección de gasolina.

Tiene inyectores como el sistema de gasolina, uno por cada cilindro del motor. Este sistema toma como referencia los parámetros originales del vehículo, es decir, los de gasolina, y realiza el suministro de gas de forma precisa y rápida.

El equipo siempre inicia en gasolina y lo conmuta a gas por tiempo o por temperatura, según la programación realizada garantizando la

utilización frecuente del combustible original y la temperatura adecuada del reductor de presión de gas. Gracias a todas las variables electrónicas que maneja, la reducción de emisiones contaminantes es mayor que en las demás tecnologías de conversión a gas natural.

**b. Motor mono-fuel.**

Son los vehículos que utilizan sólo gas natural comprimido como carburante.

Se trata de un motor similar al de la gasolina, con ciclo Otto, que se ajusta específicamente a las condiciones del gas consiguiendo rendimientos superiores a los motores bi-fuel.

El alto octanaje del GNC, superior a los 115 octanos, le permite operar con relaciones de compresión (de 12:1 a 14:1) superiores a las gasolinas (<10:1) mejorando el rendimiento térmico del motor.

Los vehículos mono-fuel, en su mayoría, son vehículos pesados. Iveco o Volvo son compañías que ofertan vehículos propulsados por motores mono-fuel. La autonomía de estos vehículos es más crítica que en el caso de los ligeros y se sitúa en torno a los 350 km.

**c. Motor dual-fuel.**

Los motores dual-fuel son el equivalente en gas natural a los motores de encendido por compresión (MEC).

Su principio de funcionamiento consiste en inyectar a la vez gas natural y gasóleo en la cámara de combustión pudiendo llegarse a sustituciones de gasóleo del 80%. Los principales fabricantes de estos motores son: Cummins Westport, Clean Air Power y Hardstaff.

**3.2.5. Conclusiones**

A través del análisis PEST se identifican los siguientes factores primordiales que inciden sobre el macro entorno del sector.

Con el fin de ordenar los términos se establece una jerarquización (positivo - negativo) para cada uno de los factores del entorno que establece dicha herramienta estratégica. Es importante mencionar, que la mayor parte de ellos son revisables por posibles mejoras económicas (en este momento son primordiales) y por el cumplimiento de las normas aplicables.

	Políticos	Económicas	Social	Tecnológicas
<b>Positivo</b>	-Existen políticas de control de emisiones	-Existen ventajas en el precio respecto a gasolina y diesel.	-Existe, y va en aumento, la concienciación ciudadana sobre el medio ambiente	-Existe tecnología ampliamente desarrollada para cada tipo de vehículos
	-Existen subvenciones por parte del estado español	-El mercado crece a ritmo del 10% anual		-Existe una perdida de habitabilidad en el maletero

<b>Negativo</b>	-No existe un compromiso firme en el desarrollo de una única tecnología entre GNC, GLP, hidrógeno y coches eléctricos.	-El periodo de recesión restringe el acceso al crédito y disminuye el consumo en general	-Existe un desconocimiento por elevado grupo de la población de la tecnología	-Existe rivalidad entre tecnologías
			-Existe una malinterpretación de la tecnología como insegura	

Tabla 12. Análisis PEST (Fuente: Elaboración propia)

Para finalizar, se concluye que tanto cualitativa como cuantitativamente los factores positivos son superiores a los negativos, lo que se evalúa favorablemente para el desarrollo final de este proyecto.

### 3.3. Análisis Porter de las Cinco Fuerzas

A partir del esquema de Porter, sobre las cinco fuerzas que configuran la competencia dentro de un sector determinado, se analiza la rentabilidad del mismo.

La intensidad de las cinco fuerzas es determinante. Así, por ejemplo, si se configura un fuerte poder de negociación de proveedores, clientes, o una amenaza de productos sustitutivos latente, la rentabilidad del sector baja.

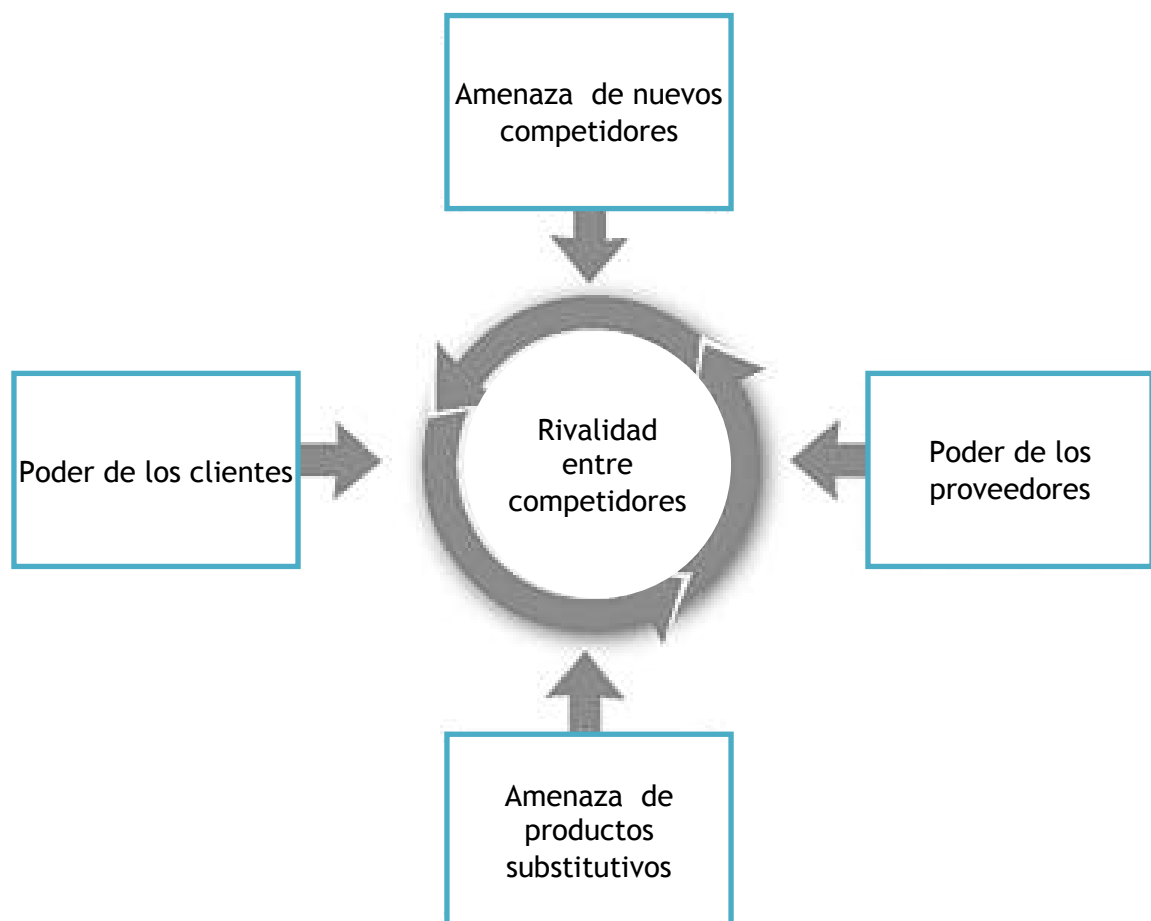


Figura 3. Esquema de las Cinco Fuerzas de Porter (Fuente: Elaboración propia)

Se estudia cada una de ellas independientemente para la industria del GNC, para finalmente establecer conclusiones.

#### 3.3.1. Poder de los proveedores

Los componentes del kit son suministrados por una gran cantidad de proveedores.

Es un sector no estructurado, en su mayoría configurado por pequeñas y medianas empresas. También al analizar los componentes para producir los equipos se aprecia que no existe ningún insumo (bien que se emplea en la producción de otros bienes) que solidifique intensamente el coste de producción.

Con carácter general, suministran todo el kit completo o la mayor parte de él. La excepción radica en algunos componentes fabricados por un sólo productor, como es el caso de las botellas de GNC.

Por tanto, concluimos que el poder de negociación de proveedores con el sector no es muy elevado, excepto en las botellas de GNC. En este caso, el poder del proveedor es mayor.

#### 3.3.2. Poder de los clientes

En su mayoría son conductores de turismos dispuestos a realizar la adaptación de su vehículo. Un factor que les caracteriza es su dispersión a través del territorio nacional. Al tratarse de consumidores muy específicos, y al anterior factor ubicación, se han organizado en lo que se conoce como “comunidades de usuarios de vehículos convertidos GNC”. El número de ellas es progresivo en estos últimos años. Las redes sociales, los foros, los sistemas de mensajería instantánea y los blogs están posibilitando la comunicación entre ellos. Se confía mucho de la valoración de otros usuarios.

Por todo ello, concluimos que los clientes tienen un poder de negociación media con el sector.

### 3.3.3. Amenaza de productos substitutivos

Se considera como tales todos aquellos vehículos capaces de operar con combustibles alternativos a la gasolina y el diesel.

Respecto a este poder, el mayor riesgo se sitúa en la progresiva comercialización de nuevos modelos de GNC por parte de las firmas de automóviles; coches como el Honda GNX o el Opel Zafira GNC ya suponen una amenaza.

De otro lado, los vehículos a GLP son también competidores, ya que ambas tecnologías son muy similares tanto en la inversión inicial como en su posterior rentabilidad económica, con la diferencia de que el GLP lleva siendo utilizado como carburante durante un mayor número de años y, por tanto, las estructuras de distribución están más desarrolladas.

Por último, el resto de vehículos alternativos:

Vehículos eléctricos, utilizan un motor eléctrico para su desplazamiento.

Vehículos híbridos, el motor de combustión interna se utiliza mueve el generador del motor eléctrico

Vehículos flexifuel, dos carburantes a la vez, normalmente gasolina y metanol o etanol.

Vehículos de hidrógeno, utilizan el hidrógeno como fuente primaria de energía por combustión o por conversión de pila de combustible.

Vehículos biocombustibles. Tres tipos, bioalcohol/bioetanol, biodiesel y biogás.

Vehículos solares, la energía es obtenida a través de paneles solares instalados en el techo del vehículo.

El amplio espectro de posibilidades ante nuestro cliente hace que sea importante considerar la influencia de los productos substitutivos allí donde desarrollemos nuestro negocio.



#### 3.3.4. Amenaza de nuevos competidores

Se distinguen seis barreras de entrada:

- **Economías de escala.** Para ofertar un precio competitivo en el mercado, no se requiere que el nivel de producción sea elevado. Por tanto, ello implica que al no tener competencia por ser el único fabricante, no habrá problema en incrementar el margen.;
- **Diferenciación de productos.** Se trata de una barrera de entrada con un alto coste, pues el producto que se ofrece será único en el mercado y protegido bajo la homologación correspondiente.
- **Necesidades de capital.** No es posible emplear para su fabricación el método “Just in Time” (JIT) con una demanda de producto que se prevé variable a largo plazo, por tanto el fondo de maniobra inicial será elevado (de gestión y de almacenamiento). La forma de fabricar será el modelo “Contra stock - Fabricación Discreta “(MTS).
- **Acceso a los canales de distribución .**Los canales de distribución de las piezas se configura como un factor esencial para el mantenimiento del negocio. El tiempo de instalación es un factor determinante para la eficacia y eficiencia del mismo. El automóvil del cliente no debe estar parado por encima del tiempo fijado, por no tener stock disponible en el taller o centro de instalación.
- **Desventaja en costes independientes de las economías de escala.** Entre ellas es; tecnología de la homologación, acceder fácilmente a las materias primas y mano de obra de montaje.
- **Política gubernamental.** La reducción de impuestos por parte del gobierno en materia de reducción de emisiones se configura como

ventaja de este producto., teniendo como requisito obtener licencia para su uso en automóviles que circulen por el territorio nacional. No obtener o limitar por parte del gobierno los permisos necesarios supondría una importante barrera.

#### 3.3.5. Rivalidad interna

La rivalidad interna es prácticamente nula porque no existen talleres dedicados exclusivamente a la adaptación de vehículos a GNC. Sin embargo, es posible que en un futuro la rivalidad aumente ya que los recursos y las capacidades necesarias para transformar o incluir un taller convencional en uno de GNC no son elevadas.

#### 3.3.6. Conclusiones

A lo largo del análisis de Porter, se expone las principales características del sector del GNC.

A través de la información provista se observa el dinamismo del sector, su fisonomía, así como, el alto potencial de crecimiento del mismo.

El poder de negociación de proveedores en el sector no es muy elevado, excepto para las botellas de GNC; en los clientes, el poder de negociación se sitúa en un nivel medio, llegando a ser el poder de los productos substitutivos la principal amenaza.

Es creciente la cantidad de participantes que están compitiendo en paralelo con el GNC como alternativa, bien con técnicas similares, como son el Biogás o el GLP, bien con técnicas diferentes; como son coches eléctricos, solares, etc.

Una de las ventajas del sector del GNC frente aquellos es que, tanto proveedores como clientes se encuentran poco organizados, por lo tanto, el

poder que influyen dentro del sector es menor y se pueden obtener mayores rentabilidades con un mayor margen de maniobra.

Por último, además de lo expuesto anteriormente, las barreras de entrada no son elevadas y el sector del automóvil promueve soluciones a la dependencia del petróleo. Por ello la realización de este proyecto se encuentra en un momento oportuno para acceder al mercado.

### 3.4. Cadena de valor

Para la industria del GNC, desde el momento en que se extrae la materia prima hasta el momento del consumo final, se distinguen los siguientes participantes

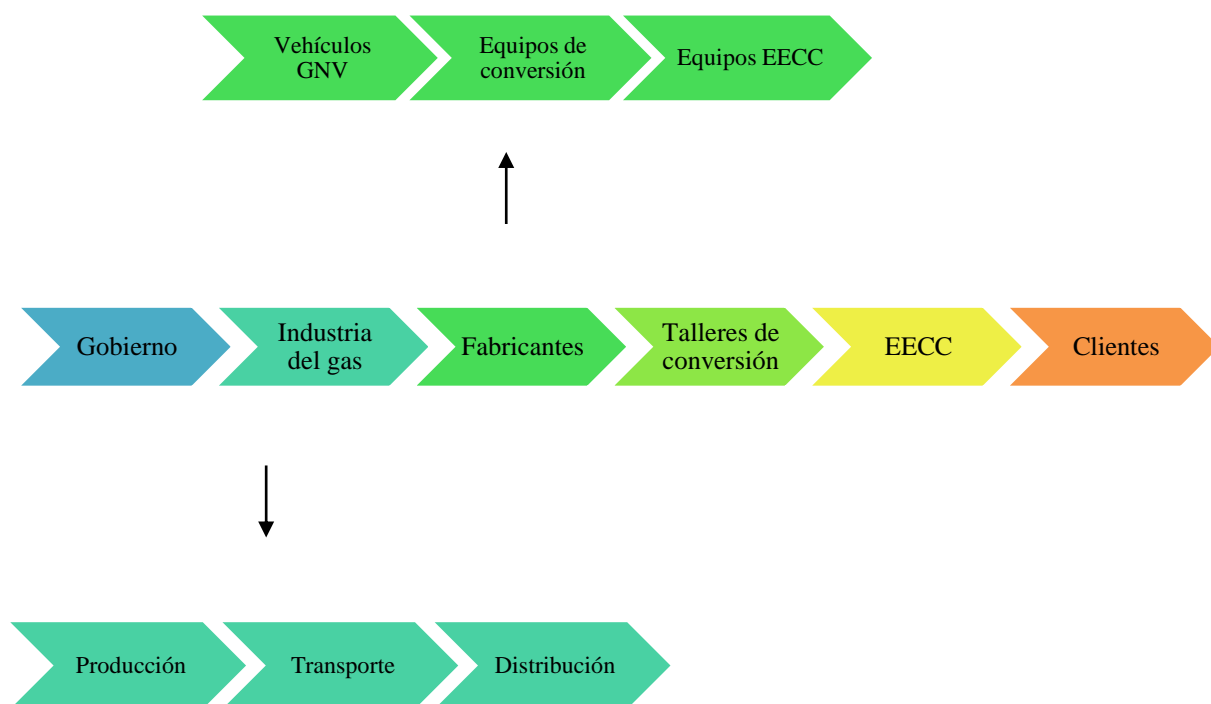


Figura 4. Cadena de valor del GNC

La cadena comienza con la intervención política del gobierno, el cual dispone un marco legislativo estable y promueve actividades energéticas eficientes que generan oportunidad para la industria del gas. La industria del gas se encarga de la producción, transporte y distribución del gas natural encontrado en los yacimientos petrolíferos.

Una vez el gas natural llega a la red de distribución de cada país es labor de los fabricantes disponer la tecnología necesaria para la explotación de dicho recurso (vehículos GNV, equipos de conversión y equipos para las estaciones de compresión).

Los talleres de conversión son los centros especializados que utilizan los equipos de conversión para adaptar un vehículo a la utilización del GNC. Una vez que el vehículo está adaptado para su uso con gas natural solo queda disponer de un centro de compresión (EECC) desde el cual acceder al carburante.

### 3.5. Análisis DAFO

El análisis DAFO sintetiza la situación en la que se enmarca este proyecto. Se analizan las características internas (debilidades y fortalezas) y su situación externa (amenazas y oportunidades) y así; planificar una estrategia de futuro de cómo explotar cada fortaleza, cómo aprovechar cada oportunidad; cómo detener cada debilidad o cómo se puede defender de cada amenaza.

Las debilidades y fortalezas son características internas al proyecto y, por tanto, sobre ellas se tiene la capacidad de influir. Por el contrario, las amenazas y las oportunidades, son situaciones externas.

#### 3.5.1. Debilidades

##### **Adaptación exclusiva en un modelo.**

El sistema de adaptación se ofrece exclusivamente para un modelo. Esto debilita nuestro posicionamiento estratégico al centrar los riesgos. Por ejemplo, puede ocurrir que el fabricante del modelo saque un sistema similar al nuestro de serie, que una dificultad técnica impida el desarrollo de la tecnología o que, directamente que en el mercado no se generen las expectativas de demanda.

##### **Pérdida de garantía del fabricante.**

La adaptación del vehículo ocasiona la pérdida de garantía del coche. Perder la garantía es un riesgo que posiblemente muchos propietarios no quieran correr.

##### **Altos inventarios.**

Como existen distintos sistemas de adaptación según el tipo de coche (MEC, MEP, carburado, de inyección) los talleres tienden a acumular un gran número de componentes en sus inventarios, lo que se traduce en un coste de almacenamiento elevado.

### **Desconocimiento de tecnología.**

La mayoría de la población no sabe o tiene una idea equivocada del sistema desarrollado en este proyecto. Una parte piensa que el sistema es inseguro debido a las altas presiones a las que se distribuye el gas y consideran que existe un riesgo elevado de explosión de las botellas, y otra es la inevitable resistencia al cambio, abandonar la seguridad que le proporciona lo conocido.

### **Baja autonomía.**

La autonomía del coche depende de la capacidad de almacenamiento de los cilindros. Ésta se sitúa entre los 150-250 km, un valor muy inferior al que se alcanza con la gasolina o el diesel.

Por tanto, si se quiere mayor autonomía se debe instalar mayores cilindros y como consecuencia, el vehículo pierde habitabilidad y gana peso.

### **Revisiones periódicas.**

Se deben pasar revisiones periódicas para controlar el correcto funcionamiento del sistema en general y la presión de los cilindros de GNC.

### **Duración de la instalación del sistema.**

Un turno de ocho horas es suficiente para instalar el sistema de GNC. Aunque la instalación sea relativamente rápida, este tiempo se puede prolongar dependiendo de la capacidad del taller.

### 3.5.2. Amenazas

#### **Disminución del precio del petróleo**

Si el precio del petróleo disminuye, lo cual es difícil de esperar pero puede ocurrir si se encuentran nuevas reservas, el atractivo del proyecto disminuiría.

#### **Otros combustibles alternativos (GLP, biocombustibles, hidrógeno)**

Si bien son combustibles con características similares al GNC, presentan métodos de producción y distribución distintos y, por tanto, captan dinero que podría destinarse al GNC.

#### **Otros vehículos alternativos (Coches eléctricos e híbridos)**

Aunque se trata de vehículos totalmente distintos en forma, compiten en el mismo mercado que el GNC, constituyendo una amenaza potencial para éstos últimos.

#### **Competencia del fabricante original**

Si el fabricante del vehículo original empieza a vender un modelo que venga con un sistema de GNC de serie, captaría muchos clientes que de otra forma serían nuestros. Una posible solución sería ofrecer el servicio de instalación en otro modelo.

#### **Estaciones de compresión**

Si se paraliza la inversión privada en la distribución de gas natural comprimido como carburante, el particular no tendría acceso al combustible y, por tanto, no nos compraría el sistema.



### 3.5.3. Fortalezas

#### **Baja competencia**

La rivalidad interna dentro de la industria del GNC es muy baja, apenas existen instaladores específicos del sistema.

#### **Posibilidad de adaptar a otros modelo**

Adaptar el sistema a otros vehículos del mismo grupo comercial no debería plantear ningún problema, teniendo que llevar a cabo escasas modificaciones.

#### **Posicionamiento social**

Públicamente se muestra como un proyecto respetuoso con el medio ambiente y pionero en instalaciones de GNC en España.

#### **No se necesita plan de financiación.**

El coste del sistema no es elevado, por tanto, el retorno de la inversión se alcanza en poco tiempo y no se suele pedir financiación a largo plazo.

#### **Demanda Creciente usuarios de GNC.**

Tomándose datos del crecimiento de la demanda en nuestro país, las campañas publicitarias públicas y privadas sobre la contaminación de nuestras ciudades, así como, el aumento del número de comunidades de usuarios de vehículos convertidos a GNC que se encuentran a través, de redes sociales, foros o blogs, indican que este combustible está en alza frente a otras alternativas medioambientales.

#### 3.5.4. Oportunidades

##### **Periodo de recesión económica**

El contexto económico actual favorece la implantación de este sistema ya que supone un ahorro para el propietario.

##### **Aumento del precio del petróleo**

El impacto económico del sistema se mide en función de la gasolina o el diesel que ahorramos. Si el precio de estos combustibles aumenta y el del gas natural se mantiene al mismo nivel, el coste de oportunidad aumenta.

##### **Economías de escala**

Los componentes del kit son muy homogéneos, y se utilizan en diversos sectores industriales, gracias a lo cual se obtiene un descuento por cantidad.

##### **Norma EURO**

Si se obliga a que todos los vehículos que estén en circulación hoy en día tengan que cumplir la norma Euro 5 se produciría una fuerte demanda de productos como el que se desarrolla en este proyecto.

##### **Políticas de regulación de emisiones.**

Toda política encaminada a la reducción de emisiones obliga a los fabricantes a rediseñar sus automóviles para que cumplan la normativa vigente.

##### **Conciencia social sobre cuidado del medio ambiente**

Cuanto mayor sea la concienciación de la población sobre el cuidado del medio ambiente mayor será el número de personas interesadas en el desarrollo de la tecnología del GNC.

##### **Subvención de la adaptación**

En la mayoría de lugares, la administración pública concede ayuda para la instalación del sistema de GNC en los vehículos. Por ejemplo, en España existe esta subvención y asciende a una cuantía de 2.000 €

### **Redes de transporte y distribución de gas**

En general, las redes de transporte y distribución de gas natural se encuentran ampliamente desarrolladas lo que permite el acceso a este combustible desde cualquier punto del territorio. Este hecho supone una oportunidad para el futuro desarrollo de los puntos de suministro.

Debilidades	Amenazas
<p>Adaptación exclusiva en un modelo.</p> <p>Pérdida de garantía del fabricante.</p> <p>Altos inventarios.</p> <p>Desconocimiento de tecnología.</p> <p>Baja autonomía.</p> <p>Revisiones periódicas.</p> <p>Duración de la instalación del sistema.</p>	<p>Disminución del precio del petróleo</p> <p>Otros combustibles alternativos (GLP, biocombustibles, hidrógeno)</p> <p>Otros vehículos alternativos (Coches eléctricos e híbridos)</p> <p>Competencia del fabricante original</p> <p>Estaciones de compresión</p>
Fortalezas	Oportunidades
<p>Baja competencia</p> <p>Posibilidad de adaptar a otros modelo</p> <p>Posicionamiento social</p> <p>No se necesita plan de financiación.</p> <p>Demanda Creciente usuarios de GNC.</p>	<p>Periodo de recesión económica</p> <p>Aumento del precio del petróleo</p> <p>Economías de escala</p> <p>Norma EURO</p> <p>Políticas de regulación de emisiones.</p> <p>Políticas de regulación de emisiones.</p> <p>Conciencia social sobre cuidado del medio ambiente</p> <p>Subvención de la adaptación</p> <p>Redes de transporte y distribución de gas</p>

Tabla 13. Tabla resumen DAFO. (Fuente: Elaboración propia)

### 3.6. Estrategia a implementar

#### 3.6.1. Marca del vehículo

A la hora de seleccionar el modelo, es determinante a fin jerarquizar la decisión, tener en cuenta los diversos considerandos del estudio estratégico previo, y que sirven de apoyo en la elección.

El primer factor; que la marca elegida no comercialice en la actualidad este modelo con el sistema de serie. Para ello, se comprueba la lista de fabricantes y modelos que actualmente venden vehículos con equipo GNC de serie.

Estas marcas han sido descartadas en el estudio.

Marca del fabricante	Gas natural
<b>Fiat</b>	<b>3</b>
Fiat Doblo PANORAMA M1 ACTIVE 1.4 T-JET NATURAL POWER GNC, 5 PL	
Fiat Doblo PANORAMA M1 ACTIVE 1.4 T-JET NATURAL POWER GNC, 7 PL	
Fiat Fiorino COMBI BASE 1.4 NATURAL POWER GNC M1 5plazas E5	
<b>Mercedes</b>	<b>6</b>
Mercedes-Benz B 180 NGT BE automático	
Mercedes-Benz B 180 NGT BE manual	
Mercedes-Benz E 200 NGT BE berlina automático 225/55 R16	
Mercedes-Benz E 200 NGT BE berlina automático 245/45 R17	
Mercedes-Benz E 200 NGT BE berlina automático 265/35 R18 ó 275/30 R19	
Mercedes-Benz Sprinter 316 NGT Combi Medio	
<b>Opel</b>	<b>3</b>
Opel COMBO TOUR 1.6 GAS NATURAL 94 CV MAN	
Opel Zafira 1.6 150cv CNG	
Opel Zafira 1.6 CNG 94 CV MAN	
<b>Volkswagen</b>	<b>3</b>
Volkswagen CADDY 2.0 SRE MAN. 5V GAS GNC KOMFORT	
Volkswagen CADDY 2.0 SRE MAN. 5V GAS GNC STARLINE	
Volkswagen CADDY 2.0 SRE MAN. 5V GAS GNC TRENDLINE	

Tabla 14. Modelos comercializados a GNC en España. (Fuente: IDAE)

El segundo factor; que marcas podría sacar al mercado en un corto-medio plazo un modelo de GNC con el sistema en serie (previsión de futuros modelos).

Para estimar esta probabilidad, se estudió el número de coches comercializados por las marcas con tecnologías alternativas (híbrido gasolina/gasóleo, bioetanol, GLP y GNC), obteniendo como resultado la Tabla 15:

Marca	Bioetanol	Gas natural	GLP	Híbridos de gasóleo	Híbridos de gasolina
Audi	4				2
Bentley	14				
BMW					3
Citroën				2	
Dacia			5		
Fiat		3			
Ford	3				
Lexus					6
Mercedes		6			
Opel		3			
Peugeot				3	
Porsche					2
Renault	7		1		
Seat	3		4		
Skoda			1		
Toyota					4
Volkswagen		3	4		1
Volvo	9				
Lancia	1				
Nissan					1

Tabla 15. Número de vehículos de tecnología alternativas distribuidos por marca. (Fuente: IDAE)

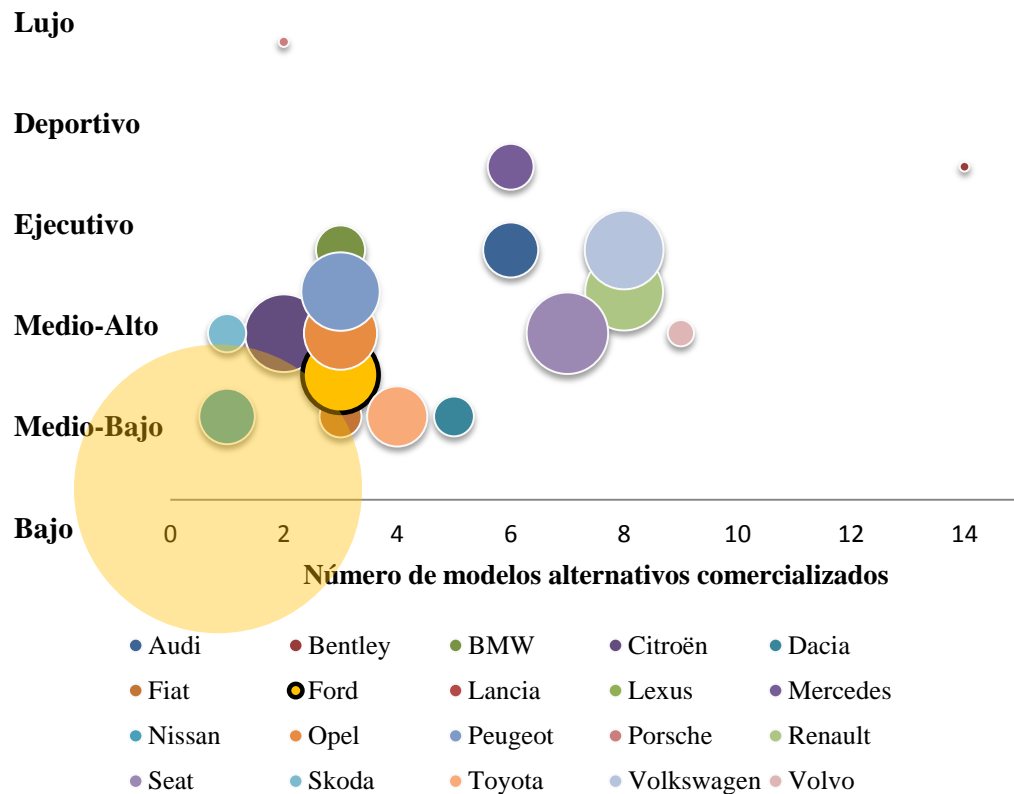
El tercer factor; el precio del modelo. Se prevé que los clientes potenciales del sistema serán aquellos que, por razones económicas busquen disminuir los gastos que les genera su coche. Por tanto, las principales marcas en el

mercado español se han clasificado según los siguientes segmentos; Lujo, deportivo, ejecutivo, medio-alto, medio-bajo, bajo.

La marca se selecciona en el entorno medio-bajo o bajo.

El cuarto factor; la cuota de mercado. Se tiene en cuenta el tamaño del mismo ya que cuanto mayor sea la escala, mayor será la rentabilidad. La cuota se estima a partir de los datos de matriculación de turismos en el año 2010 y 2011 publicados por ANFAC, asociación española de fabricantes de automóviles.

Como resultado, se obtiene el siguiente gráfico de burbujas donde el eje de abscisas representa el número de modelos comercializados con tecnología alternativa por cada marca (factor 1 y 2), las ordenadas, el segmento en el cuál compite la marca (factor3) y el diámetro de la burbuja, la cuota de mercado (factor 4).



Gráfica 5. Comparación entre marcas candidatas a instalar GNC. (Fuente: Elaboración propia)

En sombreado se resalta la mejor zona en la que podemos implementar el sistema, segmento bajo y baja previsión de instalación de serie. Se eligen como preferibles: Ford (amarillo), Citroën (violeta) y Nissan (turquesa).

### 3.6.2. Modelos considerados

Se identifican los tres modelos más baratos de la marca en los que podía ser viable la instalación del modelo





Figura 5. Modelo Ford Fusion (Fuente: Ford)



Figura 6. Modelo Nissan PIXO. (Fuente: Nissan)



Figura 7. Modelo Citroën C1. (Fuente: Citroën)

Para elegir entre estos modelos, se identifican una serie de variables técnicas, económicas y de producción que definen el atractivo del modelo.

**Técnicas.**

**Motor de gasolina**

Un motor de encendido provocado, reduce costes en la adaptación del sistema ya que no debe sustituirse el motor.

#### **Inyección multipunto.**

Se consigue un rendimiento mejor en sistemas de inyección electrónica, que en los coches con carburador, debido a que, la regulación de la carga de gas natural comprimido es un parámetro de diseño crítico.

#### **Relación de compresión elevada.**

Cuanto mayor sea la relación de compresión, mayor será el rendimiento del motor a gas natural. Al ser mayor el octanaje del gas natural, que el de la gasolina, se puede comprimir más sin provocar la auto detonación.

#### **Potencia baja.**

Se elige el modelo con el motor de menor potencia, se intuye que nuestros clientes no lo consideran un factor determinante, ya que la instalación del GNC conlleva una pérdida de potencia relativa.

#### **Emisiones gases contaminantes**

Cuanto mayor sea el nivel de emisiones, mayor será el interés en la instalación del sistema desarrollado. En este proyecto se reducen hasta los niveles exigibles por normativa futura.

#### **Capacidad del maletero elevada.**

Aunque el sistema desarrollado dispone las botellas de gas acopladas en la parte baja de la carrocería auto portante del vehículo, si el cliente desea una ampliación de la autonomía la solución pasaría por la instalación en el maletero una botella adicional.

#### **Altura rueda-bastidor.**

Se ha seleccionado un coche que disponga de altura de bastidor lo suficientemente grande, como para que quepan las botellas en la parte inferior sin rozar la carretera.

### **Económicas**

#### **El fabricante no comercializa GNC en España.**

Es importante para la rentabilidad de nuestro negocio que el fabricante, no mantenga actualmente, ni tenga visos de implantar la tecnología del GNC en sus modelos.

#### **Precio**

La razón principal por la que los clientes adquieren el sistema es ahorrar costes al poder utilizar un combustible más barato que la gasolina, por tanto, el precio es un factor clave en la selección de nuestro modelo.

#### **Cuota de mercado**

Ya que el total de nuestro mercado, lo componen aquellos que poseen este vehículo es decisivo que este número sea lo suficientemente elevado como para que podamos obtener rentabilidad del proyecto.

#### **5 años desde comienzo de ventas.**

Se selecciona un coche que lleve algunos años en el mercado, ya que es comprensible que una de adaptación a GNC se realice a la mitad del ciclo de vida del producto.

### **Fabricación**

#### **Producción española.**

Si un modelo se fabrica en España representa una ventaja frente a otros modelos.



Figura 8. Producción española de vehículos. (Fuente: ANFAC 2010)

### 3.6.3. Modelo seleccionado

Organizando las variables anteriores en forma de tabla obtenemos los siguientes resultados. En sombreado se resalta el mejor modelo para cada variable.

Consideración	Variable	Ford Fusion	Nissan PIXO	Citroën C1
Técnicas	¿ Motor gasolina ?	Sí (Modelo 1,4 80CV)	Sí (Modelo 1.0 68CV)	Sí (Modelo 1.0 68CV)
	¿Inyección multipunto?	Sí	Sí	Sí
	Relación de compresión	11.0:1	11.0:1	10.5:1
	Potencia [CV]	80	68	68
	Consumo [l/100km]	6.6	5.2	4.6
	Emisiones de CO <sub>2</sub> [gr/kg]	154	122	109
	Maletero [litros]	337	774	139
	Altura rueda-bastidor	Alto	Medio	Bajo
Económicas	Modelo GNC en España	No (Prerrequisito)	No (Prerrequisito)	No (Prerrequisito)

Consideración	Variable	Ford Fusion	Nissan PIXO	Citroën C1
	P.V.P.	Desde 9.300€	Desde 8.700	Desde 7690€
	Segmento	Bajo (Prerrequisito)	Bajo (Prerrequisito)	Bajo (Prerrequisito)
	Cuota en su segmento	14.2%	8%	10%
	Año inicio venta	2006	2007	2005
<b>Fabricación</b>	Producción española	Sí	NO	No

Tabla 16. Selección del modelo. (Fuente: Elaboración propia)

Si ponderamos cada variable equitativamente el resultado del estudio es:

Ford: 10/14 Nissan: 7/14 Citroën 6/14.

Dando como resultado que el modelo seleccionado es el Ford Fusion 1,4.de 80CV. Los requisitos básicos de nuestro estudio los cumple; es barato, la marca no fabrica modelos GNC en España, el motor es de gasolina, de inyección electrónica y presenta una alta relación de compresión y además se destaca que es el modelo con mayor espacio debajo del coche y, por tanto, mayor autonomía.



Figura 9. Ford Fusion (Fuente: Ford Urban)

Una vez seleccionado el modelo se confirma la posibilidad de la implantación del sistema en la zona inferior del chasis.

Para ello se consigue disponer de un coche Ford Fusion para su inspección en el concesionario Mas Motor Canarias SL. Se estudia la estructura del coche para poder tomar referencias de la instalación del sistema GNC en el vehículo. A continuación se disponen algunas imágenes de la zona de interés:



Figura 10. Ford Fusion en plataforma elevadora (Fuente: Mas Motor Canarias)

En este reconocimiento se tomaron medidas de las dimensiones necesarias para la posterior adaptación a gas natural, tomando especial importancia las dimensiones del depósito de combustible, clave para poder dimensionar las bombonas de GNC.



Figura 11. Depósito de gasolina Ford Fusion 1,4 (Fuente: Mas Motor Canarias)

El depósito se sitúa en la parte trasera del vehículo, justo en la zona inferior de los asientos traseros. Cerca del depósito se encuentra la tubería de expulsión de los gases como se puede apreciar en la figura.



Figura 12. Depósito de gasolina junto sistema de escape. Ford Fusion. (Fuente: Mas Motor Canarias)

También, se identificaron los lugares de sujeción del tanque de combustible para tomarlos como referencia en la instalación del sistema de soporte de las bombonas (Figura 13 y 14)





Figura 13. Sujeción trasera izquierda del depósito de gasolina Ford Fusion. (Fuente: Mas Motor Canarias)



Figura 14. Sujeción trasera derecha del depósito de gasolina Ford Fusion. (Fuente: Mas Motor Canarias)

Efectivamente, la instalación del sistema en este modelo es idónea, dispone de un habitáculo en la zona inferior lo suficientemente grande como para dotar al coche de una autonomía aceptable. Además la distancia entre los puntos de sujeción del depósito al chasis y la carretera es elevada, lo que permite instalar botellas de mayor diámetro.

Otra característica importante, es que los canales de expulsión de gases se bifurcan hacia un extremo del coche se evita el posible calentamiento de las botellas y, por tanto, el aumento de presión en las mismas.



#### 3.6.4. Ubicación del taller

Para realizar la instalación del sistema desarrollado en el estudio técnico, se necesita de un local/taller con maquinaria y personal adecuado para ofrecer este tipo de servicios.

El lugar seleccionado para de adaptación de los vehículos es el polígono industrial de Almussafes en Valencia.

En la siguiente ilustración se observa la localización del polígono (sombreado en rojo).



Figura 15. Taller de adaptación en Almussafes, Valencia. (Fuente: Google Maps)

Las razones principales de esta elección son tres:

**Estación de servicio de GNC para particulares TAXCO.**

Es necesario que nuestros clientes dispongan de un centro de repostaje público accesible. Esta infraestructura es posible, gracias

a la estación TAXCO, estación pública que dispuso del primer surtidor de gas natural en España.

Dirección: CL DELS GREMITS, 10 (POLIG.VARA DE QUART) 46014

Horarios: De Lunes a Domingos 24 horas.



Figura 16. Estación TAXCO, Valencia. (Fuente: Página web TAXCO)

### **30min en coche desde Valencia.**

La localización del taller a 30 min de Valencia permite que el taller sea accesible a un mayor número de personas. Se entendió que los clientes no dispondrán de coche durante la adaptación del mismo, por tanto, la cercanía de nuestro taller a la vivienda de nuestros clientes es fundamental.

### **Fábrica FORD en el mismo polígono.**

Es interesante tener en cuenta que la fábrica de FORD se encuentra en el mismo polígono industrial. Se puede beneficiar el taller de un flujo bi-direccional de intereses, ellos pueden ayudarnos a publicitar el servicio a cambio de un porcentaje de la venta e incluso pueden llegar a comprar el negocio para explotarlo ellos mismos.

### **Apoyo de la Comunidad Valenciana**

Aunque, en teoría existen ayudas económicas para la instalación del equipo en vehículos privados en todas las comunidades autónomas, en realidad es la Comunidad Valenciana la que dentro del territorio nacional ha ofrecido y ofrece un mayor apoyo a toda tecnología tendente a ser responsable con el medio ambiente, contribuyendo en gran medida con las campañas publicitarias que hasta la fecha ha patrocinado a fin de concienciar a sus ciudadanos sobre el mismo.

#### **3.6.5. Mercado objetivo**

El segmento del mercado a explotar se compone por clientes de Ford que dispongan del modelo Ford Fusion de 1400 cc en España, sobretodo en Valencia, con ánimo de realizar una adaptación de su vehículo al uso del GNC por razones medioambientales y/o económicas.

## 4. ESTUDIO TÉCNICO

### 4.1. Componentes

El sistema adoptado se describe de la siguiente forma:

El gas natural comprimido es almacenado en las botellas (1) sujetas a través de abrazaderas a la parte inferior de la carrocería autoportante del Ford-Fusion. Al activar el sistema encendido, la electroválvula del cilindro (6) se abre y permite el paso del flujo de gas en dos direcciones, una hacia la unidad de llenado (4), impedido su paso por una válvula antirretorno (5) y la otra hacia el regulador de presión (2).

El flujo hacia el regulador de presión (2) se realiza a través de tubos de acero(7). El regulador mantiene la presión de salida en el valor óptimo para los inyectores (3), los cuales son pilotados por la centralita de gas mediante una señal electrónica que controla el tiempo de apertura.

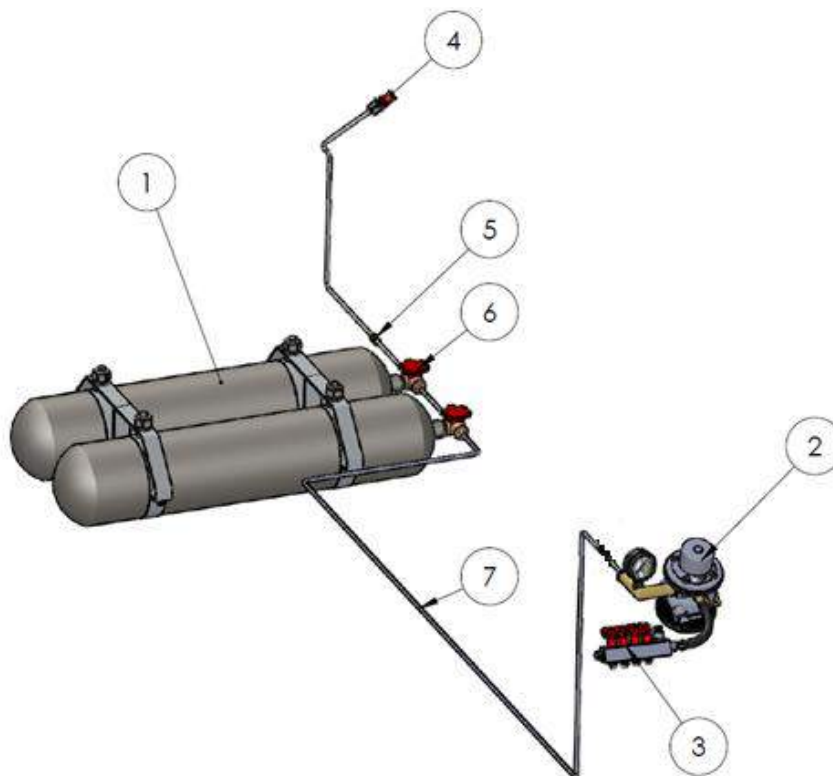


Figura 17. Sistema adaptación GNC. (Fuente: Elaboración propia)

Los componentes que configuran el sistema son:

- Recipiente (cilindros GNC)
- Regulador de presión.
- Válvula de cilindro
- Electroválvula
- Inyectores
- Centralita de gas
- Tuberías y accesorios

#### Recipiente (Cilindros GNC)

De sección cilíndrica, suelen fabricarse de acero, manganeso o de baja aleación, se utiliza para almacenar el gas natural comprimido. Se fabrican a partir de tochos sin costura o discos por embutido profundo, para luego ser sometidos a un tratamiento térmico y mecanizado adecuado.

Según las necesidades de autonomía y capacidad del vehículo, se determinan el tamaño y el peso del cilindro.



Figura 18. Cilindro GNC. (Fuente: Elaboración propia)

Para su homologación se utiliza el Reglamento nº 110 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, ella cual clasifica a los cilindros en cuatro grupos

CNG-1 Metal

CNG-2 Camisa metálica reforzada con filamento continuo impregnado de resina (enrollado en aros)

CNG-3 Camisa metálica reforzada con filamento continuo impregnado de resina (enrollado cubriendo totalmente la camisa)

CNG-4 Filamento continuo impregnado con resina con una camisa no metálica (todo material compuesto)

La ubicación normal de los cilindros es en la maleta del vehículo. Sin embargo, en este proyecto, se instalan en la parte inferior del mismo, soportado por un conjunto mecánico.

#### Regulador de presión

Los reguladores de presión son equipos de control de flujo, que mantienen la presión constante a la salida, independientemente de variaciones de presión de entrada o a los cambios de requerimientos de flujo.

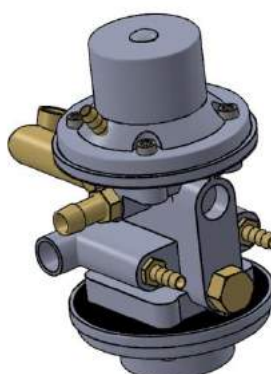


Figura 19. Regulador de presión. (Fuente: Elaboración propia)

Para evitar la congelación del gas durante la descompresión se realiza una instalación en paralelo al sistema de refrigeración por agua manteniendo un flujo continuo a través del cuerpo del regulador.

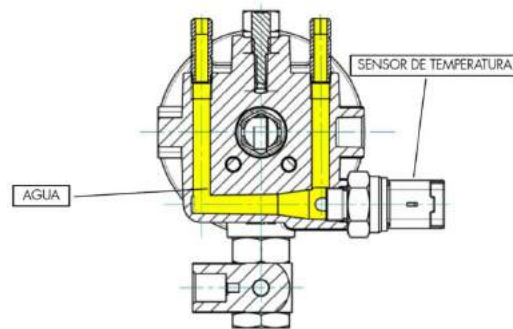


Figura 20. Regulador de presión. Corte longitudinal. (Fuente: BRC Gas Equipment)

#### Principio de funcionamiento

A bajas presiones la válvula se encuentra completamente abierta, cuando la presión de salida de la válvula aumenta se acciona un vástago que obstruye la comunicación entre la entrada y la salida provocando la interrupción del caudal. Cuando la presión de salida disminuye la presión sobre el diafragma también lo hace y la presión de entrada vence al vástago generándose flujo entre los dos canales.

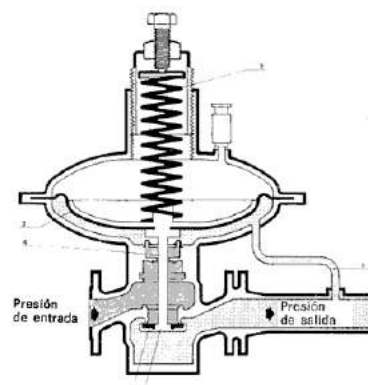


Figura 21. Regulador de "Fiorentini". (Fuente: Libro El gas Natural)

### Válvula automática de botella

Son electroválvulas que se colocan sobre la boca del cilindro. Se encuentran normalmente abiertas permitiendo la entrada y salida de gas de los cilindros. Poseen tres sistemas de seguridad: por exceso de flujo, presión o temperatura. En caso de escape, se cierran bloqueando automáticamente evitando la fuga del gas y solo podrán ser puestas en estado normal en los talleres autorizados

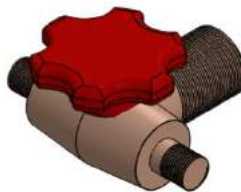


Figura 22. Válvula automática cilindro. (Fuente: Elaboración propia)

### Electroválvulas

Se trata de una válvula electro asistida instalada cerca de el caño de entrada al regulador de presión cuya misión es abrir o cerrar el paso de flujo de gas en función de la posición del encendido. Abriéndose en el momento del arranque y cerrándose en caso de apagado del motor



Figura 23. Electroválvula. (Fuente: Elaboración propia)

### Inyectores

Son los encargados de entregar el combustible al motor, por tanto, se instalan cerca del colector de admisión. Funcionan como una electroválvula que realizan pulsos muy rápidos .



El gas contenido en el raíl entra en la parte inferior del inyector y se introduce en el colector de aspiración cuando el obturador, movido por el electroimán, libera la sección de pasaje. La hermeticidad está garantizada por la parte final en goma del obturador que evita cualquier tipo de fuga. El diferencial de presión que actúa sobre el obturador permite que éste permanezca cerrado cuando la bobina no está excitada, impidiendo al gas descargarse en el colector de aspiración.

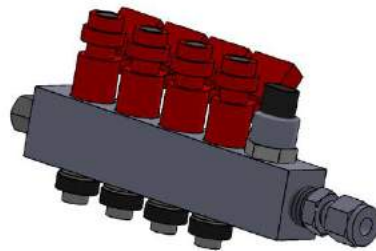


Figura 24. Raíl e inyectores. (Fuente: Elaboración propia)

### Centralita de gas

Es un computador similar al que dirige la inyección de gasolina en el motor. Es programable y realiza todas sus operaciones basados en el pulso de inyección de gasolina. Lee el pulso de inyección, corrige la entrega de combustible por presión y temperatura de gas. Acciona los inyectores de gas (pulso y secuencia de inyección)



Figura 25. Centralita de gas. (Fuente: BRC Gas Equipment)

### Tuberías y accesorios

#### Mangueras de conexión.

Encargadas de conducir el gas de baja presión desde el regulador a los inyectores y el agua del sistema de refrigeración al regulador.

#### Tuberías de alta presión

Construida en acero inoxidable su presión de trabajo es de 200 bar y su función es la de conducir el gas entre el cilindro, la válvula de llenado y el regulador de presión.

#### Sensor de temperatura

El sensor de temperatura es instalado directamente sobre el reductor y es un sensor de tipo resistivo de tres cables, del tipo “termistor NTC”. Todas las estrategias de conmutación a gas del sistema se basan sobre la medida de temperatura del agua detectada por este sensor.



Figura 26. Sensor de temperatura. (Fuente: Elaboración propia)

#### Unidad de llenado

Es la válvula que permite el paso de gas en un solo sentido hacia los cilindros en el momento de llenado



Figura 27. Unidad de llenado. (Fuente: Elaboración propia)

## 4.2. Fases

### 4.2.1. Almacenamiento

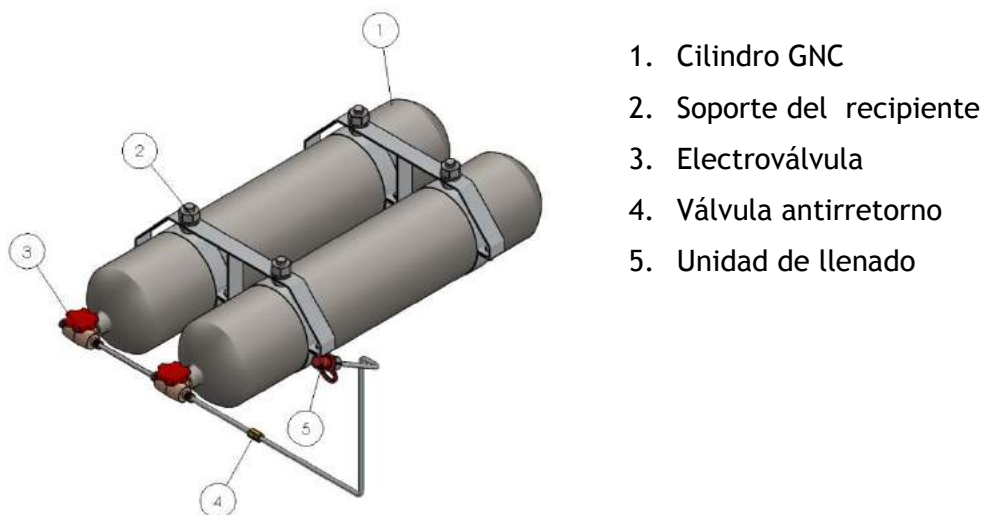


Figura 28. Almacenamiento. (Fuente: Elaboración propia)

El sistema de almacenamiento consiste en dos cilindros conectados en paralelo, cada uno con sus electroválvulas, y el tramo de tubería de repostaje.

Existen dos tipos de carga dependiendo de la forma de suministro; rápida y lenta. La carga rápida se consigue conectando la unidad de llenado a botellas anteriormente presurizadas a 250 bar. La carga lenta se refiere a rellenar las botellas con un compresor normal. La diferencia en tiempo entre ambos métodos es importante, aunque depende de las dimensiones de los cilindros, la carga rápida suele tardar algunos minutos mientras que la carga lenta varias horas.

Una vez finalizada la carga, los cilindros almacenan el gas natural presurizado a 200 bar hasta que las válvulas automáticas abran el circuito. Esta válvula puede ser accionada también de forma manual y en ella se integran dos dispositivos de seguridad, un limitador de presión y un limitador de caudal.

La autonomía del sistema diseñado es 69,5 km. El cálculo desarrollado se puede consultar en el *Anexo 1. Autonomía del vehículo*.

#### 4.2.2. Regulación y Control

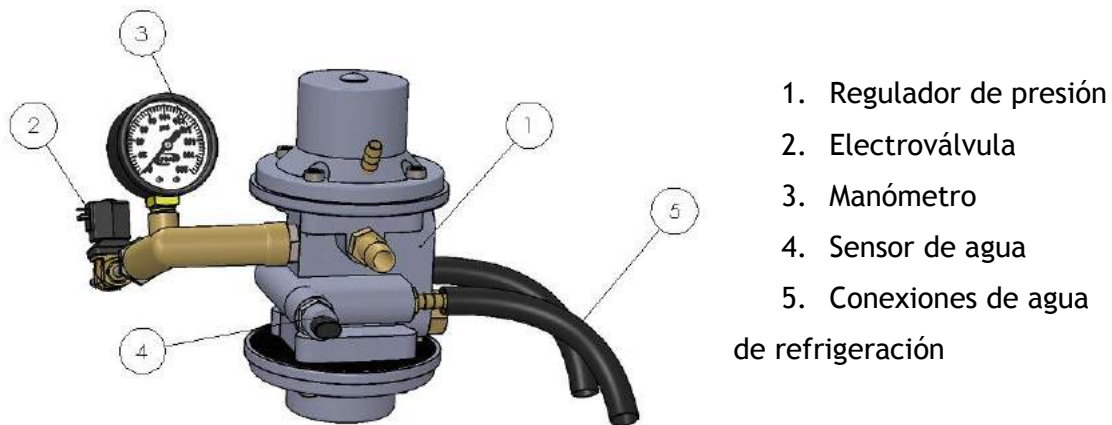


Figura 29. Regulación y control. (Fuente: Elaboración propia)

Para descomprimir el gas a una presión adecuada para los inyectores se utiliza un regulador dividido en dos etapas de descompresión.

Una primera se encarga de expandir el gas hasta 60 bar y la segunda hasta 2 bar. Como consecuencia de la expansión, la temperatura del gas disminuye hasta temperaturas cercanas a la congelación, por tanto, para evitar que esto suceda y se interrumpa el flujo, se recircula agua caliente de la salida del motor por el cuerpo del regulador, el sensor de temperatura (4) es el encargado de registrar dicha temperatura y enviarla a la centralita de gas.

En la entrada del regulador se integra una válvula de control electrónico, que detiene la alimentación al pararse el motor y un manómetro de tipo resistivo. La señal del manómetro es utilizada como indicador del nivel de combustible de las botellas.

##### Esquema de presiones en funcionamiento

A continuación se identifican los elementos sometidos a presión durante tres estados de servicio diferentes.

**Repostaje.** Elementos sometidos a presión (<200 bar).

La electroválvula del regulador impide el paso de GNC.

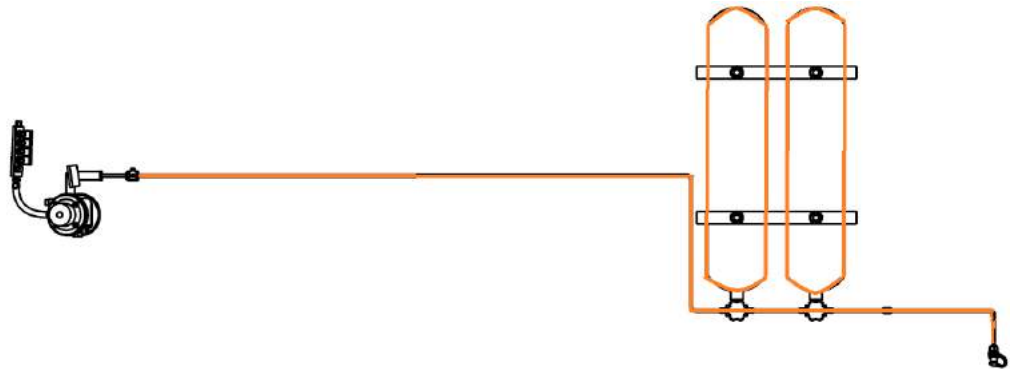


Figura 30. Elementos sometidos a presión durante el repostaje. (Fuente: Elaboración propia)

**Motor apagado.** Elementos sometidos a presión (<200 bar).

El flujo de gas es impedido por las electroválvulas de los cilindros.

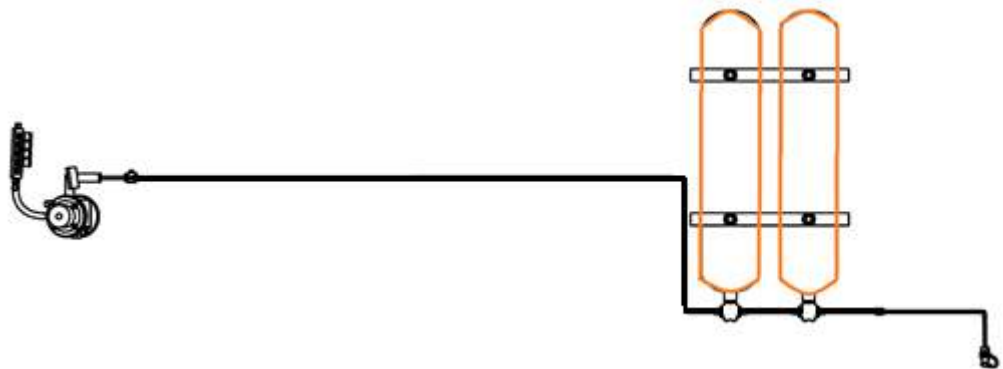


Figura 31. Elementos sometidos a presión con el motor apagado. (Fuente: Elaboración propia)

**Motor encendido.** Elementos sometidos a presión: Naranja (<200bar). Azul (<2 bar).

Las dos electroválvulas se encuentran abiertas, el regulador de presión mantiene la presión de los inyectores estable y la válvula antirretorno impide que el gas fluya en sentido inverso.

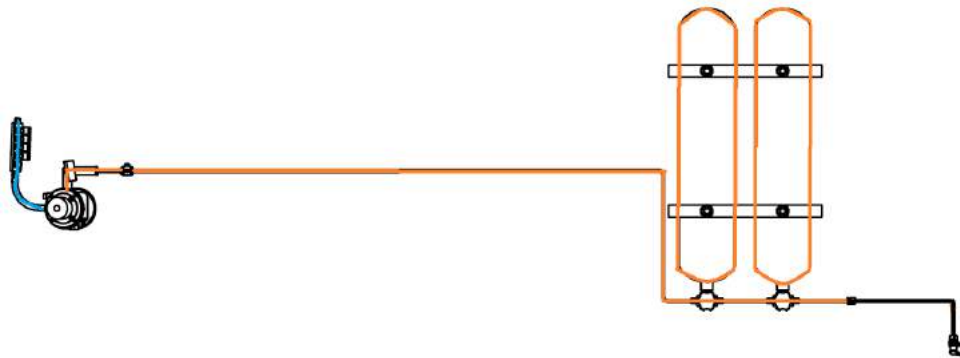
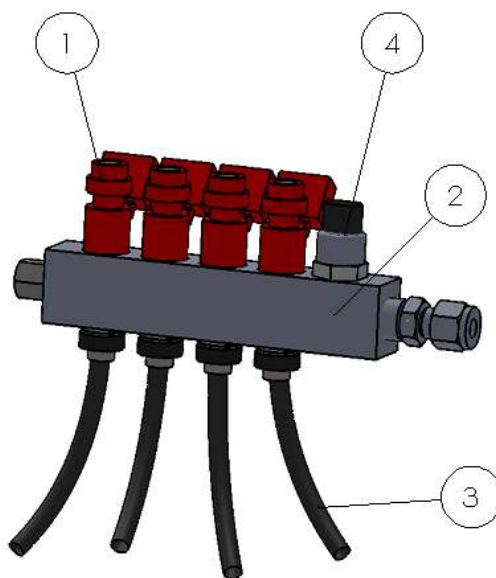


Figura 32. Elementos sometidos a presión con el motor encendido. (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.2.3. Inyección



- 1. Inyectores
- 2. Raíl de inyectores
- 3. Tubos de conexión con el colector de admisión
- 4. Sensor de presión y temperatura

Figura 33. Inyección. (Fuente: Elaboración propia)

El gas natural llega al rail de inyectores desde el regulador de presión.

Para regular el caudal se utilizan cuatro inyectores, uno por cada cilindro, pilotados por la centralita de gas de forma secuencial, equivalente a como se operan los de gasolina.

En el rail se encuentra un sensor de presión y temperatura que aporta a la centralita de gas parámetros de cálculo para la regulación efectiva de combustible.

Finalmente, el combustible llega al colector de admisión a través de unos tubos de gasolina que terminan en una boquilla especial que es atornillada al mismo colector, cerca de la válvula de admisión de cada cilindro.

### Pilotaje de los inyectores

Los inyectores son pilotados por un impulso eléctrico de mando controlado por la central electrónica de gas. Estos impulsos determinan la cantidad de combustible que hay que inyectar, influyendo sobre el tiempo de apertura de los mismos en cada vuelta de cigüeñal.

La centralita de control de gas está conectada a la unidad de control (ECU) del vehículo donde se lee el tiempo de inyección de combustible que requiere en cada momento.

Debido a que las condiciones de presión y temperatura de gas pueden variar dependiendo del estado de servicio del motor, la centralita recibe señales de los sensores situados en el raíl (sensor PTS), así como del sensor del colector de admisión (sensor MAP), para adaptar en tiempo real sus cálculos.

CENTRALITA GAS			
Entrada		Salida	
Señal	Emisor	Señal	Receptor
Tiempo de inyección gasolina	ECU	Tiempo de inyección gas	Inyectores de gas
Temperatura gas	Sensor temperatura en el raíl de inyectores		
Presión gas	Sensor de presión en el raíl de inyectores		
Presión del aire aspirado	Sensor MAP en el colector de admisión		

Tabla 17. Señales entrada/salida centralita gas. (Fuente: Elaboración propia)

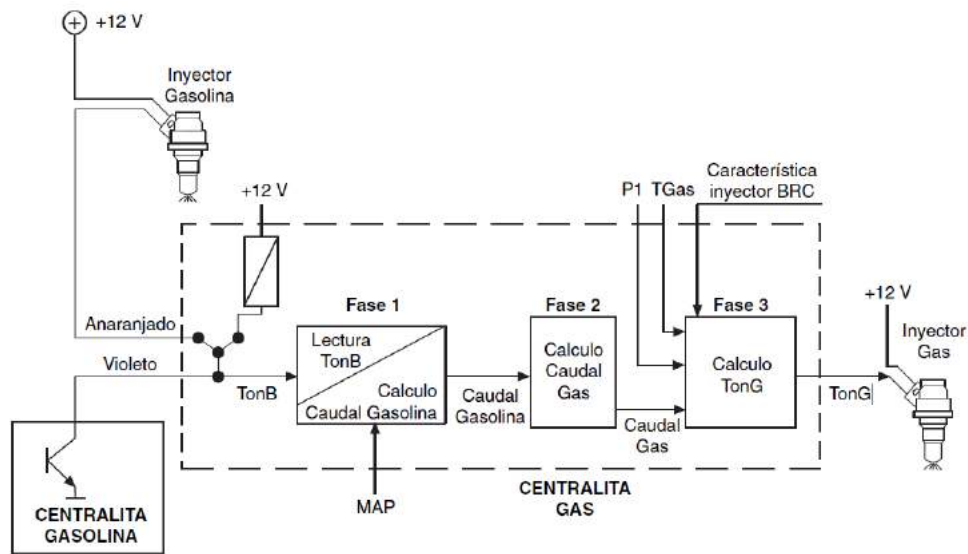


Figura 34. Esquema regulación de tiempo de inyección. (Fuente: BRC Gas Equipment)

La centralita almacena en su memoria, un mapa característico de cada vehículo con los valores óptimos del tiempo de inyección en función de los parámetros de entrada de los sensores.

Para calibrar la centralita se puede realizar un auto-mapeado del vehículo o utilizar mapas ya desarrollados.

El ordenador sirve como instrumento de diagnóstico para verificar el correcto funcionamiento del sistema o para detectar eventuales anomalías.

#### 4.2.4. Seguridad

La seguridad del sistema es controlado por la válvula automática de cilindro. En ella se integran tres dispositivos; un limitador de presión, un limitador de caudal y una válvula manual

- Limitador de presión alivia la presión interna del sistema una vez se alcanza la presión de tarado. Su objetivo es evitar una explosión de la botella o el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión.



El dispositivo debe permitir el paso del fluido a una presión inferior a la rotura del tanque y un caudal igual o superior del requerido por los inyectores.

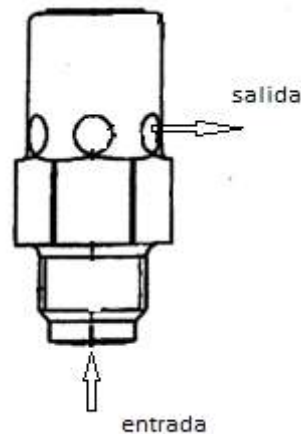


Figura 35. Válvula limitadora de presión. (Fuente: NTP342)

- Limitador de caudal, corta el suministro de gas cuando el caudal que precisa la instalación es mayor que el tarado de la válvula. Se utiliza para evitar que, ante una fuga de gas, se descargue a la atmósfera grandes cantidades de GNC.
- La válvula manual sirve para cortar el suministro de gas desde las botellas al resto de la instalación de forma manual. En caso de accidente debe ser accionada inmediatamente para evitar posibles fugas de gas.

#### Modos de fallos

Por “modos de fallo” se entiende todas las formas por las que un componente del sistema puede fallar.

Se disponen a continuación una clasificación de los modos más habituales, sus causas y los componentes que pueden estar involucrados en el fallo.

**Modo de fallo1:** *Fallo por estanqueidad.*

Descripción: El componente tiene una fuga y se genera pérdida de gas a través de él.

Causas: Corrosión, diseño inadecuado, falta de mantenimiento, debilitamiento

Componentes: Válvula automática de cilindro, regulador de presión, inyectores, tuberías de alta y baja presión y unidad de llenado.

**Modo de fallo2:** *Fallo en operación*

Descripción: Son fallos que se producen cuando el sistema está funcionando e impiden que un componente realiza su labor específica.

Causas: Bloqueo, obstrucción (formación de hielo), cierre imperfecto, actuaciones sin control por sobrepresiones o vibraciones

Componentes: Válvula de cilindros, regulador de presión, inyectores, electroválvula y tuberías

**Modo de fallo 3:** *Rotura*

Descripción: Fractura de un componente total o parcial

Causas: Accidente del vehículo, golpe, debilitamiento a causa de vibración o corrosión

Componentes: Cilindro, válvula de cilindro, regulador de presión, inyectores, unidad de carga y tuberías

**Modo de fallo 4:** *Fallo a demanda*

Descripción: Un componente no responde a una señal de actuación

Causas: Fallo mecánico por el desgaste de componentes o fallo en la transmisión de la señal electrónica

Componentes: Válvula de cilindro, electroválvula, inyector, sensor MAP y PTS, Manómetro de tipo resistivo.

**Modo de fallo 5: *Inversión del flujo***

Descripción: El flujo de gas circula en sentido contrario

Causa: Fallo en válvula antirretorno

Componente: Válvula antirretorno

## 4.3. Diseño

### 4.3.1. Recipiente

Se ha estudiado el diseño dispuesto en la figura 36 para que pueda ser acoplado al vehículo Ford Fusion 1,4 cumpliendo la normativa vigente.

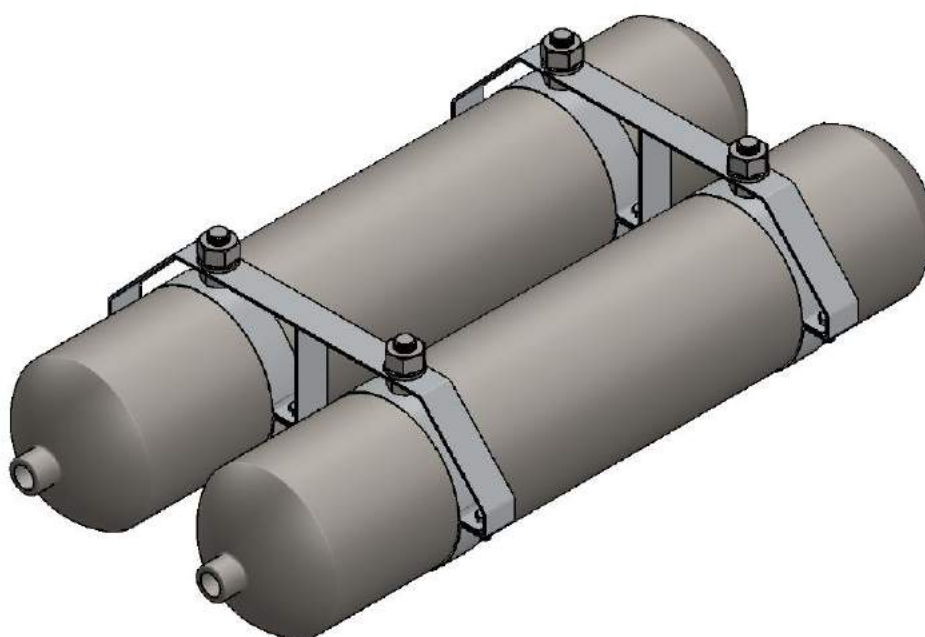


Figura 36. Recipiente de GNC y accesorios. (Fuente: Elaboración propia)

Para el diseño se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones.

**Económicas.** Con el objetivo de reducir al máximo el valor marginal del kit de GNC, se persigue reducir costes empleando materiales baratos, optimizando la cantidad de material empleado y buscando procesos de fabricación de coste reducido.

**Peso.** Se busca la utilización de un material ligero para que el sistema de almacenamiento no provoque desequilibrios en el centro de masa del vehículo

**Requisitos dimensionales.** Las dimensiones del sistema están calculadas de tal forma que ocupen el espacio dejado por el depósito de gasolina.

**Autonomía.** La autonomía del sistema diseñado es 69,5 km. El cálculo desarrollado se puede consultar en el *Anexo 1. Autonomía del vehículo*

**Presión de rotura.** Se trata de un parámetro fundamental en el diseño.

La presión del gas sobre las camisas de las botellas puede provocar la explosión de las anteriores, así como fugas de gas inflamable a la atmósfera.

Se utiliza como parámetro de diseño la presión de rotura máxima admisible dispuesta en el Reglamento nº110 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa en el Anexo 3 (Botellas de gas) en el apartado 6.17 Cambio de diseño.

Se elige diseñar un cilindro GNC-1, ya que se trata más barato del mercado.

	CNG-1 Todo metal	CNG-2 Envolverte de anillos		CNG-3 Envolverte completa		CNG-4 Todo material compuesto	
	Presión de rotura [MPa]	Relación de esfuerzos [MPa]	Presión de rotura [MPa]	Relación de esfuerzos [MPa]	Presión de rotura [MPa]	Relación de esfuerzos [MPa]	Presión de rotura [MPa]
Todo metal	<u>45</u>						
Vidrio		2.75	50	3.65	70	3.65	73
Aramida		2.35	47	3.10	60	3.1	62
Carbono		2.35	47	2.35	47	2.35	47

Tabla 18. Valores Mínimos reales de rotura y relaciones de esfuerzos.

### Material empleado.

Se utiliza Acero AISI 4340, con un tratamiento térmico posterior de normalizado a 870°C. Este posee acero es un alto contenido de aleación, una excelente y profunda templabilidad, buena tenacidad y ductilidad, y por su elevada resistencia a la tensión puede usarse en piezas sujetas a severos esfuerzos.

La composición química del acero AISI 4340 es:

Composición química AISI 4340	
C 0.38/0.43%	Ni 1.65/2.00%
Mn 0.60/0.80%	Cr 0.70/0.90%
Si 0.20/0.35%	Mo 0.20/0.30%

Tabla 19. Composición química Acero AISI 4340. (Fuente: IIRSACERO)

Las propiedades características de este acero son:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2.05e+011	N/m <sup>2</sup>
Coeficiente de Poisson	0.32	N/D
Módulo cortante	8,00E+10	N/m <sup>2</sup>
Densidad	7850	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	1,11E+09	N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	7,1E+08	N/m <sup>2</sup>
Coeficiente de expansión térmica	1.23e-005	/K
Conductividad térmica	44.5	W/(m·K)
Calor específico	475	J/(kg·K)

Tabla 20. Propiedades Acero AISI 4340. (Fuente: SoildWorks)

### Dimensiones

La longitud y el diámetro del recipiente se calculan a partir del espacio que deja libre el depósito de gasolina.

Para calcular el espesor se realiza un estudio de optimización que puede consultarse en el *Anexo 2. Calculo de espesor del recipiente*

### Análisis de esfuerzos

Según se ha dispuesto en la Tabla 18 el diseño deberá no romper por debajo de 45 MPa. Para ello, se estudia el diseño por el método de los elementos finitos (MEF) en el programa “SolidWorks”.

#### **Ensayo1. Presión de rotura inferior a 45 MPa**

Para el cálculo del nivel de seguridad se toma como referencia la tensión de rotura del material y la tensión máxima admisible por el criterio de Von Mises.

$$N = \frac{\sigma_{Von Mises}}{\sigma_{límite}}$$

*N, es el nivel de seguridad*

*$\sigma_{Von Mises}$ , es la tensión equivalente por el criterio de Von Mises*

*$\sigma_{límite}$ , es la tensión de rotura del acero*

Se observa el nivel de seguridad, y se comprueba que ningún punto del cilindro está sometido a presiones superiores al límite

$$\text{Factor de seguridad} \rightarrow N_{min} = 1,27 ; N_{max} = 51,35$$

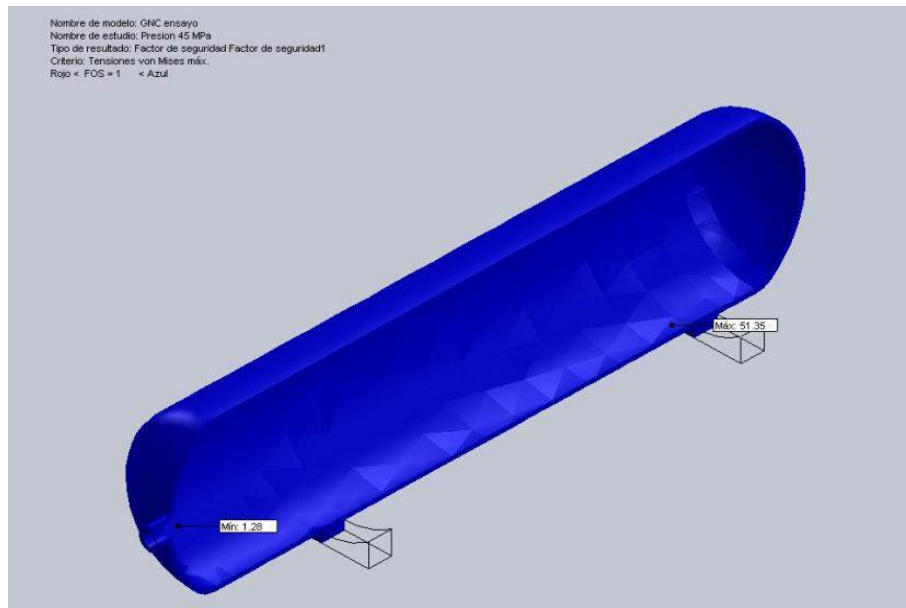


Tabla 21. Factor de seguridad ensayo 45 MPa cilindro GNC. (Fuente: Elaboración propia)

## Ensayo 2. Análisis de esfuerzos para carga parcial (2Mpa) y carga completa (20 MPa).

Se compara los resultados del análisis de tensiones y deformaciones para dos estados de carga de la bombona de GNC.

Escala de deformación: 304

Escala de tensiones: Azul (0 MPa), Rojo (400 MPa)

Más información acerca de este ensayo está disponible en el Anexo 3.

*Análisis de esfuerzos del recipiente (20 MPa)*



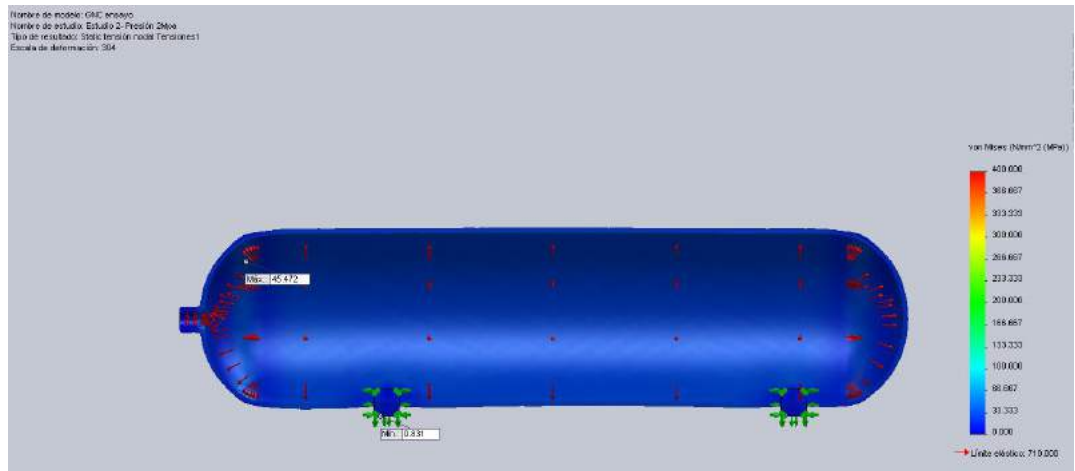


Figura 37. Tensión cilindro carga parcial 2MPa. (Fuente: Elaboración propia)

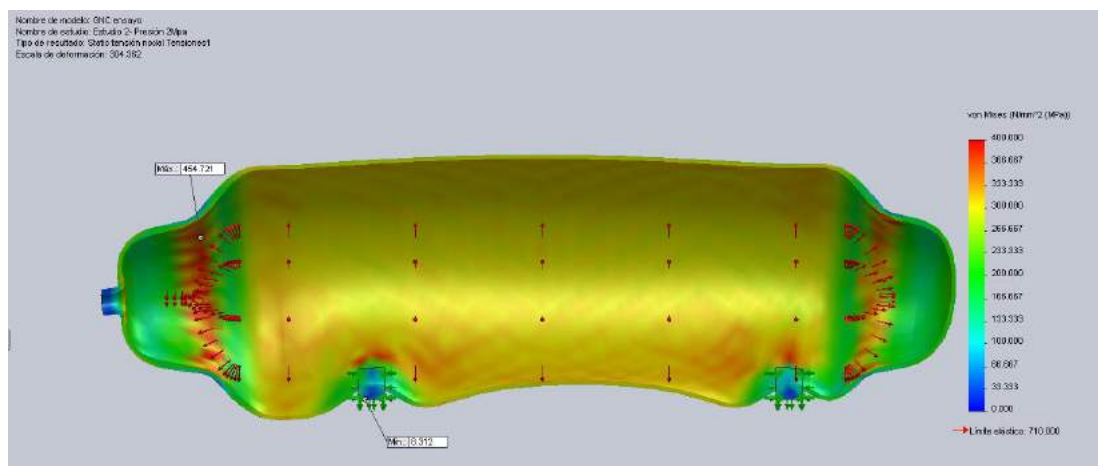


Figura 38. Tensión cilindro carga total 20 MPa. (Fuente: Elaboración propia)

## Conclusiones

El incremento de longitud en dirección axial es superior que el incremento radial. Las zonas de tensión máximas del modelo, se sitúan en los extremos del cilindro, justo al inicio de la curvatura.

#### 4.3.2. Soporte del recipiente

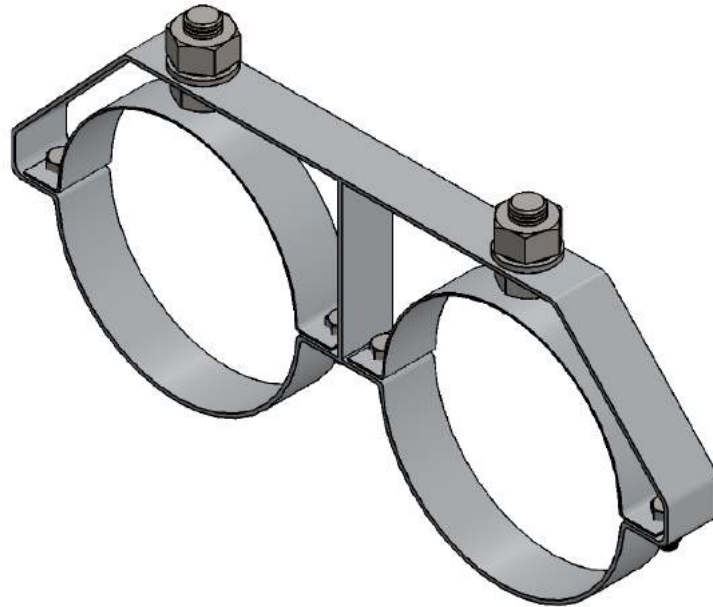


Figura 39. Conjunto de sujeción. (Fuente: Elaboración propia)

Para el diseño se tienen en cuenta las siguientes consideraciones;

**Dimensionales.** Derivan de las propias de los cilindros y permiten su fijación en la parte inferior del chasis del vehículo.

**Peso.** Se busca reducir el peso de todos los componentes al mínimo posible para no provocar cambios en el centro de masa del vehículo.

**Sujeción en la dirección axil** de la abrazadera. El diámetro de las abrazaderas es 2,5 mm inferior al diámetro del cilindro con lo que se impida la rotación y el desplazamiento longitudinal de las botellas.

**Deformación.** Se comprueba que el peso de las botellas no provoque deformaciones en la estructura diseñada.

### Material

El material utilizado es Aleación 2014, una aleación de aluminio de alta resistencia y bajo peso. Desde el punto de vista físico, el aluminio puro posee una resistencia muy baja a la tracción y una dureza escasa. En cambio, unido en aleación con otros elementos, el aluminio adquiere características mecánicas muy superiores.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	7.3e+010	N/m <sup>2</sup>
Coeficiente de Poisson	0.33	N/D
Módulo cortante	2.8e+010	N/m <sup>2</sup>
Densidad	2,80E+03	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	1,65E+08	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión en X		N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	96509800	N/m <sup>2</sup>
Coeficiente de expansión térmica	2.3e-005	/K
Conductividad térmica	160	W/(m·K)
Calor específico	960	J/(kg·K)

Tabla 22. Propiedades del aluminio aleado 2014. (Fuente: SolidWorks)

### Análisis de esfuerzos

#### **Ensayo 1. Deformación por el peso del cilindro.**

El sistema se ha diseñado de tal forma que el peso de los cilindros no provoque deformaciones considerables en la estructura.

La fuerza aplicada sobre cada abrazadera se ha modelado según una carga distribuida en la superficie igual a la mitad del peso del cilindro.

$$P = M_{cilindro} * g = 60 \text{ N}$$

En la Figura 40 se encuentra representada esta carga distribuida:

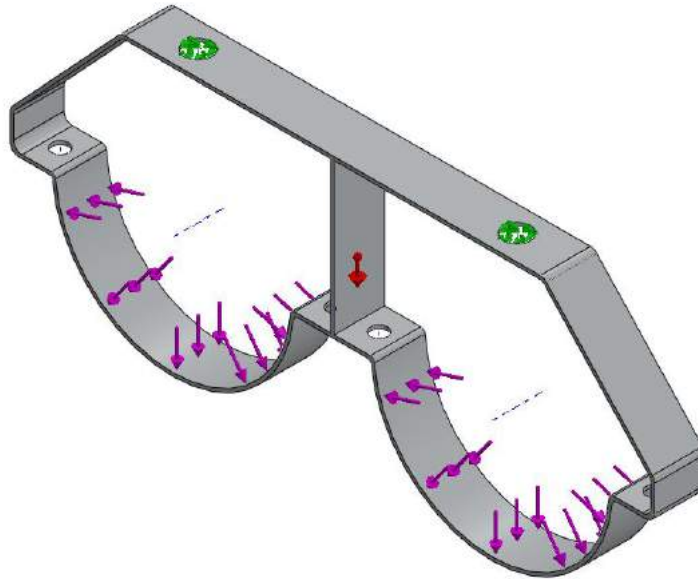


Figura 40. Distribución de cargas en la estructura de sujeción. (Fuente: Elaboración propia)

A partir de un análisis por elementos finitos (MEF) se obtiene:

**Desplazamientos.** Se advierte que la escala de deformación no es la real sino que se multiplica para poder observar el efecto de las cargas sobre la estructura.

El desplazamiento máximo es 1,40 mm, y corresponde a los dos puntos inferiores de las abrazaderas. Este desplazamiento es lo suficientemente pequeño como para no provocar complicaciones estructurales.

Escala de deformación: 30

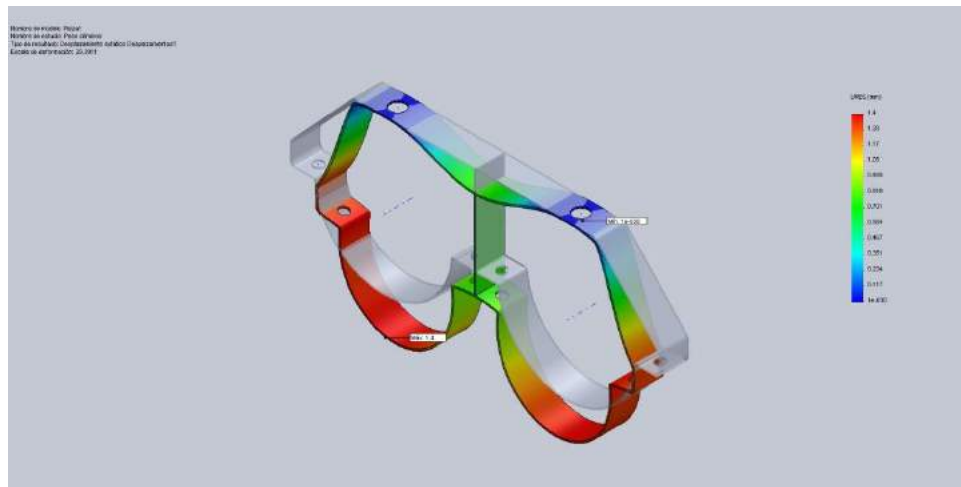


Figura 41. Deformación relativa de la estructura de sujeción. (Fuente: Elaboración propia)

**Tensiones.** La zona más afectada por tensión elástica corresponde a la zona de fijación con el chasis del vehículo. Sin embargo la tensión no llega a deformar plásticamente el material.

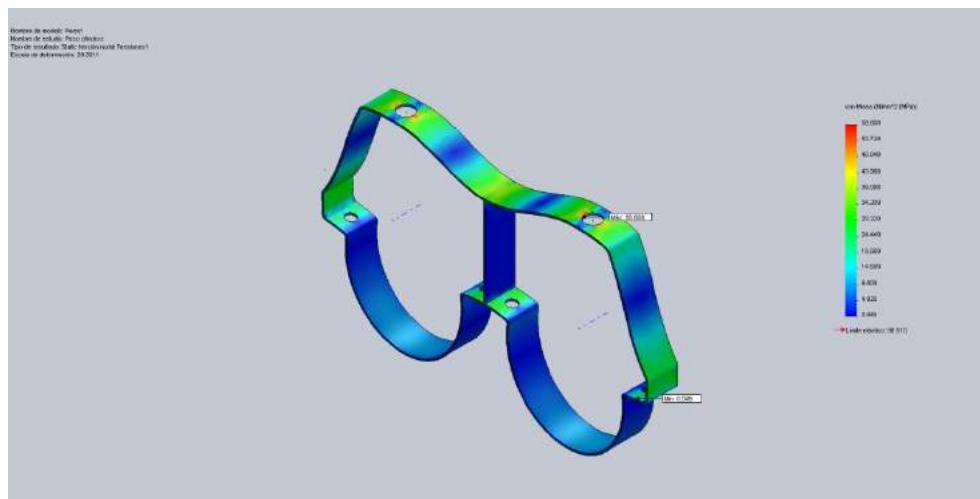


Figura 42. Tensión de la estructura de sujeción. (Fuente: Elaboración propia)

**Factor de seguridad.** En la Figura 43 se puede comprobar como la tensión superficial máxima es menor que el límite elástico del material. El punto de menor factor de seguridad corresponde al de máxima tensión explicado en el apartado anterior y su valor es 2.83. Por tanto, el diseño no se deforma plásticamente.

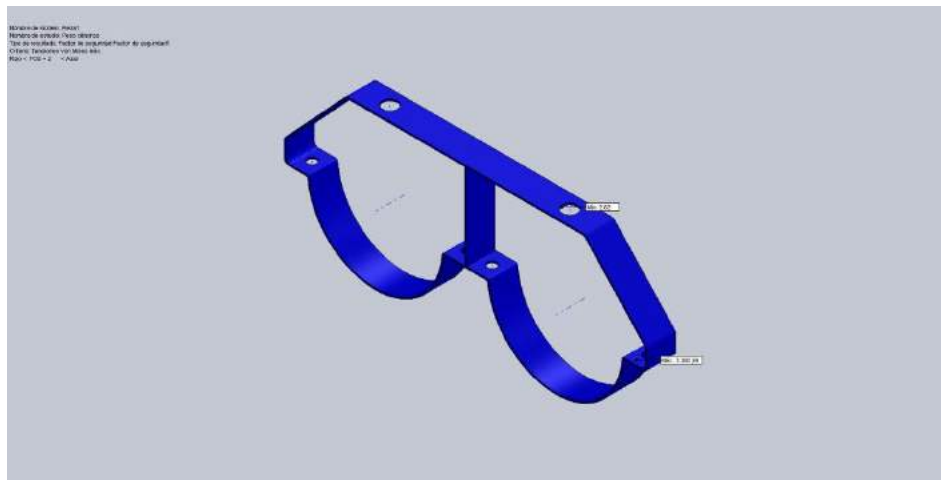


Figura 43. Factor de seguridad de la estructura de sujeción. (Fuente: Elaboración propia)

### Fabricación

Se disponen los planos del diseño al final de este documento, en el apartado PLANOS.

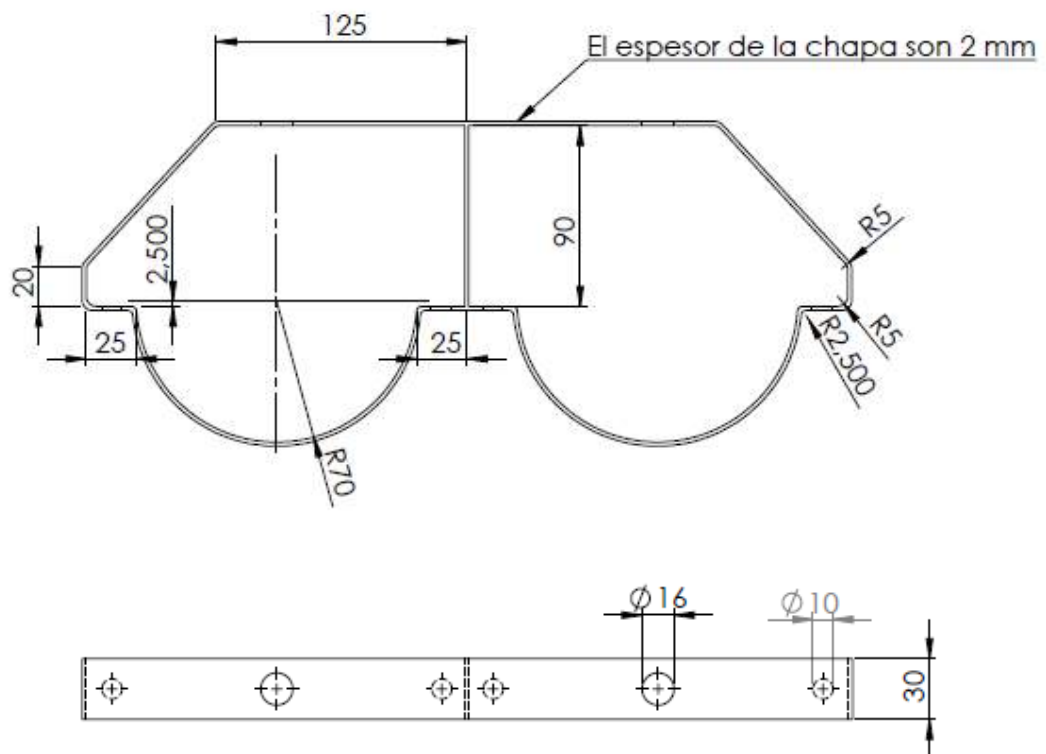


Figura 44. Plano estructura de sujeción. (Fuente: Elaboración propia)

La fabricación propuesta para esta pieza consta de dos procesos que serán realizados en la propia empresa. El primero, consistiría en una fundición en arena para conseguir la estructura principal y el segundo en un mecanizado por arranque de viruta de taladrado y roscado. Se seleccionan estos procesos debido a escala de producción estimada y al bajo coste de los mismos.

Se utiliza una máquina de moldeado por presión para compactar la arena. Esta máquina consta de un cabezal, con en modelo a reproducir.

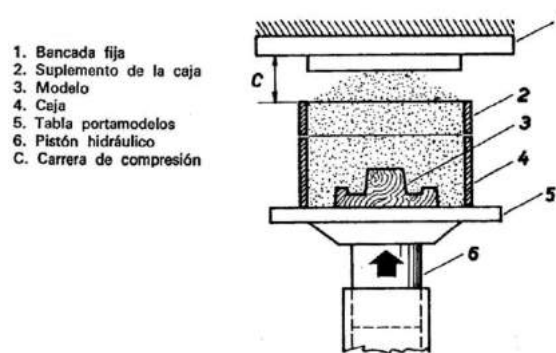


Figura 45. Moldeado por presión. (Fuente: Apuntes Fundición ICAI)

El molde de arena constituido se puede observar en la siguiente figura. Hay que tener en cuenta que para controlar el proceso de solidificación del material fundido serán añadidos al sistema de colada dos pequeñas mazarotas en los extremos de la pieza.

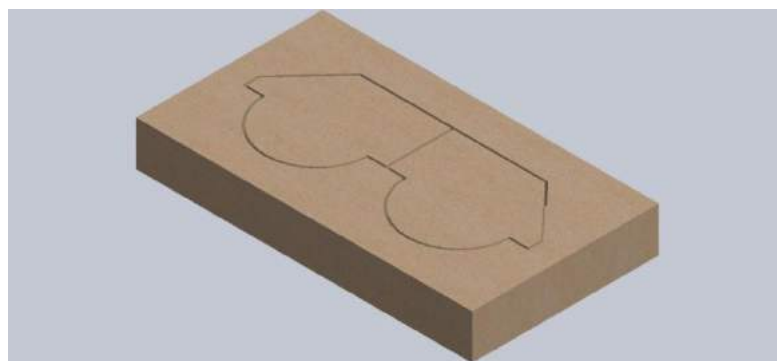


Figura 46. Molde en arena estructura de sujeción. (Fuente: Elaboración propia)

Para el proceso de mecanizado basta con una fresadora vertical convencional o una taladradora que dispondremos en nuestro propio taller. La métrica de los taladros superiores es M 16 y los inferiores M 10.

Los tornillos seleccionados son ISO 4018 de cabeza hexagonal todo rosca Acero

#### 4.3.3. Tuberías

Se comprueba que la tubería dimensionada es adecuada mediante el cálculo del espesor mínimo requerido según ASME b.31.1 contenido en el *Anexo 5: Dimensionamiento de tuberías de gas natural*.

Así mismo se estudia la pérdida de carga de la tubería en el transporte de gas según la norma Une 62.620. Para más información ver *Anexo 6. Pérdida de carga en tuberías*



## 4.4. Montaje

Se dispone de una guía en forma de cursograma analítico sobre las fases de instalación del sistema GNC en el Ford Fusion 1.4.







### 4.4.1. Desmontaje del sistema gasolina









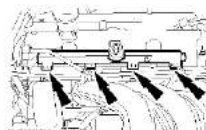

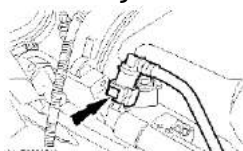
Para desinstalar el equipo de gasolina se divide el proceso en tres partes

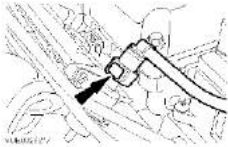

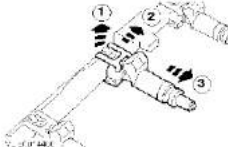
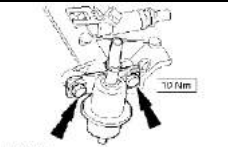
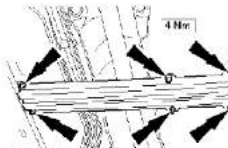
- Parte primera: Colector de suministro y raíl de inyectores
- Parte segunda: Depósito de combustible, bomba y sistema de venteo.
- Parte tercera: Tuberías de combustible


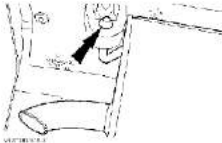

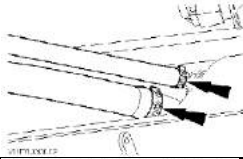
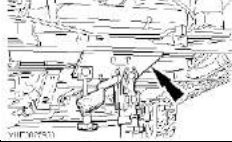
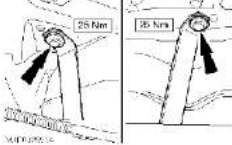

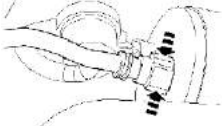
Localización en el vehículo	Componente	Tipo
Depósito de combustible	Depósito plástico	Depósito
	Tubería de llenado del tanque	Tubos
	Bomba de gasolina	Bomba
	Estructura de sujeción	Correas de Acero
Sistema evaporación de combustible	Válvulas de desaireado	Válvula
	Filtro de carbón activo	Filtro
Distribución	Tuberías de combustible	Tubos
	Filtro de gasolina	Filtro
Inyección	Regulador de presión	Válvula
	Raíl de suministro	
	Inyectores	Válvula
Conexiones	Tuercas, tornillos y empalmes varios	

Tabla 23. Componentes desmontables gasolina. (Fuente: Elaboración propia)

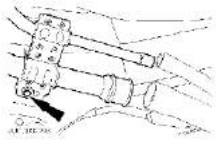
CURSOGRAMA ANALÍTICO				
Operador / Material / Equipo		Diagrama # 1	Hoja 1 de 1	
<b>Objeto:</b> Plataforma elevadora, llave inglesa, destornilladores varios, herramienta especial   23055: <span style="float: right;">23055</span>	<b>RESUMEN</b>			
	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Actua l</b>	<b>Propues to</b>	<b>Economía</b>
	<b>Operación</b> 		30	
<b>Actividad:</b>  Desinstalación del sistema gasolina	<b>Inspección</b> 		1	
	<b>Transporte</b> 		2	
<b>Método:</b>	<b>Espera</b> 		1	
	<b>Almacenamiento</b> 		12	
<b>Compuesto por:</b>  NHH	<b>Distancia (m)</b>		48	
	<b>Tiempo (min.)</b>		67	

DESCRIPCIÓN	Par de apriete (Nm.)	Distancia (m)	Tiempo (min.)	SÍMBOLO					OBSERVACIONES
									
Parte primera: Colector de suministro y rail de inyectores									
Liberar la presión del sistema de combustible			5	X					
Situarse en la zona delantera del coche		1	0,2		X				
Abrir el capó			0,4	X					
Desconectar el cable de masa			0,2	X					
Retirar el filtro de aire			2	X					
Almacene el filtro de aire cerca del vehículo		2	1					X	
Retirar la tubo de ventilación del bloque motor			0,2	X					
Almacenar el tubo de ventilación		5	1					X	
Desconectar los conectores electrónicos de los inyectores de combustible			1	X					
Almacenar los cables de la conexión eléctrica de conectores		5	0,5					X	
Desconectar la línea de vacío del regulador de presión			0,2	X					
Desconectar conector de tubería de suministro de combustible			0,2	X					Están identificados con una banda roja 

Desconectar conector de la tubería de retorno de suministro			0,2	X					Están identificados con una banda blanca	
Retirar los tornillos de sujeción del raíl al bloque motor	15 Nm		1	X						
Retirar el raíl del bloque motor			0,5	X						
Separar los inyectores del raíl			4	X						
Almacenar el raíl junto con los inyectores			0,5					X		
Retirar los tornillos de sujeción del regulador de presión	10 Nm		1	X						
Almacenar el regulador de presión			0,5					X		
<b>Parte segunda: Depósito de combustible, bomba y sistema de venteo.</b>										
Drenar el depósito de combustible		1	1	X						
Esperar el vaciado del depósito			3			X				
Elevar el vehículo con una plataforma elevadora		2	5	X						
Inspección de que este correctamente sujeto			2				X			
Aflojar tornillos el travesaño transversal de la parte inferior del chasis	4 Nm		2	X						
Retirar el travesaño			0,2	X						
Almacenar el travesaño cerca del vehículo		2	0,5					X		

Separar el sistema de escape del aislador central del gancho de escape			0,5	X					
Separar el sistema de escape del gancho de escape trasero			0,2	X					Al desmontar el sistema de escape debe permitir que el sistema se apoye en el conjunto de la suspensión trasera 
Retire la carcasa que cubre el sistema de escape			5	X					
Desconecte los empalmes de las tuberías de desaireado y llenado del depósito de combustible			1	X					Cuando desconecte las tuberías de ventilación y llenado de gasolina no debe usar ningún tipo de herramienta afilada como palanca. Si lo hace puede causar daños en la tubería. 
Acercar una plataforma de sujeción a la parte inferior del vehículo		1	1	X					
Retirar los tornillos traseros de la correa de sujeción	25Nm		1	X					
Retirar los tornillos delanteros de la correa de sujeción	25Nm		1	X					
Desconectar la tubería de ventilación del filtro de carbón activo			0,5	X					






Bajar un poco el depósito de combustible			0,5	X						
Desconectar la alimentación electrónica de la bomba de combustible			1	X						
Desconectar las tuberías de suministro y retorno de combustible de la bomba			1	X						
Retirar la conexión electrónica			0,5	X						
Almacenar los cables de la conexión electrónica		5	0,5						X	
Retirar la tubería del filtro de carbón activo			0,2	x						
Retirar el filtro de carbón activo del depósito			0,5	X						
Almacenar el filtro de carbón activo		5	0,5						X	
Retire el depósito de combustible			1	X						
Almacenar depósito junto a la correa de sujeción y los tornillos		5	1						X	
<b>Parte tercera: Tuberías de combustible</b>										
Retirar guardabarros trasero del lado izquierdo	4Nm	2	4	X						
Almacenar guardabarros cerca del vehículo		2	0,5						X	
Retirar la abrazadera superior de la tubería de llenado hacia al depósito de combustible	9Nm		1	X						

Retirar la abrazadera inferior de la tubería de llenado hacia el depósito de combustible	9Nm		1	X						
Retirar la tubería de llenado del depósito			0,5	X						
Almacenar la tubería de llenado y la tubería de ventilación junto a sus abrazaderas de sujeción		5	0,5						X	
Instalar el guardabarros trasero anteriormente retirado	4Nm		4	X						
Retirar la abrazadera de sujeción de la tubería de combustible hacia el motor situada en la parte inferior del chasis del vehículo	9Nm		1	X						
Retirar la abrazadera de sujeción de la tubería de combustible hacia el motor del habitáculo del motor	9Nm		1	X						
Retirar los tubos de ida y retorno de combustible			3	X						
Almacenar los tubos de ida y retorno de combustible		5	1						X	

#### 4.4.2. Montaje Sistema GNC

La instalación de los componentes del sistema GNC en el coche se divide el proceso en tres partes;

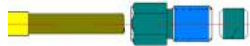
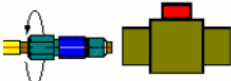
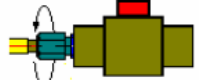
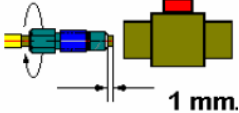
- Parte primera: Instalación del sistema de sujeción y cilindros
- Parte segunda Instalación elementos de alta presión
- Parte tercera: Instalación elementos de baja presión


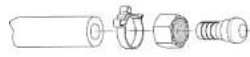






CURSOGRAMA ANALÍTICO				
Operador / Material / Equipo			Diagrama # 1	Hoja 1 de 1
Herramientas: Plataforma elevadora, llave inglesa, taladradora, producto sellador Loctite 83-21	RESUMEN			
	ACTIVIDAD	Actual	Propuesto	Economía
	Operación 		41	
Actividad: Instalación mecánica equipo GNC	Inspección 		4	
	Transporte 		1	
Método:	Espera 		0	
	Almacenamiento 		0	



Compuesto por:	Distancia (m)		47	
NHH	Tiempo (min.)		157,5	

DESCRIPCIÓN	Par de apriete (Nm)	Distancia (m)	Tiempo (min.)	SÍMBOLO					OBSERVACIONES	
Parte primera: Instalación del sistema de sujeción y cilindros										
Elevar el coche en una plataforma			4	X						
Comprobar la correcta sujeción		3	2				X			
Taladrar 4 agujeros M16 en el chasis inferior del coche		1	10	X						Más detalles al final del diagrama
Acoplar las 2 estructuras de sujeción mediante 4 tornillo con tuerca y arandela M16			3	X						
Apretar la tuerca	25 Nm		2	X						
Traer del almacén 2 cilindros GNC		10	2		X					
Colocar cada cilindro en el apoyo delantero y trasero			1	X						
Colocar la 2 abrazaderas superiores en cada estructura de sujeción			1	X						
Acoplar los tornillos con tuercas y arandelas M10			1	X						
Apretar la tuerca	25 Nm		1	X						
Comprobar que no existe juego en el apriete de los cilindros			2				X			
Parte segunda Instalación elementos alta presión										
Retirar guardabarros trasero del lado izquierdo	4Nm	2	4	X						

Acoplar el tubo de repostaje de gas hasta pico exterior de carga		6	X						
Realizar empalme de alta presión, (tubo de repostaje- válvula de cilindro trasero)		4,5	X						Al tratarse de una etapa repetitiva se expondrá completa sólo una vez
Cortar protección plástica tubo alta presión		0,5	X						
Efectuar el corte del caño		0,5	X						
Colocar la tuerca de ajuste		1	X						
Roscar la tuerca en el otro empalme de empalme		0,5	X						
Ajustar la tuerca con llave inglesa		1	X						
Desenroscar la tuerca		0,5	X						
Verificar que el bicono haya quedado ajustado sobre el caño		0,5				X			
Acoplar el tubo de gas entre las dos válvulas de cilindro		1	X						
Preparar empalme de alta presión entre válvulas de cilindro		4,5	X						
Retirar el travesaño transversal de la parte inferior del chasis	4 Nm	2	X						
Acoplar el tubo de combustible de gas hasta compartimento motor		1	X						
Preparar empalme de alta presión entre tubo de combustible y regulador		4,5	X						
Bajar el vehículo	1	3	X						
Instalar el pico de carga externo			X						
<b>Parte tercera: Instalación elementos de baja presión</b>									
Desplazar a la parte delantera del vehículo				X					
Abrir el capó		0,5	X						
Fijar el regulador Zenith en el compartimento motor		10	X						Más información al final del diagrama de proceso
Identificar las tuberías de refrigeración del motor		1				X			
Seccionar dos tramos de tubería		0,5	X						
Acoplar válvula de bifurcación en forma de T		4	X						

Realizar empalme de baja presión en todos los extremos del tubo		6	X					
Realizar empalme de baja presión con el regulador Zenith		6	X					
Acoplar los inyectores en el rail de inyectores		15	X					Más información al final del diagrama de proceso
Acoplar el rail sobre el vehículo		7	X					Más información al final del diagrama de proceso
Acoplar manguera de conexión Regulador-Inyectores		1	X					
Realizar empalme de baja presión en la manguera de conexión Regulador-Inyectores		2	X					
Preparar empalme de baja presión en tubo Inyectores- Colector de admisión		2	X					
Taladrar helicoidal con broca de 5 mm en cada colector de admisión		8	X					
Roscar M6 cada taladro		4	X					
Limpiar con aire comprimido		1	x					
Atornillar boquilla al empalme de tubería Inyectores-Colector de admisión		4	X					
Aplicar un sellador		3	X					
Atornillar sobre el agujero del colector la boquilla		3	X					

Acoplar el sensor de presión absoluta (MAP) al colector de admisión			10	X				Más información al final del diagrama de proceso
Fijar Centralita de gas "Plug&Drive" mediante tornillos			10	X				

### Observaciones ampliadas

#### Taladrado M16 en el chasis inferior del coche

El taladrado del chasis se realizará, según se muestra en la siguiente figura, a las distancias de 294 mm y 230 mm de las referencias 8 y 9, por ambos lados del coche

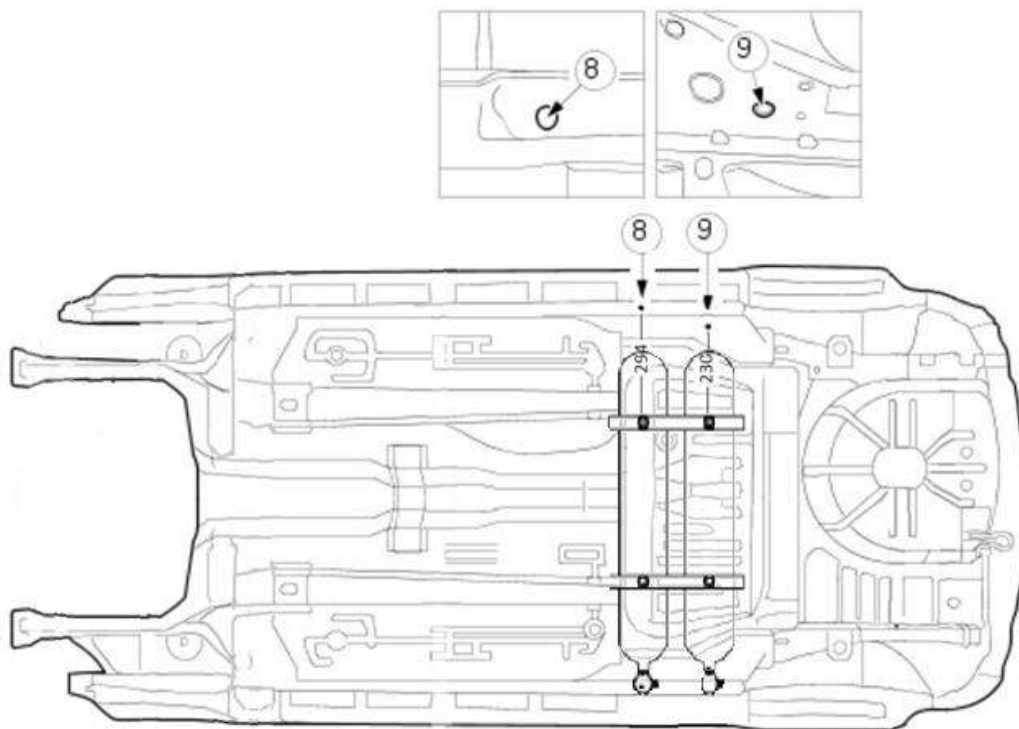


Figura 47. Ensamblaje estructura de sujeción, taladrado del chasis. (Fuente: Ford y elaboración propia)

### Instalación del Regulador de presión Zenith GNC<sup>1</sup>

Debe ser fijado a la carrocería de manera sólida, no estar expuesto a vibraciones durante el funcionamiento y no chocar contra otro dispositivo cuando el motor esté sometido a esfuerzos.

El tubo que conecta el reductor al rail no debe superar un largo de 200-300 mm.

El cable del sensor de temperatura no debe estar tenso, ni retorcido, ni formar pliegues a la salida del sensor mismo. El trozo de tubo en acero que va de la electroválvula al reductor no atravesará zonas del compartimiento motor calientes.



Figura 48. Reductor Zenith GNC. Ejemplo de posición de montaje. (Fuente: BRC Gas Equipment)

### Preparación de la conexión de agua

Debe ser efectuada en paralelo al circuito de calefacción del habitáculo (figura 49). Es importante controlar, en fase de verificación funcional del equipo instalado, que la temperatura del gas no alcance valores bajos, especialmente después de un prolongado uso en potencia.

El reductor Zenith presenta en salida empalmes porta-gomas, por tanto, las tuberías deben cerrarse con las apropiadas abrazaderas.

---

<sup>1</sup> Nota: Información sobre conexiones extraídas del manual del instalador de BRC Gas Equipment

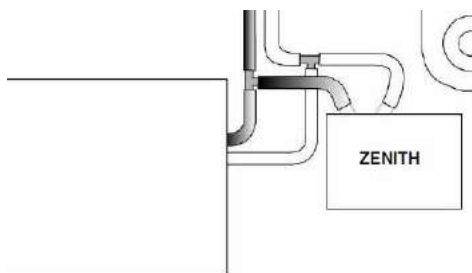


Figura 49. Paralelo para refrigeración del reductor. (Fuente: Elaboración propia)

### Ensamblaje de los inyectores BRC sobre el raíl<sup>2</sup>

Los inyectores BRC se montan de la manera siguiente (ver Figura 50):

1. Insertar el O-Ring (1) en su sitio sobre el raíl (2).
2. Insertar el O-Ring (3) sobre la parte con hilo de rosca del inyector (4).
3. Insertar el inyector (4) en su sitio sobre el raíl (2).
4. Fijar el inyector al raíl inyector bloqueándolo con la arandela y la tuerca (5).
5. Insertar la arandela (6), con hilo de rosca del sensor (7).
6. Insertar el sensor (7) en su sitio, sobre el raíl (8).
7. Instalar la brida de fijación (9) al vehículo utilizando los dos tornillos y las dos arandelas (10). El inyector termina con una parte enroscada a la cual se fija el tubo sobre el cual debe montarse el empalme.

<sup>2</sup> Nota: Información sobre conexiones extraídas del manual del instalador de BRC Gas Equipment

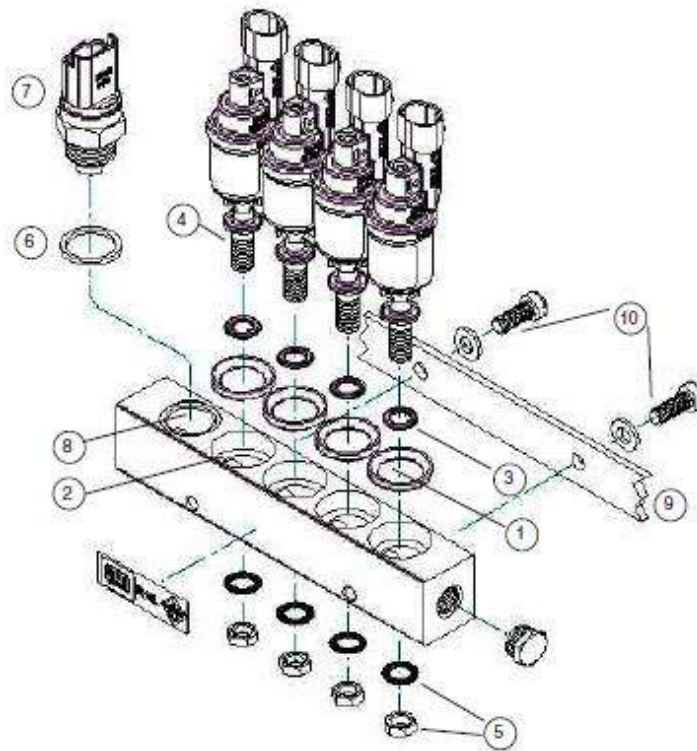


Figura 50. Esquema de montaje de los inyectores BRC sobre el raíl. (Fuente: BRC Gas Equipment)

### Conexión del rail inyectores sobre el vehículo<sup>3</sup>

La fijación será estable e intentar posicionar los inyectores lo más cerca posible a la culata del motor de manera que los tubos de conexión con el colector de aspiración sean lo más cortos posible. No se debe superar los 150 mm de largo.

En caso de inyectores BRC, sobre un lado del tubo debe ensamblarse la apropiada tuerca de empalme como indicado en el apartado dedicado a la instalación de tubos más adelante. Los inyectores no deben encontrarse cerca del colector de escape.

<sup>3</sup> Nota: Información sobre conexiones extraídas del manual del instalador de BRC Gas Equipment





Figura 51. Ejemplo instalación Rail con inyectores BRC. (Fuente: BRC Gas Equipment)

#### **Fijación del sensor de presión absoluta del colector (MAP) <sup>4</sup>**

El sensor se fijará a la carrocería evitando zonas de irradiación de calor. Lo ideal, sería que el tubo fuera lo más corto posible y que no supere los 400 mm de largo.



Figura 52. Ejemplo instalación del Sensor MAP. (Fuente: BRC Gas Equipment)

#### **Preparación de las conexiones de baja presión**

La instalación se realiza de la manera siguiente (Figura 53):

1. Instalar el empalme con porta gomas (1) sobre la tuerca apropiada (2).
2. Ensartar la abrazadera clic (3) sobre el tubo (4).

---

<sup>4</sup> Nota: Información sobre conexiones extraídas del manual del instalador de BRC Gas Equipment



3. Ensartar a fondo el tubo sobre el porta-gomas instalado precedentemente.
4. Cerrar el tubo sobre el porta gomas a través de la abrazadera con la pinza apropiada

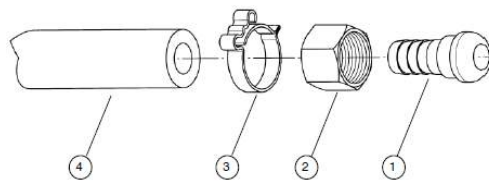











Figura 53. Montaje porta-gomas sobre tubería. (Fuente: BRC Gas Equipment)

No dejar residuos de goma cuando se corte el tubo o durante la introducción del porta-gomas, que podrían obturar los tubos u otros elementos del equipo comprometiendo su funcionamiento. Antes de instalar el tubo es bueno soplarlo con aire comprimido para eliminar posibles impurezas o residuos de trabajo. Verificar que la abrazadera garantiza la hermeticidad.

#### 4.4.3. Conexiones electrónicas

CURSOGRAMA ANALÍTICO									
Operador / Material / Equipo						Diagrama # 1	Hoja 1 de 1		
Herramientas: Ordenador portátil	RESUMEN								
	ACTIVIDAD		Actual	Propuesto		Economía			
	Operación			121					
Actividad: Instalación electrónica	Inspección			1					
	Transporte			0					
Método:	Espera			1					
	Almacenamiento			0					
Compuesto por: NHH	Distancia (m)			2,3					
	Tiempo (min.)			67,5					
DESCRIPCIÓN	Par de apriete (Nm.)	Distancia (m)	Tiempo (min.)	SÍMBOLO				OBSERVACIONES	
									
Conectar de la electroválvula		0.30	3	X					
Conectar alimentaciones y batería		0.5	1	X					
Conectar fusibles y relé			1	X					
Conectar toma de diagnóstico			1	X					
Conectar sensor de nivel		1	1	X					

Conectar sensor de presión y temperatura de gas			1	X					
Conectar sensor MAP			2	X					
Conectar inyectores de gas			3	X					
Conectar sensor Lambda		0.5	2	X					
Conectar llave de contacto			1	X					
Conectar centralita a la señal de revoluciones			1	X					
Conectar el ordenador portátil a la centralita gas			1	X					
Arrancar el programa de calibración			2	X					
Programar la centralita gas			2.5	X					
Auto mapeado			5			X			
Control del mapa y funcionamiento del vehículo			30				X		El tiempo depende de la regulación
Entregar el vehículo al cliente			10	X					

A continuación se dispone el esquema de conexiones general y el método de instalación de las conexiones eléctricas<sup>5</sup>.

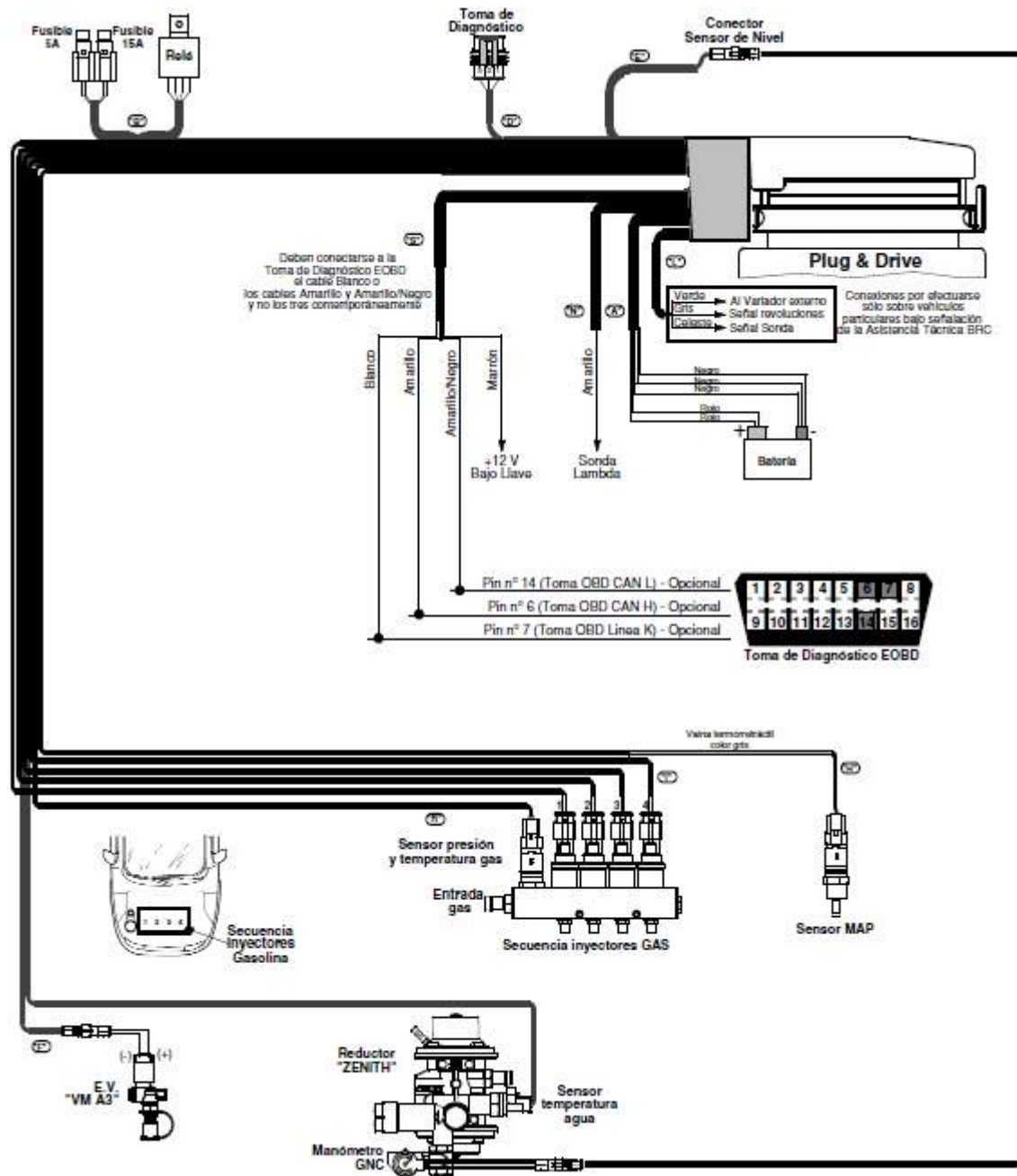


Figura 54. Esquema general Sequent P&D GNC. (Fuente: BRC Gas Equipment)

<sup>5</sup> Nota: Información sobre conexiones eléctricas extraídas del manual del instalador de BRC Gas Equipment

### **Conexión de la electroválvula**

Ninguno de los terminales de la electroválvula está conectado de modo permanente a masa, un cable llega desde el +12V batería, mientras el otro está dirigido por la centralita.

### **Alimentaciones y batería**

En la vaina indicada con “A” en la figura 54 hay dos cables rojos y 3 cables negros que tendrán que conectarse a la batería del vehículo: los cables rojos al positivo y los negros al negativo.

### **Fusibles y relé**

A la salida de la vaina “B” (ver figura 54), se representan los dos fusibles de 15<sup>a</sup> y 5<sup>a</sup> del equipo. El fusible de 5A tendrá que ser insertado en el porta-fusible con los cables de sección más pequeña, mientras el fusible de 15A tendrá que ser insertado en el porta-fusible con los cables de sección más grande.

También a la salida de la vaina “B”, se representa el relé que el equipo utiliza para interrumpir el positivo batería que llega a los actuadores.

### **Toma de diagnóstico.**

La conexión del ordenador a la centralita P&D se basa en una toma de diagnóstico que sale directamente del cableado “D”. Se trata de la toma de diagnóstico con conector 3 vías (puerta hembra en el cableado), equipado con tapón de protección. La toma de diagnóstico se encuentra cerca del conector 56 polos de la centralita.

### **Sensor de nivel**

El sensor de nivel de tipo resistivo, se conecta al cableado a través del conector de 2 polos, ya cableado antes (vaina “E” en figura 54). La conexión entre centralita y sensor puede efectuarse a través del apropiado cable de extensión (06LB50010062) que termina sobre el conector específico del sensor de nivel para el manómetro GNC.

### **Sensor de presión y temperatura gas**

El sensor de presión y temperatura gas se encuentra directamente sobre el raíl (dedicado para inyectores BRC). La conexión con el cableado se hace a través del apropiado conector de 4 vías donde terminan los 4 cables contenidos en la vaina “R” del cableado.

### **Sensor MAP**

El sensor de presión MAP, de nueva concepción, se conecta al cableado a través del conector, conectado a los cables contenidos en la vaina “H”.

### **Inyectores de gas**

Los inyectores gas se conectan al cableado a través de los cables con conectores ya cableados antes, que hay en las vainas “I1”, “I2”, “I3”, “I4” (figura 54). Los conectores de los inyectores gas están numerados del 1 al 4; de la misma manera están numeradas las vainas de los cables que tendrán que ser conectados a los inyectores gasolina.

Es muy importante mantener la correspondencia entre los inyectores gas y los inyectores gasolina. El inyector gas al que se conecta el conector n° I1 debe corresponder al cilindro donde se encontraba el inyector gasolina n° P1, y así sucesivamente. Si la concordancia no se respeta, se notará un empeoramiento en las prestaciones del vehículo.

### **Sonsa Lambda**

En la vaina “N” se encuentra el cable Amarillo, que debe ser conectado al cable de la señal sonda Lambda situada antes del catalizador. Este cable no debe ser cortado, sino sólo pelado, soldado y aislado.

La conexión de este cable permite una adaptación más rápida de la centralita de gas y resulta mucho más útil en los casos en que se necesita una fase de auto mapeado para poner la centralita a punto.

### **Llave de contacto**

El cable Marrón del equipo, que está contenido en la vaina de letra “S” en la figura 54, tiene que ser conectado a la señal del positivo bajo llave del equipo original.

### **Señal revoluciones del motor**

El sistema es capaz de adquirir la señal de velocidad de rotación del motor (a menudo llamada “señal revoluciones” o “señal RPM”) conectándose directamente a la señal del cuentarrevoluciones. Es suficiente conectar el cable Gris contenido en la vaina “L” al cable de la

## 4.5. Homologación

*A lo largo de este punto se hace referencia literal al contenido del “El Reglamento nº 110 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE)”*

A nivel internacional, la regulación y homologación de los componentes específicos de vehículos de motor que utilizan GNC viene legislada en “El Reglamento nº 110 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE)”. En ella, se establece que los componentes de GNC para uso en vehículos se clasifica en relación con la presión de trabajo y su función, y define la siguientes categorías;

- |         |  |
|---------|--|
| Clase 0 | Piezas de alta presión, inclusive tubos y accesorios, que contengan GNC a una presión superior a 3 MPa y hasta 26 MPa.   |
| Clase 1 | Piezas de media presión, inclusive tubos ya accesorios, que contengan GNC a una presión superior a 450 kPa y hasta 3.000 kPa.  |
| Clase 2 | Piezas de baja presión, inclusive tubos y accesorios, que contengan GNC a una presión superior a 20kPa y hasta 450 kPa.  |
| Clase 3 | Piezas de media presión, como válvulas de seguridad, o protegidas por válvulas de seguridad, inclusive tubos y accesorios, que contengan GNC a una presión superior a 450 kPa y hasta 3000 kPa (3MPa). |
| Clase 4 | Piezas en contacto con gas sometidas a una presión inferior a 20kPa.   |



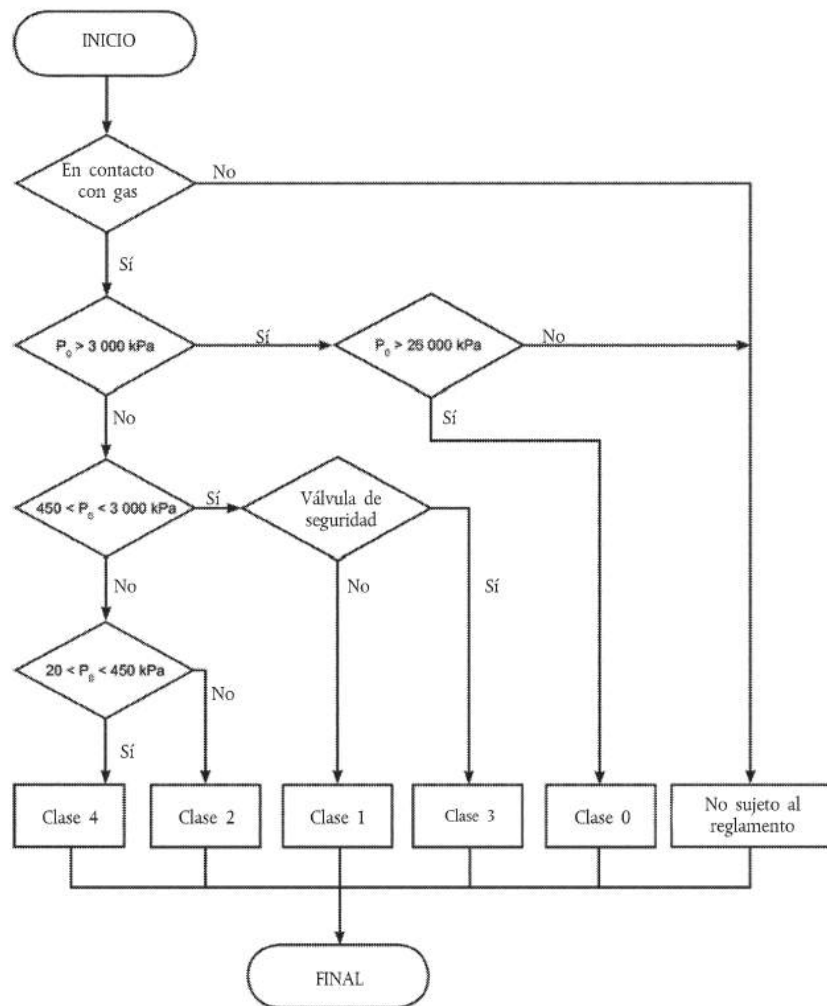


Figura 25. Diagrama de flujo para la clasificación de componentes de GNC (Fuente: R110 CEPE)

### Pasos para la homologación.

Si el vehículo presentado para su homologación tiene todos los componentes específicos necesarios para el uso de gas natural comprimido en su sistema de propulsión y satisface los requisitos dispuestos más adelante, se concederá la homologación de ese tipo de vehículo.

A cada tipo de vehículo homologado se le asignará un número de homologación. Los dos primeros dígitos indicaran la serie de enmiendas que incorporen las modificaciones técnicas importantes mas recientes hechas en el reglamento en el momento de expedir la homologación

Se notificará de la homologación, el rechazo o la extensión de la homologación de un tipo de vehículo de GNC por medio de un impreso según el siguiente modelo

**COMUNICACIÓN**  
 [formato máximo: A4 (210 × 297 mm)]



relativa a: (1)

expedida por: Nombre de la administración:

.....

.....

.....

CONCESIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

DENEGACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN

RETIRADA DE LA HOMOLOGACIÓN

CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

de un tipo de vehículo en relación con la instalación del sistema GNC de acuerdo con el Reglamento nº 110

Homologación nº : ..... Extensión nº: .....

Figura 55. Comunicación de recepción de la homologación (Fuente: R110 CEPE)

## Identificación

Se fijará de forma muy visible una marca internacional de homologación consistente en:

- La letra mayúscula <<E>> dentro de un círculo seguida del número que identifica al país que ha concedido la homologación, para España corresponde le número 9
- El numero del Reglamento 110, seguido de la letra <<R>>, un guion y el número de homologación a la derecha del círculo.

La marca de homologación debe ser claramente legible e indeleble. Se situará en la plaza informativa del vehículo, o cerca de la misma

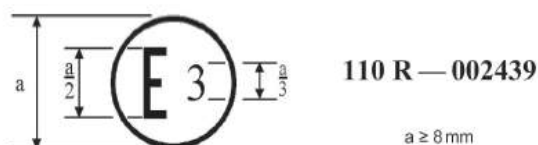


Figura 56. Modelo de marca de homologación. (Fuente: R110 CEPE)

### Requisitos generales para la instalación

- El sistema de GNC del vehículo funcionará de forma correcta y segura a la presión de trabajo y a las temperaturas de funcionamiento para las que haya sido diseñado y homologado
- Todos los componentes del sistema tendrán la homologación del tipo para piezas individuales de conformidad con la Parte: Homologación de componentes específicos dispuesta anteriormente en este proyecto
- El sistema de GNC no tendrá fugas, es decir, permanecerá sin que se observen burbujas durante 3 minutos
- El sistema de GNC se instalará de tal manera que tenga la mejor protección posible contra eventuales daños, como los debidos a componentes móviles del vehículo o al desplazamiento de la carga transportada
- No se conectará al sistema de GNC ningún aparato distinto de los estrictamente necesarios para el funcionamiento correcto del motor del vehículo
- 

### Requisitos adicionales

- Ningún componente del sistema de GNC, incluidos los materiales protectores que puedan formar parte de los mismos, sobresaldrá de la línea exterior del vehículo, con excepción de la unidad de llenado si ésta no sobresale mas de 10mm de su punto de fijación
- Ningún componente del sistema de GNC estará situado a menos de 100mm del escape o de una fuente de calor similar, a menos que dichos componentes estén debidamente calorifugados.

## Solicitud homologación vehículo

La solicitud de homologación de un tipo de vehículo en relación con la instalación de componentes específicos de un tipo homologado para el uso de gas natural comprimido en su sistema de propulsión será presentada por el fabricante del vehículo o por un representante del mismo debidamente acreditado

Irà acompañada de los documentos mencionados a continuación por triplicado: descripción del vehículo con todos los datos pertinentes a los que hace referencia el anexo 1B

A continuación se dispone el documento de solicitud de homologación

### ANEXO 1B: CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL VEHÍCULO, MOTOR Y SISTEMA RELACIONADO CON EL GNC

#### 1. Descripción del vehículo

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| 1.1.1. Marca:                                  | Ford                            |
| 1.1.2. Tipo:                                   | Fusion 1,4 86CV                 |
| 1.1.3. Nombre y dirección del fabricante:      | Calle Caléndula, 13, Alcobendas |
| 1.1.4. Tipo de motor y número de homologación: | No disponible                   |

#### 2. Motor de combustión interna

- |   |                       |     |
|---|-----------------------|-----|
| 2.1.Regulador de presión:               | SÍ/ <del>NO</del>     |     |
| 2.1.1. Marca:                           | BRC GAS EQUIPMENT     |     |
| 2.1.2. Tipo:                            | Zenith. Doble estadio |     |
| 2.1.3. Homologación:                    | R110                  |     |
| 2.1.4. Presión de trabajo:              | 0-200                 | MPa |
| 2.1.5. Material:                        | Acero                 |     |
| 2.1.6. Temperatura de funcionamiento:   | -40 - 120             | °C  |
| 2.2.Mezclador de gas/aire (carburador): | SÍ/NO                 |     |
| 2.2.1. Marca(s):                        |                       |     |

2.2.2.	Tipo(s):		
2.2.3.	Presión(es) de trabajo:		
2.2.4.	Material:		
2.3.	Regulador de caudal de gas:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.3.1.	Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.3.2.	Tipo:	Raíl multi-inyección	
2.3.3.	Presión de trabajo:	0-2,5	MPa
2.3.4.	Material:	Acero	
2.3.5.	Temperatura de funcionamiento:	-40 - 120	°C
2.4.	Inyectores de gas:	SI/ <del>NO</del>	
2.4.1.	Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.4.2.	Tipo:	BRC IN03. Bottom Feed	
2.4.3.	Homologación:	R67-01; R110	
2.4.4.	Presión de trabajo:	2,3	MPa
2.4.5.	Material:	Aleación aluminio	
2.4.6.	Temperatura de funcionamiento:	-40 - 120	°C
2.5.	Unidad de control electrónico:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.5.1.	Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.5.2.	Tipo:	Automotive 16 bits	
2.5.3.	Homologación:	R67-01 - R110 -2004/104/CE	
2.5.4.	Software:	Sequent Plug&Drive	
2.5.5.	Temperatura de funcionamiento:	-40 - 105	°C
2.6.	Recipiente o botella de GNC:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.6.1.	Marca:	FABER INDUSTRIE	

2.6.2. Tipo:	GNC-1	
2.6.3. Capacidad:	17.2	litros
2.6.4. Número de homologación:	No homologada	
2.6.5. Dimensiones:	Ø 140 x 770	mm
2.6.6. Material:	Acero AISI 4340	
2.7. Accesorios del recipiente de GNC:		
2.7.1. Indicador de presión :	SÍ/ <del>NO</del>	
2.7.1.1. Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.7.1.2. Tipo:	Manómetro de sensor resistivo	
2.7.1.3. Presión de trabajo:	0-200	MPa
2.7.1.4. Material:	Latón	
2.7.1.5. Temperatura de funcionamiento:	-40 - 120	°C
2.7.2. Válvula limitadora de presión	SÍ/ <del>NO</del>	
2.7.2.1. Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.7.2.2. Tipo:	Integrada en válvula automática	
2.7.2.3. Presión de trabajo:	0-220	MPa
2.7.2.4. Material:	Latón	
2.7.2.5. Temperatura de funcionamiento:	-40 - 120	°C
2.7.3. Válvula automática de botella:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.7.3.1. Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.7.3.2. Tipo:	Electro asistida E160M691	
2.7.3.3. Homologación:	E13 110R 00 0042	
2.7.3.4. Presión de trabajo:	0-220	MPa
2.7.3.5. Material:	Latón	

2.7.3.6. Temperatura de funcionamiento:	-40 - 120	°C
2.7.4. Válvula limitadora de caudal:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.7.4.1. Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.7.4.2. Tipo:	Integrada en válvula automática	
2.7.4.3. Presión de trabajo:	0-220	MPa
2.7.4.4. Material:	Latón	
2.7.4.5. Temperatura de funcionamiento:	-40 - 120	°C
2.7.5. Compartimento estanco al gas:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.7.5.1. Marca:		
2.7.5.2. Tipo:		
2.7.5.3. Presión de trabajo:		
2.7.5.4. Material:		
2.7.5.5. Temperatura de funcionamiento:		
2.7.6. Válvula manual:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.7.6.1. Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.7.6.2. Tipo:	Integrada en válvula automática	
2.7.6.3. Presión de trabajo:	0-220	MPa
2.7.6.4. Material:	Latón	
2.7.6.5. Temperatura de funcionamiento:	-40 - 120	°C
2.8. Unidad o receptáculo de llenado:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.8.1.1. Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.8.1.2. Tipo:	IM A5 + Adaptador España	
2.8.1.3. Homologación:	E13 110R00 0043	
2.8.1.4. Presión de trabajo:	0-250	MPa

2.8.1.5.Material:	Latón	
2.8.1.6.Temperatura de funcionamiento:	-40 - 120	°C
2.8.2. Tubos flexibles de combustible:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.8.2.1.Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.8.2.2.Tipo:	Tubo gasolina Ø 9x5	
2.8.2.3.Presión de trabajo:	0-5	MPa
2.8.2.4.Material:	Goma	
2.8.2.5.Temperatura de funcionamiento:	-20 - 60	°C
2.8.3. Sensor de presión y temperatura:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.8.3.1.Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.8.3.2.Tipo:	Sensor PTS Ø 22 x45	mm
2.8.3.3.Homologación:	R67-01; R110	
2.8.3.4.Presión de trabajo:	0-2.3	MPa
2.8.3.5.Material:	Acero	
2.8.3.6.Temperatura de funcionamiento:	-40- 120	°C
2.8.4. Filtro de GNC:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.8.4.1.Marca:		
2.8.4.2.Tipo:		
2.8.4.3.Presión de trabajo:		
2.8.4.4.Material:		
2.8.4.5.Temperatura de funcionamiento:		
2.8.5. Válvula de retención:	SÍ/ <del>NO</del>	
2.8.5.1.Marca:	BRC GAS EQUIPMENT	
2.8.5.2.Tipo:	Antirretorno	



2.8.5.3.Presión de trabajo:	0-200	MPa
2.8.5.4.Material:	Cobre	
2.8.5.5.Temperatura de funcionamiento:	-40- 120	°C
2.8.6. Conexión al sistema de calefacción:	SÍ/NO	
2.8.6.1.Marca:		
2.8.6.2.Tipo:		
2.8.7. Otra documentación		
2.8.7.1.Descripción del sistema de GNC:	Inyección secuencial	
2.8.7.2.Disposición del sistema:	VER PLANOS	

2.8.7.3.Diseño del símbolo



## 5. ESTUDIO AMBIENTAL

Se desarrolla a continuación un estudio sobre la reducción de emisiones consecuente de la instalación del sistema GNC en el Ford Fusion 1,4.

Se establecen tres supuestos:

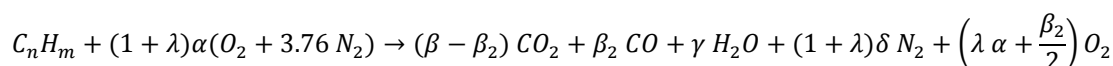
\*El gas natural y la gasolina como sustancias formadas exclusivamente por un único compuesto, gas metano  $\text{CH}_4$  y iso-octano  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  respectivamente.

\*Composición supuesta del aire 4,74 moles de aire = 1 mol de  $\text{O}_2$  + 3,76 mol de  $\text{N}_2$ .

\*El  $\text{N}_2$  inerte, se transforma el  $\text{NO}_x$  a alta presión y temperatura.

Para calcular las emisiones contaminantes se parte de las reacciones de combustión del gas natural y de la gasolina.

Se utiliza el modelo de combustión incompleta de Ostwald para definir ambas reacciones.



Para ajustar la reacción se necesitan conocer al menos dos parámetros:

- El exceso de aire ( $\lambda$ )
- La concentración de  $\text{CO}$  ( $Y_{\text{CO}}$ )

Parámetro  $\lambda$  (mide la cantidad de exceso o defecto de aire en la mezcla).

$$\lambda = \frac{AC}{AC_2} - 1$$

Donde;

$AC$ , es la relación aire/combustible de la mezcla.

$AC_2$ , es la relación estequiométrica.

Si;

$\lambda > 0$ : Mezcla pobre

$\lambda = 0$ : Mezcla estequiométrica

$\lambda < 0$ : Mezcla rica

Parámetro  $Y_{CO}$  (concentración de CO en los gases de escape del motor).

Se calcula, a partir de un análisis de humos.

$$Y_{CO} = \frac{\beta_2}{\beta + (1 + \lambda)\delta + \lambda \alpha + \frac{\beta_2}{2}}$$

Se obtienen las emisiones de  $CO_2$  y CO en función de  $\lambda$  y  $Y_{CO}$  para cada combustible; gas natural y gasolina.

A fin de calcular el recorrido de  $\lambda$  y  $Y_{CO}$  se genera un escenario donde se asume que ambos parámetros varían de forma sinusoidal en torno a los valores de combustión estequiométrica. ( $\lambda = 0$ ;  $Y_{CO} = 0$ )

Se realiza un modelo en Excel que permite automatizar los siguientes puntos:

1. Lectura de  $\lambda$  y  $Y_{CO}$ .
2. Ajuste de la reacción estequiométrica de Ostwald.
3. Lectura de los valores  $\beta$  y  $\beta_2$ .
4. Cálculo del número de moles de  $CO_2$  y CO por mol de combustible.

$$\frac{n_{CO_2}}{n_{CnHm}} = \frac{(\beta - \beta_2)}{1}$$
$$\frac{n_{CO}}{n_{CnHm}} = \beta_2$$

5. Cálculo del kg de CO<sub>2</sub> y CO por kg de combustible.

$$\frac{M_{CO_2}}{M_{CnHm}} = \frac{n_{CO_2}}{n_{CnHm}} * \frac{MM_{CO_2}}{MM_{CnHm}}$$

$$\frac{M_{CO}}{M_{CnHm}} = \frac{n_{CO}}{n_{CnHm}} * \frac{MM_{CO}}{MM_{CnHm}}$$

Donde;

$MM_{CO_2}$ , es la masa molecular del CO<sub>2</sub>.  $MM_{CO_2} = 0.04401 \frac{kg}{mol}$

$MM_{CO}$ , es la masa molecular del CO.  $MM_{CO} = 0.028011 \frac{kg}{mol}$

6. Cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> y CO por 100km.

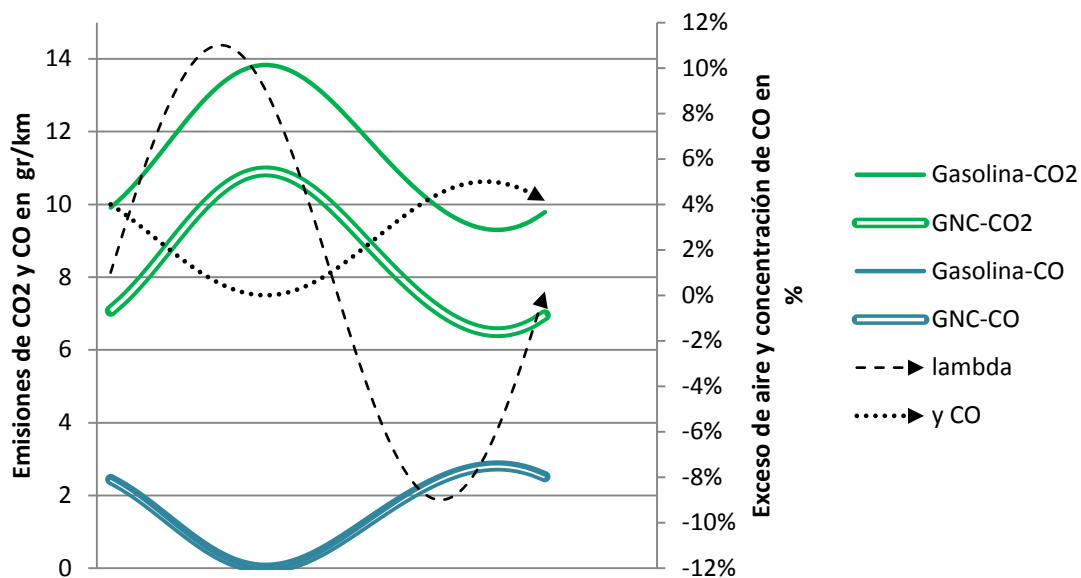
$$E_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_{CnHm}} * C_{CnHm}$$

$$E_{CO} = \frac{M_{CO}}{M_{CnHm}} * C_{CnHm}$$

Donde;

$C_{CnHm}$ , es el consumo cada 100km de combustible. Se utiliza el valor calculado en el *Anexo 1: Autonomía del vehículo*

Los resultados del estudio se muestran en la Gráfica 6:



Gráfica 6. Comparación emisiones CO2 y CO. (Fuente: Elaboración propia)

Se representan dos ejes; en el primario se lee las emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub> (verde) y de CO (azul) y en el secundario la regulación de los parámetros  $\lambda$  (línea discontinua) y  $Y_{CO}$  (línea de puntos).

Las medias de las emisiones en el ciclo estudiado son:

	CO2 [kg/100km]	CO [kg/100km]
Gas natural	8,59	1,47
Gasolina	11,46	1,51
Diferencia	33%	2%

Tabla 24. Comparación emisiones CO2 y CO

A partir de los resultados del ensayo anterior, se concluye que el gas natural es un combustible que emite en torno a un 33% menos de CO<sub>2</sub> y un 2% menos de CO para producir la misma energía que la gasolina.

En el punto de retorno de la inversión del proyecto (ver estudio económico) las emisiones de gases contaminantes evitadas serían;

$$M_{CO_2} = km_{inversión} * E_{CO_2 medio} = 47304 km * 8.59 \frac{kg_{CO_2}}{100km} = 4,063 toneladas$$

$$M_{CO} = km_{inversión} * E_{CO medio} = 47304 km * 1.47 \frac{kg_{CO}}{100km} = 0,695 toneladas$$

Y se dejarían de emitir,

$$M_{no emitida CO_2} = 1,35 toneladas$$

$$M_{no emitida CO} = 13,9 Kg$$

Por tanto, los clientes que hayan optado por el sistema que este proyecto propone, al alcanzar el kilometraje de 47.304 Km. habrán evitado la emisión de 1,35 toneladas de CO<sub>2</sub> y 13,9 Kg de CO.

## 6. ESTUDIO ECONÓMICO

### 6.1. Introducción

El estudio económico del proyecto tiene como objetivo establecer la rentabilidad de la inversión del proyecto.

Este análisis se realiza bajo dos perspectivas

- El propietario del vehículo adaptado.
- El taller de adaptación.

### 6.2. Clientes

#### 6.2.1. Inversión requerida

La inversión a la que debe hacer frente el particular para instalar GNC en el vehículo es el precio de la instalación.

Como se desarrolla más adelante el P.V.P. del sistema es 2.149€ (1.740 € más margen comercial del 20%). El precio no se considera lo suficientemente elevado como para que el propietario necesita financiación externa.

#### 6.2.2 Resultados de la explotación

Se pueden comprobar los resultados en el *Anexo 7: Rentabilidad adaptación coche gasolina a GNC*.

Considerando como gasto de explotación la diferencia entre el coste del combustible de ambos vehículos se obtiene que los km necesarios para amortizan la inversión son 47.304,6 km.

## 6.3. Taller

### 6.3.1. Inversión requerida

La inversión recoge los gastos iniciales a los que se debe hacer frente para instalar un taller de adaptación de GNC.

La inversión inicial estimada son 355.000 €. Con ella se parte de un stock base de unas 50 unidades que puede ser incrementado gracias al fondo de maniobra.

Inversión	
<b>Inversión local</b>	125.000,00 €
<b>Maquinaria</b>	12.500,00 €
<b>Sistema informático</b>	2.250,00 €
<b>Fianza del local</b>	9.000,00 €
<b>Lanzamiento publicitario</b>	25.000,00 €
<b>Stock del kit GNC base</b>	131.250,00 €
<b>Fondo de maniobra</b>	32.500,00 €
<b>Otros</b>	17.500,00 €
<b>TOTAL</b>	355.000,00 €

Tabla 25. Inversión inicial del proyecto. (Fuente: Elaboración propia)

### 6.3.2. Ingresos

Los ingresos del taller provienen de la venta de equipos de GNC. Ante la incertidumbre de ventas se proyecta 4 escenarios diferentes:

Escenario	Incremento de ventas	Cuota de mercado	Unidades vendidas
<b>Muy Malo</b>	2%	2% del mercado	114
<b>Malo</b>	5%	5% del mercado	284
<b>Bueno</b>	7%	7% del mercado	398
<b>Excelente</b>	10%	10% del mercado	568

Tabla 26. Suposiciones por escenarios (Fuente: Elaboración propia)

El tamaño del mercado se ha estimado a partir del número de turismos matriculados en España entre 2006-2010 (5 millones aproximados), la cuota de mercado de Ford (8%), la cuota de mercado del modelo Fusión 1,4 (14,2%) y un



parámetro estimando de los propietarios valencianos (10%). Aplicando los parámetros anteriores se obtiene la cifra de ventas.

### 6.3.3. Costes

#### 6.3.3.1. Costes de producción

Los costes de producción considerados provienen de las materias primas y de la mano de obra directa.

Los costes de materias primas se calculan a partir del Presupuesto General del Proyecto adjunta a la Memoria.

$$C_{Mat\ Prima} = 1.790 \text{ €}$$

- El kit de GNC Plug&Sequent suministrado por BRC Equipment para clientes particulares cuesta 1.800 €, dada la escala de nuestro pedido se ha ajustado el precio a 1.150 € por unidad.
- El coste de la Bombona de GNC se estima a partir del precio de venta de una botella normalizada de dimensiones similares a la diseñada en este proyecto. La empresa que ha proporcionado el precio es Faber Industrie.
- El coste del sistema de sujeción se estima a partir del precio del aluminio utilizado y los gastos del proceso de fabricación.

Los costes de mano de obra directa representan los operarios contratados para el montaje del sistema de GNC y el salario del director (gasto anual)

$$C_{Mano\ Obra} = 20.000 \frac{\text{€}}{\text{persona año}}$$

$$C_{Director} = 36.000 \frac{\text{€}}{\text{persona año}}$$

Los salarios se ajustan al incremento del IPC. En función del escenario de venta se considera el despido a la contratación de nuevo personal.

#### 6.3.3.2. Costes de administración

Los costes administrativos representan los gastos que no están directamente ligados con la actividad principal de la empresa.

Se consideran los costes asociados a la contratación de personal administrativo (gasto anual)

$$C_{Administrativo} = 25.000 \frac{\text{€}}{\text{persona año}}$$

Los salarios se ajustan al incremento del IPC. En función del escenario de venta se considera el despido a la contratación de nuevo personal.

#### 6.3.3.3. Costes de comercialización

Corresponde al gasto en publicidad y es minorado cada año.

$$C_{Comercialización} = 15.000 \frac{\text{€}}{\text{persona año}}$$

#### 6.3.3.4. Costes financieros

Corresponde a los intereses que hay que pagar por el crédito bancario. Esta tasa de interés se estima a partir del interés medio de una operación de crédito pagada a plazos entre 1 y 5 años.

$$i_{crédito} = 10\%$$

El crédito asciende a 400.000€ amortizables en 5 años.

#### 6.3.4. P.V.P.

Para estimar el precio de venta al público se considera un margen comercial del 20% sobre el coste de las materias primas

$$P.V.P. = C_{Mat Prima} * (1 + Margen_{comercial})$$

El resultado nos da un P.V.P de 2.089 €, que se redondea a 2.100 €

#### 6.3.5. Evaluación financiera

A partir de los datos calculados en los apartados anteriores se realiza el estudio de la rentabilidad del proyecto mediante los criterios de VAN y TIR.

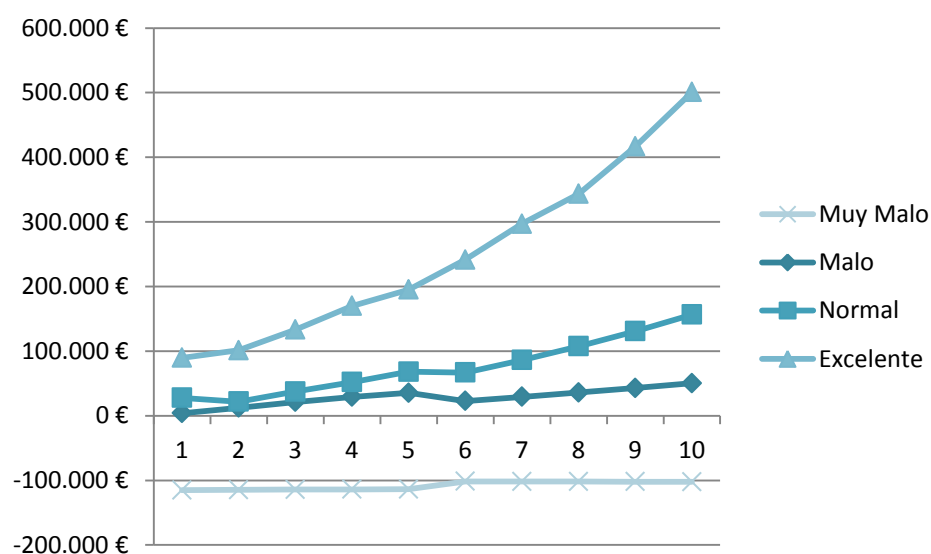
Para más información consultar el *Anexo9.Rentabilidad del taller de adaptación GNC*.

Los resultados se exponen en la Tabla 27

Escenario	VAN(Miles €)	TIR	Payback
<b>Muy Malo</b>	-916.4	Negativo	+ de 10 años
<b>Malo</b>	-306.4	Negativo	+ de 10 años
<b>Bueno</b>	97.91	18.92%	6 años
<b>Excelente</b>	528.8	54.64%	3 años

Tabla 27. Resultados escenarios (Fuente: Elaboración propia)

Los flujos de caja para cada escenario son:



Gráfica 7. Flujos de caja (Elaboración Propia)

#### 6.4. Conclusión

Un escenario óptimo sería proponerse un objetivo de ventas de 400 unidades el primer año y un incremento del 7%-8% en los años posteriores. Si se consigue, el VAN del proyecto serían 97.919 € y el TIR 19 %.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

[BORR 87] Borrás, Enrique. Gas Natural. Características, distribución y aplicaciones industriales

[LINA 09] Linares, Jose Ignacio. Aplicaciones de Termodinámica Técnica

Linares, Jose Ignacio. Enrique Herranz, Luis. Yolanda Moratilla, Beatriz.  
Tecnologías energéticas

### Reglamentos

Reglamento N° 110 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa

Manual de reformas vehículos de Parlamento europea y del Consejo

### Manuales técnicos

Manual Sequent Plug&Drive BRC Gas Equipment

Pelmag GC. Manual del instalador

PowerJetPlus Sequential Injection System

### Boletines

Boletín estadístico de hidrocarburos

Memoria ANFAC 2011

### Paginas web

Boletín oficial del estado <http://www.boe.es>

Comisión nacional de la energía (CNE) <http://www.cne.es>

NGV global. <http://www.iangv.org/>

### Recursos informáticos

The Ford Technical Information System (TIS)

## ANEXO 1. CÁLCULO DE AUTONOMÍA

## Anexo: Autonomía del vehículo

### 1. Suposiciones y método de estudio

Se considera el gas natural como un gas ideal, compuesto exclusivamente por CH<sub>4</sub>

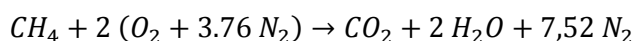
Para calcular la autonomía se debe conocer el consumo del vehículo a gas natural y la capacidad de total de los cilindros.

### 2. PCI en las botellas

#### 2.1. PCI del metano

El poder calorífico es el valor absoluto de la entalpía de combustión.

Para calcularla se parte de la reacción de combustión estequiométrica del metano:



La entalpía de combustión es la diferencia de entalpías de formación entre los productos y los reactivos de la reacción:

$$h_{comb}^o = \sum_p n_p h_p - \sum_r n_r h_r$$

Los valores de las entalpías de formación estándar son:

$$h_{fCO_2(g)}^o = -393.52 \text{ KJ/mol}$$

$$h_{fH_2O(g)}^o = -241.83 \text{ KJ/mol}$$

$$h_{fCH_4(g)}^o = -74.873 \text{ KJ/mol}$$

El resto de componentes se encuentran en su estado fundamental por tanto la entalpía de formación es nula:

$$h_{fN_2(g)}^o = 0 \text{ KJ/mol}$$

$$h_{fO_2(g)}^o = 0 \text{ KJ/mol}$$

El resultado es,

$$h_{comb}^o = (h_{fCO_2(g)}^o + 2 h_{fH_2O(g)}^o) - (h_{fCH_4(g)}^o)$$

$$h_{comb}^o = -802.31 \text{ KJ/mol}$$

$$PCI = |h_{comb}^o| = 802.31 \text{ KJ/mol}$$

El PCI por Kg de combustible, a partir de la masa molecular del metano es,

$$M = 16.043 \text{ gr/mol}$$

$$PCI = |h_{comb}^o| = 802.31 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} * \frac{1}{16.043} * \frac{\text{mol}}{\text{gr}} * 1000 \frac{\text{gr}}{\text{kg}} * \frac{1}{1000} \frac{\text{MJ}}{\text{KJ}} = 50.144 \text{ MJ/kg}$$

## 2.2. Densidad del gas comprimido

Para el cálculo de la densidad del GNC comprimido a 200 bar se parte de la ecuación de estado de los gases ideales,

$$p v = n R T$$

De la cual se despeja la densidad,

$$p = \rho R M T$$

Donde,

P, es la presión absoluta en los cilindros de GNC.  $P = 20 \text{ MPa} = 20 * 1E6 \text{ Pa}$

R, es la constante universal de los gases ideales.  $R = 8.31447 \frac{\text{m}^3 \text{ Pa}}{\text{K mol}}$

M, es la masa molecular del gas.  $M = 16.043 \text{ gr/mol}$

T, es la temperatura.  $T = 15^\circ\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$

$\rho$ , es la densidad del gas

La densidad resulta:

$$\rho_{GNC} = 133.636 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 0.13364 \frac{\text{Kg}}{\text{litro}}$$



### 2.3. Volumen del depósito de combustible

Para calcular el volumen se descompone la botella en tres partes; cilindro o cuerpo de la botella, casquete inferior y casquete superior.

$$V_{cilindro} = \pi \frac{\phi^2}{4} h_{cilindro}$$

$$V_{casquete} = \frac{\pi h}{6} * (3 \frac{\phi^2}{4} + h_{casquete}^2)$$

Donde,

$\phi$ , es el diámetro del cilindro

$h_{cilindro}$ , es la altura de la botella

$h_{casquete}$ , es la altura del casquete esférico

A partir de la botella diseñada,

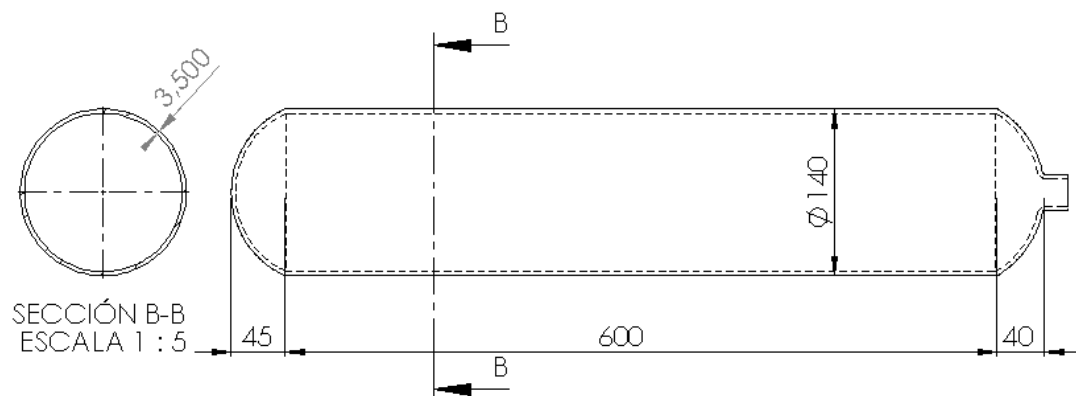


Figura 57. Cilindro GNC acotado. (Fuente: Elaboración propia)

$$\phi = 140 - 7 = 133 \text{ mm}$$

$$h_{cilindro} = 600 \text{ mm}$$

$$h_{casquete\ inf} = 45\ mm$$

$$h_{casquete\ sup} = 40\ mm$$

Por tanto,

$$V_{cilindro} = 7.96\ 10^{-3}\ m^3$$

$$V_{casquete\ inf} = 3.46\ 10^{-4}\ m^3$$

$$V_{casquete\ sup} = 2.99\ 10^{-4}\ m^3$$

El volumen total sería la suma de los tres

$$V_{botella\ GNC} = V_{cilindro} + V_{casquete\ inf} + V_{casquete\ sup} = 8.61\ 10^{-3}\ m^3 = 8.61\ litro$$

Al disponer de dos botellas el volumen total sería,

$$V_{GNC} = 2 * V_{botella\ GNC} = 17.2\ 10^{-3}\ m^3 = 17,2\ litro$$

Energía total del combustible

A partir de los datos calculados en el apartado 2.1, 2.2 y 2.3 se obtiene el poder calorífico interno del combustible en las condiciones estudiadas,

$$PCI_{GNC} = PCI_{combustible} * \rho_{GNC} * V_{GNC} = 115.382\ MJ$$

Por tanto, los recipientes vehículo permiten almacenar como máximo 115.382 MJ de energía en forma de gas natural comprimido.

### 3. Consumo vehículo a gas natural

Para calcular el consumo del vehículo a gas natural se realiza una estimación a partir del consumo equivalente de gasolina y la posible pérdida de rendimiento del motor

#### 3.1. Consumo de GNC equivalente al de gasolina

Según las especificaciones técnicas del Ford Fusion 1,4 el consumo medio de combustible en condiciones urbano-carretera es:

$$G_{gasolina} = 6.6 \frac{\text{litro}}{100\text{km}}$$

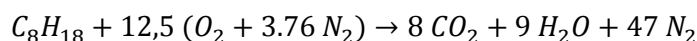
Al tratarse de combustibles de diferente densidad, el consumo volumétrico es distinto, sin embargo el consumo energético es el mismo.

Se considera que la gasolina está compuesta sólo por iso-octano  $C_8 H_{18}$

### 3.1.1. PCI de la gasolina

El procedimiento es equivalente al desarrollado en el apartado 2.1.

La reacción de combustión estequiométrica sería,



$$h_{comb}^o = \sum_p n_p h_p - \sum_r n_r h_r$$

El valor de la entalpía de formación estándar es:

$$h_{C_8H_{18}(g)}^o = -208.5 \text{ KJ/mol}$$

El resultado de la combustión es:

$$h_{comb}^o = (8 h_{fCO_2(g)}^o + 9 h_{fH_2O(g)}^o) - (h_{C_8H_{18}(g)}^o)$$

$$h_{comb}^o = -5074.6 \text{ KJ/mol}$$

$$PCI = |h_{comb}^o| = 5074.6 \text{ KJ/mol}$$

El PCI por Kg de combustible, a partir de la masa molecular del iso-octano es

$$M = 114,23 \text{ gr/mol}$$

$$\begin{aligned} PCI &= |h_{comb}^o| = 5074.6 \frac{KJ}{mol} * \frac{1}{114.23} * \frac{mol}{gr} * 1000 \frac{gr}{kgr} * \frac{1}{1000} \frac{MJ}{KJ} \\ &= 44.425 MJ/kg \end{aligned}$$

### 3.1.2. Densidad de gasolina

La densidad de la gasolina es:

$$\rho = 750 \frac{kg}{m^3}$$

### 3.1.3. Consumo energético

A partir de los resultados de los apartados 3.1.1 y 3.1.2 se calcula el consumo energético:

$$\begin{aligned} G'_{energético} &= G_{gasolina} * PCI_{gasolina} * \rho_{gasolina} \\ G'_{energetico} &= 6.6 \frac{litro}{100km} 44.425 \frac{MJ}{kg} * 750 \frac{kg}{m^3} * \frac{1}{1000} * \frac{m^3}{litro} = 166.15 \frac{MJ}{100km} \end{aligned}$$

### 3.1.4. Consumo GNC

El consumo de GNC es igual en términos energéticos que el de gasolina, por tanto,

$$G'_{energético} = G_{GNC} * PCI_{GNC} * \rho_{GNC} = 166.15 \frac{MJ}{100km}$$

Se despeja y se resuelve,

$$G_{GNC} = 24.794 \frac{litro}{100km}$$

En resumen, tomando como referencia que la energía consumida por nuestro motor utilizando gasolina, es igual a la energía consumida por el mismo motor utilizando GNC, se obtiene que el consumo es de 24.8 litros cada 100 km.

### 3.2. Parámetros de corrección

#### 3.2.1. Diferencia masa del vehículo

Un incremento de la masa del vehículo, supone un incremento de las fuerza gravitatoria y de rozamiento que tiene que vencer el mismo, en su desplazamiento.

$$F_{total} = F_g + F_{aire} + F_{roz}$$

$$F_{total} = m g \sin\theta + \frac{1}{2} \rho_a (v - v_{aire})^2 C_{xx} A_{fp} + m g \mu \cos\theta$$

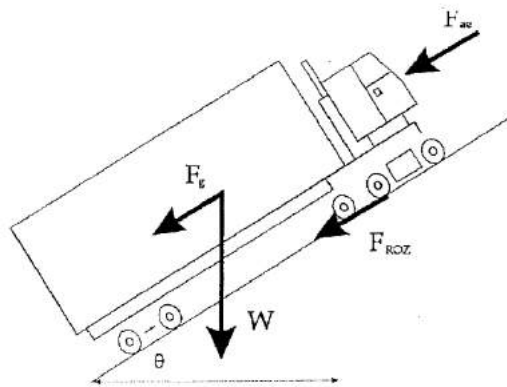


Figura 58. Diagrama de cuerpo libre. (Fuente: Apuntes MCIA)

##### 3.2.1.1. Vehículo GNC

Según el sistema diseñado, con el depósito lleno de GNC:

$$M_{cilindro\ GNC} = 2 * 11547.89\ gr = 23095,7\ gr$$

$$M_{GNC} = \rho_{GNC} * V_{cilindro} = 133,64 \frac{gr}{litro} * 2 * 8.609\ litro = 2301.01\ gr; M_{GNC} \sim 0$$

El peso total del sistema instalado es 25,4 kg

##### 3.2.1.2. Vehículo gasolina

Según las especificaciones técnicas del vehículo, con el depósito lleno de gasolina:

$M_{\text{deposito gasolina}} \sim 0$  (esté hecho en plástico)

$$M_{\text{gasolina}} = \rho_{\text{gasolina}} * V_{\text{gasolina}} = 680 \frac{\text{gr}}{\text{litro}} * 40 \text{ litro} = 27200 \text{ gr}$$

El peso total del sistema desinstalado es 27,20 Kg

#### 3.2.1.3. Corrección

La diferencia entre el peso instalado y desinstalado es prácticamente nulo, por tanto, no se corrige el consumo por la diferencia de masa entre el vehículo adaptado y no adaptado

### 3.3. Consumo final

El consumo final calculado de GNC es

$$G_{GNC} = 24.794 \frac{\text{litro}}{100\text{km}}$$

Este consumo se ha obtenido teniendo en cuenta la equivalencia entre la energía consumida por el motor a gasolina y a gnc, y corrigiendo el efecto en el consumo de la diferencia de masas del vehículo

## 4. Autonomía

La autonomía del vehículo a GNC se calcula a partir del consumo calculado en el apartado 3.3 y la capacidad calculada en el apartado 2.3.

La autonomía es,

$$\text{Autonomía} = \frac{V_{GNC}}{G_{GNC}} = \frac{12,7}{24.79} \frac{\text{litro}}{\frac{\text{litro}}{100 \text{ km}}} * 100 = 69,45 \text{ km}$$

La instalación del sistema de combustible GNC en el vehículo dota de una autonomía de 69,45 km.

## ANEXO 2. CÁLCULO DE ESPESOR DEL RECIPIENTE

## Cálculo de espesor del recipiente

Se emplea un programa de elementos finitos (MEF) “SolidWorks” para realizar un estudio de diseño y cálculo, cuyo objetivo es optimizar el espesor del recipiente-botella.

### 1. Configuración del estudio

#### 1.1. Creación estudio previo

Antes de iniciar el proceso de optimización del espesor, se efectúa un estudio estático del cilindro sometido a una presión interior de 45 MPa.

El valor se obtiene a partir del cuadro 6.3 del Anexo 3 (Botellas de gas) del Reglamento CEPE/ONU 110 R para cilindros de tipo-I, y corresponde con el valor mínimo de presión que debe resistir el recipiente (cilindro) sin romperse.

Referencia del reglamento,

Cuadro 6.3

Valores mínimos reales de rotura y relaciones de esfuerzo

	CNG-1 Todo metal	CNG-2 Envolvente de anillos		CNG-3 Envolvente completa		CNG-4 Todo material compuesto	
	Presión de rotura [MPa]	Relación de esfuerzos [MPa]	Presión de rotura [MPa]	Relación de esfuerzos [MPa]	Presión de rotura [MPa]	Relación de esfuerzos [MPa]	Presión de rotura [MPa]
Todo metal	45						

Figura 59. Valores mínimos de rotura del reglamento. (Fuente: R110 CEPE)

### 1.2. Variables de diseño

#### 1.2.1. Espesor

*Min: 2mm; Max: 10mm; paso = 0.25 mm*

### 1.3. Restricciones

#### 1.3.1. Tensión de Von Mises



$$\text{Menor que } \sigma_{\max} < \sigma_{\text{límite rotura}} < 1110 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

La presión de rotura debe ser menor que el límite de rotura del material de la botella. En este caso AISI 4340 normalizado.

El modelo obtiene, para cada espesor, el valor de la tensión máxima en el cilindro del estudio estático definido en el apartado 1.1.

#### 1.4. Objetivos

##### 1.4.1. Volumen

*Max Volumen ; ponderación: 100%*

#### 2. Resultados del estudio

- Gráficas de tendencia local

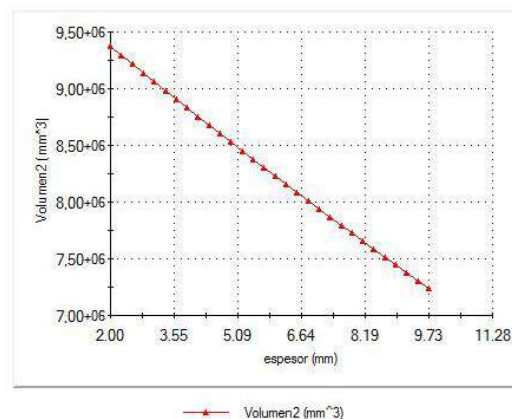


Figura 60. Tendencia local espesor-volumen. (Fuente: Elaboración propia)

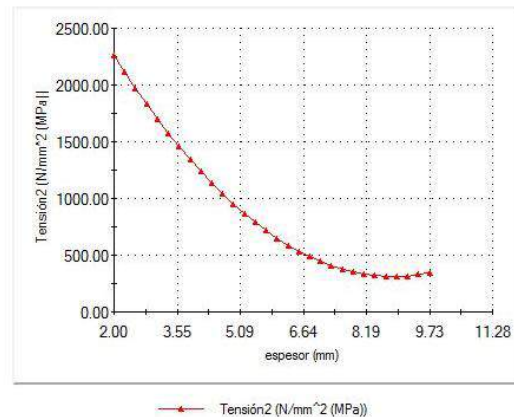


Figura 61. Tendencia local espesor-tensiones. (Fuente: Elaboración propia)

- Espesor óptimo

	Espesor	Tensión Máxima	Volumen
	mm	MPa	Litros
Óptimo	3,5	1096,2	8,37

Tabla 28. Espesor óptimo. (Fuente: Elaboración propia)

### 3. Conclusión

Para espesores pequeños, la tensión evoluciona inversamente al incremento del espesor, sin embargo para espesores grandes, la sensibilidad disminuye e incluso se puede apreciar como a partir de los 9,4 mm de espesor la tensión en el cilindro aumenta.

El espesor óptimo representa el valor mínimo para el cual la botella cumple los requisitos de homologación

## ANEXO 3. ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL RECIPIENTE (45 MPA)



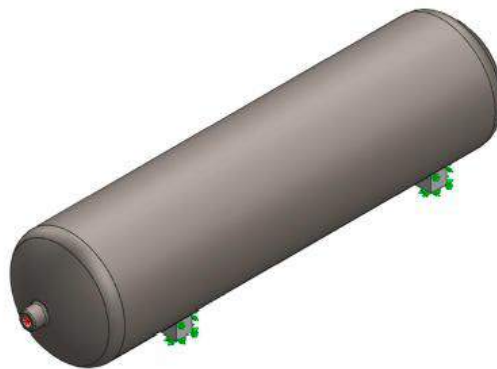
## Simulación de GNC ensayo

**Fecha:** sábado, 19 de mayo de 2012  
**Diseñador:** SolidWorks  
**Nombre de estudio:** Estudio Presión 2Mpa  
**Tipo de análisis:** Estático

### Descripción

Ensayo de Cilindro GNC a capacidad máxima. Presión de ensayo 20 MPa

## Información de modelo



Nombre del modelo: GNC ensayo  
 Configuración actual: Default

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo5	Sólido	Masa: 14.903 kgr	May 06 14:22:08 2012


### Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio 2- Presión 2Mpa
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks

### Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/mm <sup>2</sup> (MPa)

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 4340 Acero normalizado</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: <math>7.1e+008 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Límite de tracción: <math>1.11e+009 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Módulo elástico: <math>2.05e+011 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.32</p> <p>Densidad: <math>7850 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Módulo cortante: <math>8e+010 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: <math>1.2e-005 / \text{Kelvin}</math></p>	Sólido 1(Redondeo5)(GNC ensayo)
Datos de curva:N/A		

### Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Sobre caras planas-1		Entidades: 10 cara(s) Tipo: Sobre caras planas Traslación: ---, ---, 0 Unidades: mm		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	4.42176	0.987694	348.072	348.101
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Presión-1		<p>Entidades: 7 cara(s)</p> <p>Tipo: Normal a cara seleccionada</p> <p>Valor: 20</p> <p>Unidades: <math>\text{N/mm}^2 \text{ (MPa)}</math></p>

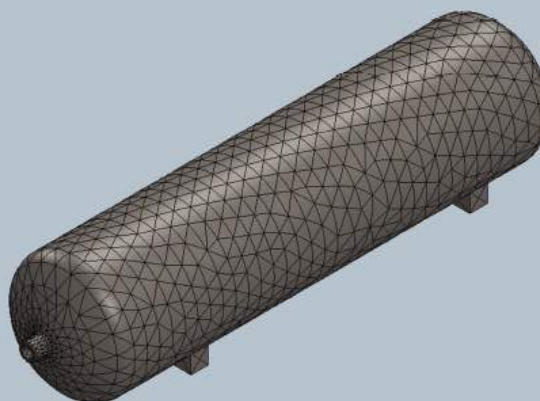
### Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	24.8758 mm
Tamaño mínimo del elemento	4.97516 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	11588
Número total de elementos	5816
Cociente máximo de aspecto	10.033
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	25.3
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0172
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:01
Nombre de computadora:	

Nombre de modelo: CNC\_ensayo  
 Nombre de estudio: Estudio 2- Presión 20kPa  
 Tipo de malla: Malla de sólido





## Fuerzas resultantes

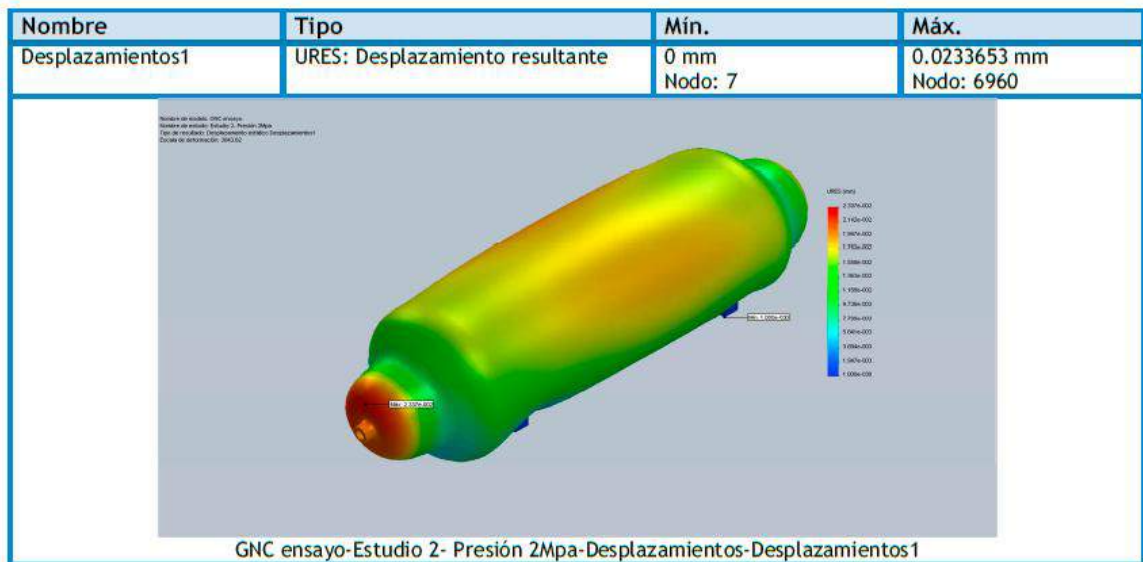
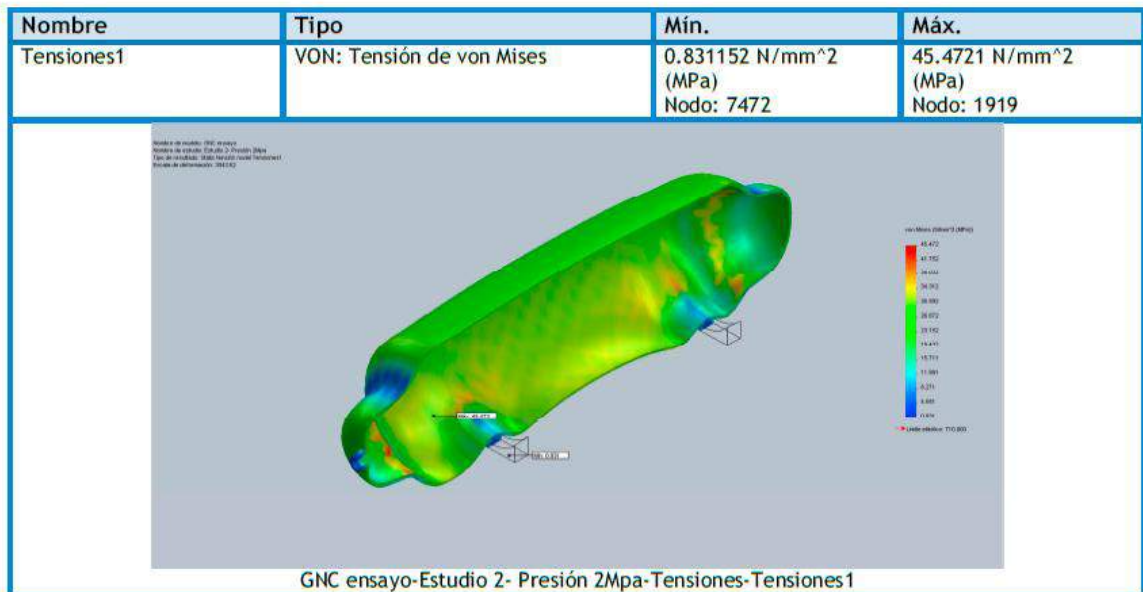
### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	4.42176	0.987694	348.072	348.101

### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N·m	0	0	0	0

## Resultados del estudio



## Conclusión

El incremento de longitud en dirección axial es considerablemente superior que el incremento radial.

Las zonas de tensión máximas del modelo se sitúan en los extremos del cilindro, justo al inicio de la curvatura.

## ANEXO 4. ANÁLISIS DE ESFUERZOS DEL SOPORTE DEL RECIPIENTE



## Simulación Soporte

Fecha: sábado, 19 de mayo de 2012

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Peso cilindros

Tipo de análisis: Estático

### Descripción

Ensayo del sistema de sujeción de los cilindros de GNC a la parte inferior del chasis del Ford Fusion 1,4

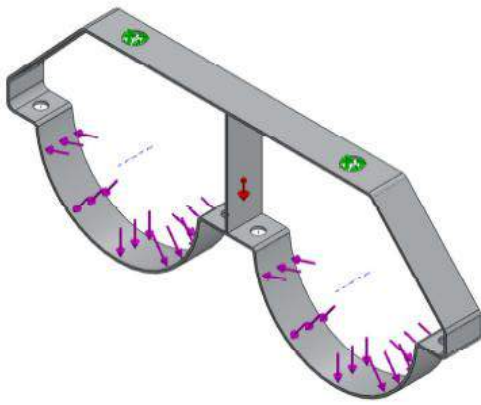

## Suposiciones

### Comentarios:

El soporte del recipiente a presión que acoplado fijamente a la parte inferior del chasis del vehículo mediante un mecanismo tornillo-tuerca ISO 4018 M16.

La carga en cada abrazadera corresponde con la mitad del peso de los cilindros de GNC

## Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: Soporte                      Configuración actual: Default</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir2 	Sólido	Masa:0.18186 kg Volumen:64.95013 cm3	May 11 00:19:14 2012

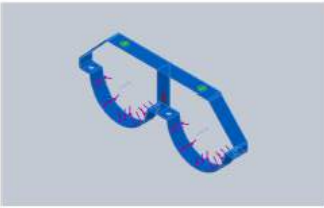
### Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Peso cilindros
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks

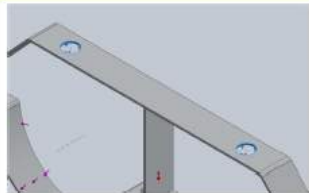
### Unidades

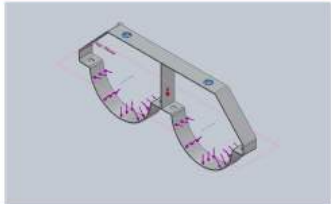
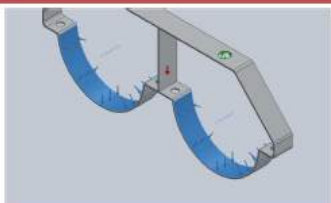
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/mm <sup>2</sup> (MPa)

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Aleación 2014</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 9.65098e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 1.65445e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 7.3e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.33</p> <p>Densidad: 2800 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 2.8e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 2.3e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Pieza1)
Datos de curva:N/A		

### Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0.00062561	81.5055	0.00308037	81.5055	
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Gravedad-1		Referencia: Top Plane Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI		
Fuerza-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 60 N		



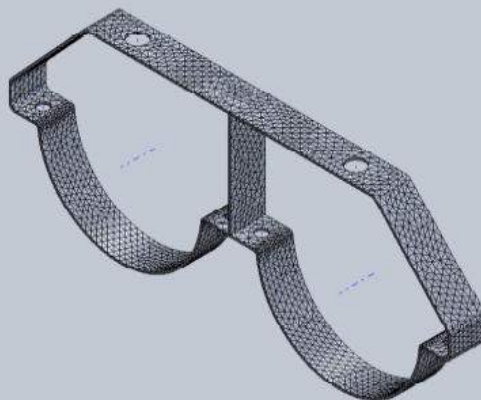
### Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	5.26069 mm
Tamaño mínimo del elemento	1.75354 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	27296
Número total de elementos	13215
Cociente máximo de aspecto	7.5525
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	92.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	

Nombre de modelo: Placa1  
 Nombre de archivo: Placa1.dxf  
 Tipo de malla: Malla por calidad





## Fuerzas r

## esultantes

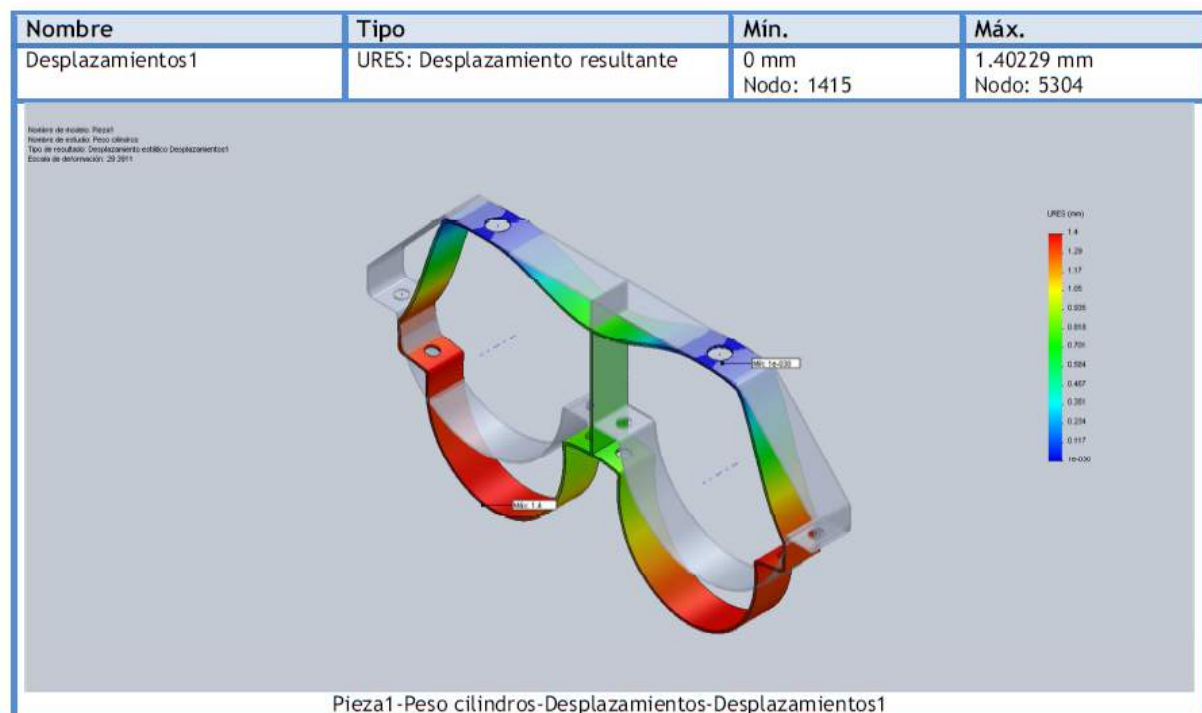
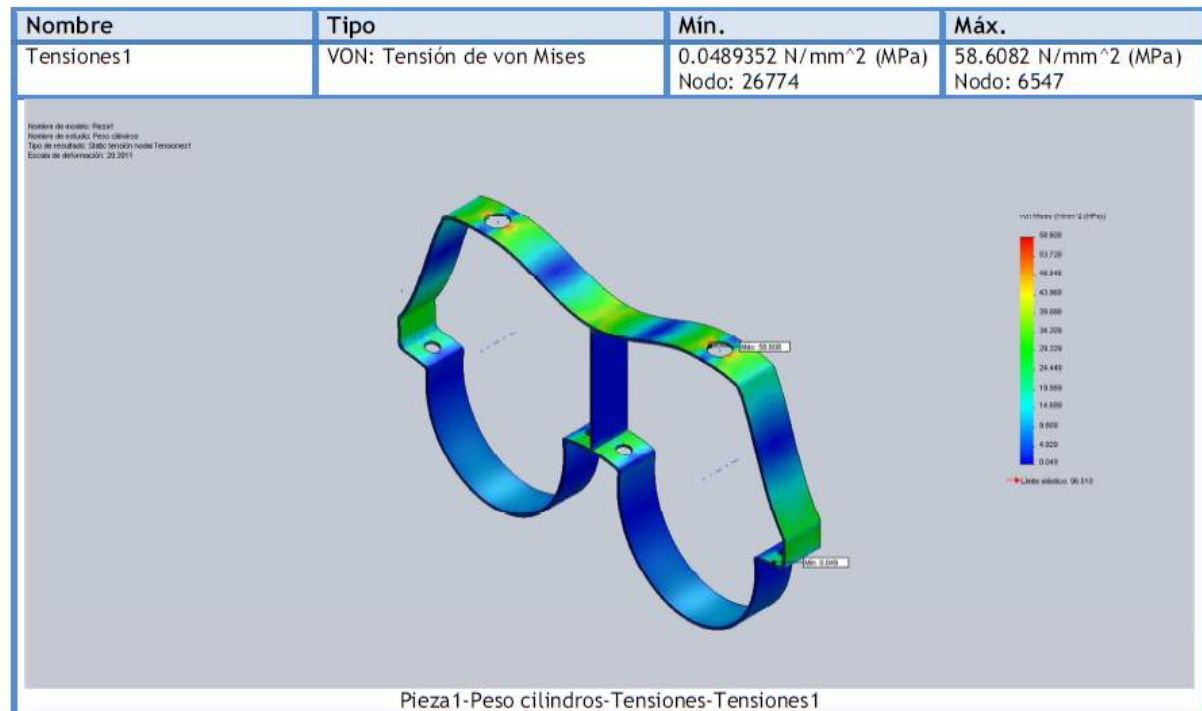
### Fuerzas de reacción

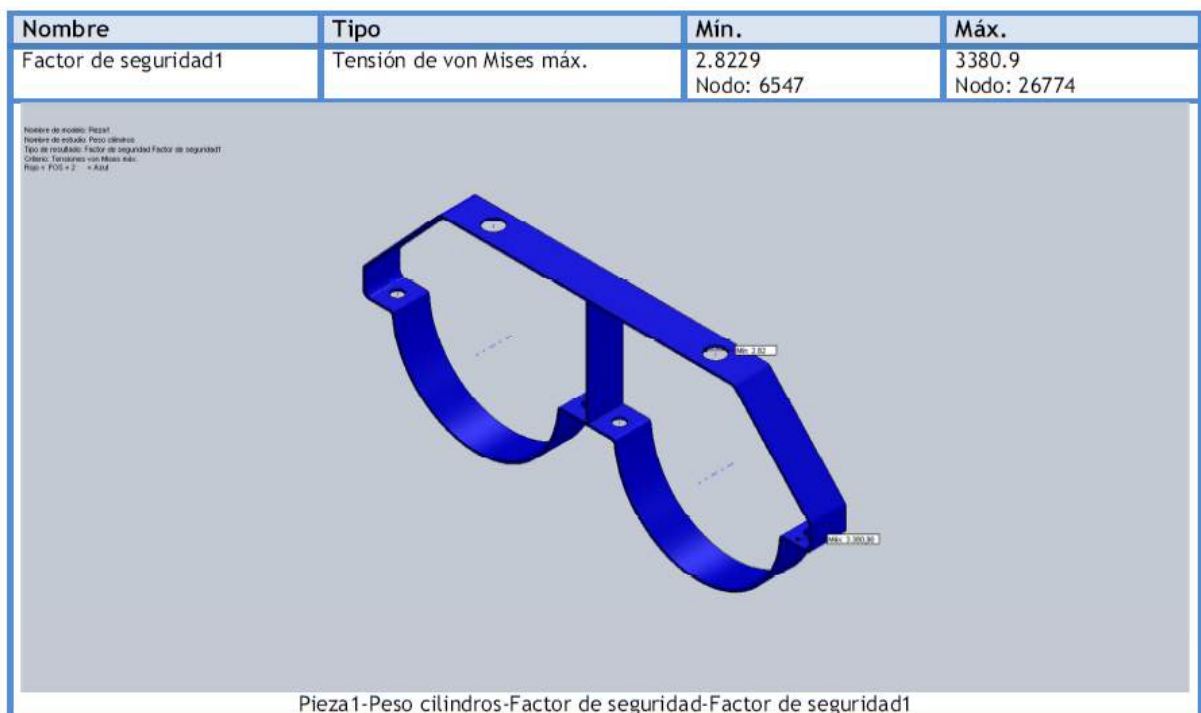
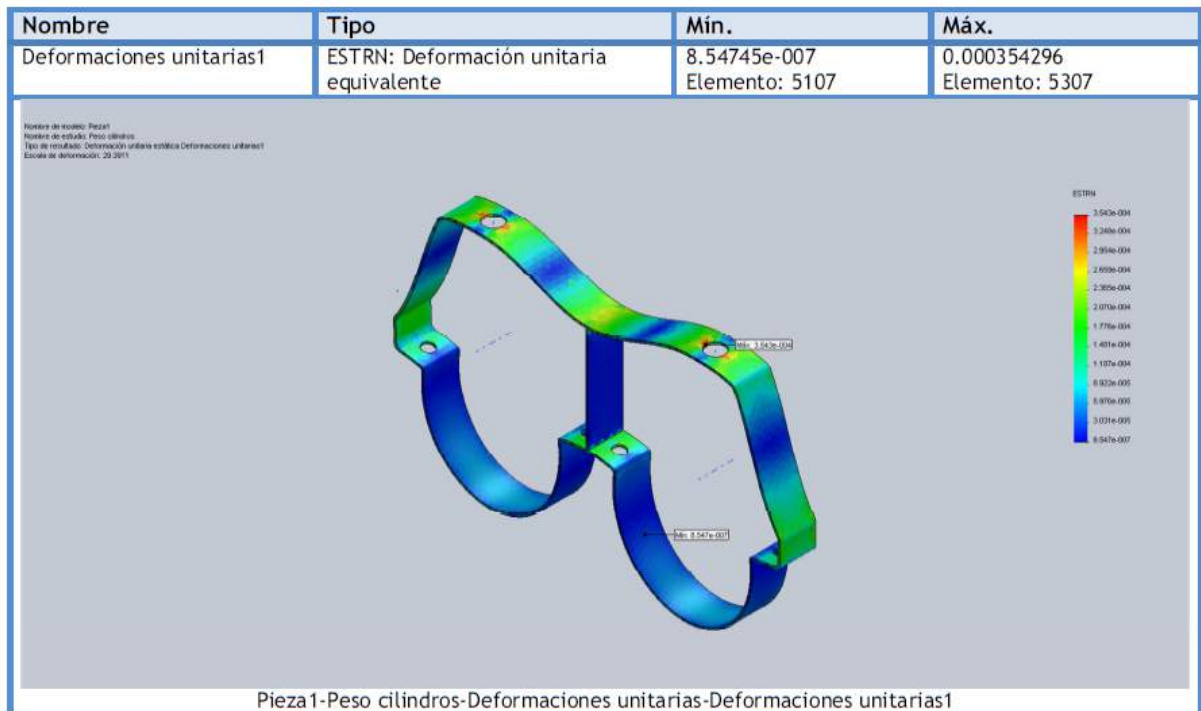
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.00062561	81.5055	0.00308037	81.5055

### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0

## Resultados del estudio





## Conclusión

### Comentarios:

La estructura diseñada soporta los requerimientos estáticos a los que está sometida sin producirse una deformación considerable

## ANEXO 5. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE GAS NATURAL

## Dimensionamiento de tubería de gas natural

### Condiciones de funcionamiento

#### Tubería

Temperatura operación	35°C	95°F
Temperatura diseño	100°C	212°F
Caudal máximo	0.2 m <sup>3</sup> /h	0.000056

#### Gas natural

Presión operación	220 bar (g)	3190 Psi
Presión diseño	250 bar (g)	3625 Psi
Velocidad diseño	6 m/s	

### Calculo del diámetro de la tubería

Diámetro interior teórico	6 mm	0,24 in
---------------------------	------	---------

### Selección del material

En función de las condiciones del fluido el material seleccionado es:

Material	AISI 316
Sch	Especial
Espesor	1 mm
Diámetro exterior (Do)	6 mm
Diametro interior Di	4 mm
Velocidad operación	4,42 m/s
Factor de fricción	0,04001

### Cálculo del espesor mínimo requerido según ASME B.31.1

La formula utilizada para el cálculo del espesor es:

$$t_m = \frac{P D_o}{2 (SE + P * y)} + A$$

Donde:

$t_m$ : es el espesor mínimo requerido (mm)

P: Presión de diseño (psi)

$D_o$ : Diámetro exterior (mm)

SE: Es la tensión máxima admisible (Psi). Se busca para el material y la temperatura del diseño en el código ASME B31.1

Y: Coeficiente

A: Espesor adicional por corrosión. Se busca en la Tabla de la página 18 del código ASME B31.1

### Resultados

El espesor de la tubería considerada es válido

Espesor mínimo	mm	0,537
Presión operación max.	Psi	3625
Diámetro exterior	mm	6,00
Tensión SE s/ Código ASME B31.1	Psi	18.800
Coeficiente y s/ Código ASME B31.1		0,4
Espesor A	mm	0
Espesor nominal (12,5%ad)	mm	0,604166667
Comprobación		Espesor válido

## ANEXO 6. PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS

Cálculo pérdida de carga en tubería

### Normativa

El cálculo de la pérdida de carga de la instalación receptora de gas natural (I.R.G.) se realiza según la norma UNE 62.620 Anexo I:

### Definición

Para presiones superiores a 500 mm c.d.a. (0,05 bar) Media y alta Presión (MP y AP)

$$P_i^2 - P_f^2 = 48,6 \rho L_E \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}} \text{ (mm c. d. a)}$$

Donde,

$P_i$ : Presión inicial absoluta (bar)

$P_f$ : Presión final absoluta (bar)

$\rho$ : Densidad relativa del gas, 0.5 para el gas natural

$Q$ : Caudal ( $\frac{m^3}{h}$ )

$D$ : Diámetro interno (mm)

$L_E$ : Longitud equivalente total (m) considerando la propia tubería y las singularidades del recorrido. Fórmula para determinar la pérdida de carga

$$L_E = f * \left(\frac{L}{D}\right) * \frac{V^2}{2g} \quad K = f \left(\frac{L}{D}\right)$$

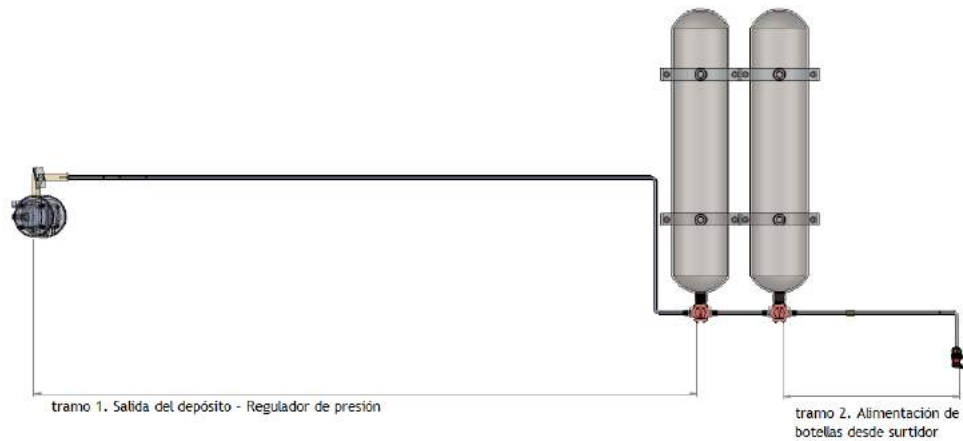
Donde,

$\left(\frac{L}{D}\right)$  y  $K$  se obtienen de catálogos y publicaciones (CRANE)

$f$ : Factor de fricción, es igual a 0,015



## Resultados



Tramo	Caudal (Nm <sup>3</sup> /h)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Presión inicial (bar(a))	Φ externo (mm)	Φ interno (mm)	Velocidad en tubería (m/s)	Longitud Tubería (m)	Singularidades	Long. Equiv. singularidad (m)	Long. Equiv. Total (m)	Presión final (bar(a))	Pérdida de carga (mbar)	Pérdida de carga (%)
Salida de depósito-Regulador de presión	44,00	0,20	220,0	6,00	4,00	4,42	2,304	- Salida de depósito (K=1)	0,9962	9,79	219,30	664,67	0,3022
								- Electroválvula de cilindros (L/D=200)	2,9885				
								- 4 codos de 90° radio corto (L/D=14)	0,2092				
								- Electroválvula de carga GNC (L/D=200)	2,9885				
								- "T" directa manómetro (L/D=20)	0,2989				
Alimentación a botellas desde surtidor de estación de servicio	60,00	0,27	220,9	6,00	4,00	6,03	0,88	- Conexión entrada (K=1)	1,8524	7,37	220,00	876,70	0,3969
								- Válvula antirretorno (L/D=50)	1,3893				
								- Electroválvula de cilindros (L/D=200)	1,3893				
								- Salida de depósito (K=1)	1,8524				

## ANEXO 7. RENTABILIDAD ADAPTACIÓN VEHÍCULO GASOLINA A GNC

Al contrario que en el Anexo1 dónde se estudio el gas natural compuesto exclusivamente por CH<sub>4</sub>. En este análisis se han tomado las características más importantes del gas natural suministrado en España que se indican a continuación.

#### COMPOSICIÓN MEDIA

-METANO:	83 % molar
-ETANO:	7,6 % molar
-PROPANO:	1,98 % molar
-BUTANO:	0,79 % molar
-PENTANO:	0,23 % molar
-HEXANO Y SUPERIORES:	0,12 % molar
-NITRÓGENO:	5,7 % molar
-CO <sub>2</sub> :	0,0%
-NITRÓGENO:	3.5 % molar
-VAPOR DE AGUA:	< 25 mg/Nm <sup>3</sup>
-SH <sub>2</sub> :	< 0.5 ppm en volumen
-THT:	Entre 5 y 30 mg/Nm <sup>3</sup>
-POLVO:	Max. 100 mgr/Nm <sup>3</sup>

#### VALORES MEDIOS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- TENSIÓN DE VAPOR ABSOLUTA A 20 °C:	9 Kg/cm <sup>2</sup>
- TENSIÓN DE VAPOR ABSOLUTA A 50 °C:	18 Kg/cm <sup>2</sup>
- PODER CALORÍFICO SUPERIOR:	10.700 Kcal/Nm <sup>3</sup>
- PODER CALORÍFICO INFERIOR:	9.500 Kcal/Nm <sup>3</sup>
- PESO ESPECÍFICO:	0.82 kg/Nm <sup>3</sup>
- ÍNDICE DE METANO:	70 ligeramente inferior
- ÍNDICE DE WOBBE:	13.600 Kcal/Nm <sup>3</sup>
- PUNTO DE ROCÍO DE AGUA:	-12 °C a 72 bar
- PUNTO DE ROCÍO DE HIDROCARBUROS:	-12 °C a 72 bar

**ANÁLISIS BÁSICO TÉCNICO-ECONÓMICO DEL PROYECTO DE ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DE GASOLINA A GAS NATURAL COMPRIMIDO EN UN VEHÍCULO FORD FUSION 1,4 de 80CV**

**CÁLCULO DEL CONSUMO DEL COCHE CON GASOLINA**

	CV	kW			
Potencia mecánica	80	58,8			
	Consumo de gasolina / 100 km	PCI medio gasolina			kWh gasolina / 100 km
	litros gasolina / 100 km	kJ/kg	Densidad a 20 °C kg/l	kWh/litro	
Cálculo consumo medio energético uso combinado urbano-carretera	6,60	43.950	0,79	9,6	63,65
	kg gasolina / 100 km				kWh/kg
	5,21			12,2	

**CÁLCULO DEL CONSUMO DEL COCHE CON GNC**

		CV	kW	
Potencia mecánica		80	58,8	
Cálculo consumo medio de GNC en uso combinado urbano-carretera	kWh GNC / 100 km	PCI medio GAS NATURAL		
	(igual al de con gasolina)	kcal/Nm3	Densidad kg/Nm3	kWh/Nm3
	63,65	9.500	0,82	11,0
		kJ/Nm3	kJ/kg	kWh/kg
		39.777	48.508	13,5
	Densidad a 220 bar kg/litros	kg GNC / 100 km	litros GNC / 100 km	
	0.204	4.72	23.11	

**AUTONOMIA**

Volumen útil de los depósitos de almacenamiento	20 litros
Cantidad de GNC almacenado en depósito	4,09 kg
Energía de GNC almacenado en depósito	55,1 kWh
Autonomía de recorrido con GNC	87 km

**GASTOS DE EXPLOTACIÓN**

**Costes de combustible**

	Euro/litro	Euro/kWh	Euro/100 km
Precio de gasolina en estación de servicio	1,420	0,147	9,37
Valor medio mercado			
Fuente: <a href="http://geoportal.mityc.es/hidrocarburos/eess/index.jsp#">http://geoportal.mityc.es/hidrocarburos/eess/index.jsp#</a>			

	Eur/kg	Euro/kWh	Euro/100 km
Precio de GNC en estación de servicio	0,92	0,068	4,35
Valor medio mercado			
<a href="http://www.cngprices.com/station_map.php?location=barcelona&amp;lat=41.387917&amp;lng">http://www.cngprices.com/station_map.php?location=barcelona&amp;lat=41.387917&amp;lng</a>			

**AHORROS DE EXPLOTACION**

	Euro/100 km
COSTE CON GASOLINA - COSTE CON GNC	5,03
No se consideran ahorros derivados de la reducción de CO2 y del ahorro en bujías	

**COSTE TOTAL DE INVERSIÓN**

	Euro
	2.100

	km
RETORNO DE LA INVERSIÓN	41.784,00

## ANEXO 8: RENTABILIDAD TALLER DE ADAPTACIÓN GNC

### Escenario Muy Malo

Inversión inicial			
	Minima	Maxima	Ajustada
Inversión local	100.000 €	150.000 €	125.000 €
Maquinaria	10.000 €	15.000 €	12.500 €
Sistema informático	1.500 €	3.000 €	2.250 €
Fianza del local	6.000 €	12.000 €	9.000 €
Lanzamiento publicitario	20.000 €	30.000 €	25.000 €
Stock del kit GNC base	87.500 €	175.000 €	131.250 €
Fondo de maniobra	25.000 €	40.000 €	32.500 €
Otros	15.000 €	20.000 €	17.500 €
TOTAL	265.000 €	445.000 €	355.000 €

### Datos del periodo

P.V.P		Financieros		Mercado	
Coste Materia prima	75,00%	Amort inmovilizado	5 años	Turismos España	5000000
Publicidad	-10,00%	Amort crédito	5 años	Marca Ford	8,00%
Margen	20,00%	Crédito	400.000 €	Modelo Fusion	14,20%
		Interes credito	10,00%	Valencia	10,00%
		WACC	10,00%	GNC	2,00%
PVP	2.100,00 €	Impuesto sociedades	35,00%	Venta	114
		Incremento IPC anual	1,00%	Incremento anual	2,00%

### Escenario Muy Malo

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	238.560 €	243.331 €	248.198 €	253.162 €	258.225 €	263.390 €	268.657 €	274.030 €	279.511 €	285.101 €
Coste de las ventas	178.920 €	182.498 €	186.148 €	189.871 €	193.669 €	197.542 €	201.493 €	205.523 €	209.633 €	213.826 €
Margen Bruto	59.640 €	60.833 €	62.049 €	63.290 €	64.556 €	65.847 €	67.164 €	68.508 €	69.878 €	71.275 €
Nº Operarios	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Coste por operario	20.000 €	20.200 €	20.402 €	20.606 €	20.812 €	21.020 €	21.230 €	21.443 €	21.657 €	21.874 €
Nº Administrativos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coste por administrativo	25.000 €	25.250 €	25.503 €	25.758 €	26.015 €	26.275 €	26.538 €	26.803 €	27.071 €	27.342 €
Salario Director	36.000 €	36.360 €	36.724 €	37.091 €	37.462 €	37.836 €	38.215 €	38.597 €	38.983 €	39.373 €
Coste personal	116.000 €	117.160 €	118.332 €	119.515 €	120.710 €	121.917 €	123.136 €	124.368 €	125.611 €	126.867 €
Publicidad	15.000 €	13.500 €	12.150 €	10.935 €	9.842 €	8.857 €	7.972 €	7.174 €	6.457 €	5.811 €
Costes comercialización	15.000 €	13.500 €	12.150 €	10.935 €	9.842 €	8.857 €	7.972 €	7.174 €	6.457 €	5.811 €
Interes a pagar	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gastos	171.000 €	170.660 €	170.482 €	170.450 €	170.552 €	130.775 €	131.108 €	131.542 €	132.068 €	132.679 €
Amortización crédito	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Amortización Inmov.	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
BAI	-218.860 €	-217.327 €	-215.932 €	-214.659 €	-213.495 €	-64.927 €	-63.944 €	-63.035 €	-62.191 €	-61.403 €
Impuesto	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
BDI	-218.860 €	-217.327 €	-215.932 €	-214.659 €	-213.495 €	-64.927 €	-63.944 €	-63.035 €	-62.191 €	-61.403 €
Amortización crédito	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Amortización Inmov.	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
CASH FLOW	-111.360 €	-109.827 €	-108.432 €	-107.159 €	-105.995 €	-64.927 €	-63.944 €	-63.035 €	-62.191 €	-61.403 €
Inversión	355.000 €									
Total	-466.360 €	-109.827 €	-108.432 €	-107.159 €	-105.995 €	-64.927 €	-63.944 €	-63.035 €	-62.191 €	-61.403 €
PAYBACK	-466.360 €	-576.187 €	-684.619 €	-791.779 €	-897.774 €	-962.701 €	-1.026.645 €	-1.089.679 €	-1.151.870 €	-1.213.274 €
	VAN	-916.393 €	TIR	#NUM!	PAYBACK	No	Unidades	114	PVP	2.100 €

## Escenario Malo

Inversión inicial			
	Minima	Maxima	Ajustada
Inversión local	100.000 €	150.000 €	125.000 €
Maquinaria	10.000 €	15.000 €	12.500 €
Sistema informático	1.500 €	3.000 €	2.250 €
Fianza del local	6.000 €	12.000 €	9.000 €
Lanzamiento publicitario	20.000 €	30.000 €	25.000 €
Stock del kit GNC base	87.500 €	175.000 €	131.250 €
Fondo de maniobra	25.000 €	40.000 €	32.500 €
Otros	15.000 €	20.000 €	17.500 €
TOTAL	265.000 €	445.000 €	355.000 €

## Datos del periodo

P.V.P		Financieros		Mercado	
Coste Materia prima	75,00%	Amort inmovilizado	5 años	Turismos España	5000000
Publicidad	-10,00%	Amort crédito	5 años	Marca Ford	8,00%
Margen	20,00%	Credito	400.000 €	Modelo Fusion	14,20%
		Interes credito	10,00%	Valencia	10,00%
		WACC	10,00%	GNC	5,00%
PVP	2.100,00 €	Impuesto sociedades	35,00%	Venta	284
		Incremento IPC anual	1,00%	Incremento anual	5,00%



## Escenario Malo

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	596.400 €	626.220 €	657.531 €	690.408 €	724.928 €	761.174 €	799.233 €	839.195 €	881.154 €	925.212 €
Coste de las ventas	447.300 €	469.665 €	493.148 €	517.806 €	543.696 €	570.881 €	599.425 €	629.396 €	660.866 €	693.909 €
Margen Bruto	149.100 €	156.555 €	164.383 €	172.602 €	181.232 €	190.294 €	199.808 €	209.799 €	220.289 €	231.303 €

Nº Operarios	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Coste por operario	20.000 €	20.200 €	20.402 €	20.606 €	20.812 €	21.020 €	21.230 €	21.443 €	21.657 €	21.874 €
Nº Administrativos	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Coste por administrativo	25.000 €	25.250 €	25.503 €	25.758 €	26.015 €	26.275 €	26.538 €	26.803 €	27.071 €	27.342 €
Salario Director	36.000 €	36.360 €	36.724 €	37.091 €	37.462 €	37.836 €	38.215 €	38.597 €	38.983 €	39.373 €
Coste personal	116.000 €	117.160 €	118.332 €	119.515 €	120.710 €	148.192 €	149.674 €	151.171 €	152.683 €	154.210 €
Publicidad	15.000 €	13.500 €	12.150 €	10.935 €	9.842 €	8.857 €	7.972 €	7.174 €	6.457 €	5.811 €
Costes comercialización	15.000 €	13.500 €	12.150 €	10.935 €	9.842 €	8.857 €	7.972 €	7.174 €	6.457 €	5.811 €
Interes a pagar	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gastos	171.000 €	170.660 €	170.482 €	170.450 €	170.552 €	157.050 €	157.646 €	158.346 €	159.140 €	160.021 €
Amortización crédito	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Amortización Inmov.	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
BAI	-129.400 €	-121.605 €	-113.599 €	-105.348 €	-96.820 €	33.244 €	42.162 €	51.453 €	61.149 €	71.282 €

Impuesto	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	11.635 €	14.757 €	18.009 €	21.402 €	24.949 €
BDI	-129.400 €	-121.605 €	-113.599 €	-105.348 €	-96.820 €	21.608 €	27.405 €	33.445 €	39.747 €	46.333 €

Amortización crédito	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Amortización Inmov.	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
CASH FLOW	-21.900 €	-14.105 €	-6.099 €	2.152 €	10.680 €	21.608 €	27.405 €	33.445 €	39.747 €	46.333 €

Inversión	355.000 €									
Total	-376.900 €	-14.105 €	-6.099 €	2.152 €	10.680 €	21.608 €	27.405 €	33.445 €	39.747 €	46.333 €
PAYBACK	-376.900 €	-391.005 €	-397.104 €	-394.952 €	-384.271 €	-362.663 €	-335.257 €	-301.813 €	-262.066 €	-215.733 €

## Escenario Bueno

Inversión inicial			
	Minima	Maxima	Ajustada
Inversión local	100.000 €	150.000 €	125.000 €
Maquinaria	10.000 €	15.000 €	12.500 €
Sistema informático	1.500 €	3.000 €	2.250 €
Fianza del local	6.000 €	12.000 €	9.000 €
Lanzamiento publicitario	20.000 €	30.000 €	25.000 €
Stock del kit GNC base	87.500 €	175.000 €	131.250 €
Fondo de maniobra	25.000 €	40.000 €	32.500 €
Otros	15.000 €	20.000 €	17.500 €
TOTAL	265.000 €	445.000 €	355.000 €

## Datos del periodo

P.V.P		Financieros		Mercado	
Coste Materia prima	75,00%	Amort inmovilizado	5 años	Turismos España	5000000
Publicidad	-10,00%	Amort crédito	5 años	Marca Ford	8,00%
Margen	20,00%	Credito	400.000 €	Modelo Fusion	14,20%
		Interes credito	10,00%	Valencia	10,00%
		WACC	10,00%	GNC	7,00%
PVP	2.100,00 €	Impuesto sociedades	35,00%	Venta	398
		Incremento IPC anual	1,00%	Incremento anual	7,00%

## Escenario Bueno

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	834.960 €	893.407 €	955.946 €	1.022.862 €	1.094.462 €	1.171.075 €	1.253.050 €	1.340.763 €	1.434.617 €	1.535.040 €
Coste de las ventas	626.220 €	670.055 €	716.959 €	767.146 €	820.847 €	878.306 €	939.787 €	1.005.572 €	1.075.963 €	1.151.280 €
Margen Bruto	208.740 €	223.352 €	238.986 €	255.715 €	273.616 €	292.769 €	313.262 €	335.191 €	358.654 €	383.760 €

Nº Operarios	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Coste por operario	20.000 €	20.200 €	20.402 €	20.606 €	20.812 €	21.020 €	21.230 €	21.443 €	21.657 €	21.874 €
Nº Administrativos	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2
Coste por administrativo	25.000 €	25.250 €	25.503 €	25.758 €	26.015 €	26.275 €	26.538 €	26.803 €	27.071 €	27.342 €
Salario Director	36.000 €	36.360 €	36.724 €	37.091 €	37.462 €	37.836 €	38.215 €	38.597 €	38.983 €	39.373 €
Coste personal	116.000 €	117.160 €	118.332 €	145.272 €	146.725 €	148.192 €	176.212 €	177.974 €	179.754 €	181.552 €
Publicidad	15.000 €	13.500 €	12.150 €	10.935 €	9.842 €	8.857 €	7.972 €	7.174 €	6.457 €	5.811 €
Costes comercialización	15.000 €	13.500 €	12.150 €	10.935 €	9.842 €	8.857 €	7.972 €	7.174 €	6.457 €	5.811 €
Interes a pagar	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gastos	171.000 €	170.660 €	170.482 €	196.207 €	196.567 €	157.050 €	184.184 €	185.149 €	186.211 €	187.363 €
Amortización crédito	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Amortización Inmov.	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
BAI	-69.760 €	-54.808 €	-38.995 €	-47.992 €	-30.451 €	135.719 €	129.078 €	150.042 €	172.443 €	196.397 €

Impuesto	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	47.502 €	45.177 €	52.515 €	60.355 €	68.739 €
BDI	-69.760 €	-54.808 €	-38.995 €	-47.992 €	-30.451 €	88.217 €	83.901 €	97.527 €	112.088 €	127.658 €

Amortización crédito	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Amortización Inmov.	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
CASH FLOW	37.740 €	52.692 €	68.505 €	59.508 €	77.049 €	88.217 €	83.901 €	97.527 €	112.088 €	127.658 €

Inversión	355.000 €									
Total	-317.260 €	52.692 €	68.505 €	59.508 €	77.049 €	88.217 €	83.901 €	97.527 €	112.088 €	127.658 €
PAYBACK	-317.260 €	-264.568 €	-196.063 €	-136.555 €	-59.506 €	28.711 €	112.612 €	210.139 €	322.227 €	449.885 €

## Escenario Excelente

Inversión inicial			
	Minima	Maxima	Ajustada
Inversión local	100.000 €	150.000 €	125.000 €
Maquinaria	10.000 €	15.000 €	12.500 €
Sistema informático	1.500 €	3.000 €	2.250 €
Fianza del local	6.000 €	12.000 €	9.000 €
Lanzamiento publicitario	20.000 €	30.000 €	25.000 €
Stock del kit GNC base	87.500 €	175.000 €	131.250 €
Fondo de maniobra	25.000 €	40.000 €	32.500 €
Otros	15.000 €	20.000 €	17.500 €
TOTAL	265.000 €	445.000 €	355.000 €

## Datos del periodo

P.V.P		Financieros		Mercado	
Coste Materia prima	75,00%	Amort inmovilizado	5 años	Turismos España	5000000
Publicidad	-10,00%	Amort crédito	5 años	Marca Ford	8,00%
Margen	20,00%	Crédito	400.000 €	Modelo Fusion	14,20%
		Interes credito	10,00%	Valencia	10,00%
		WACC	10,00%	GNC	10,00%
PVP	2.100,00 €	Impuesto sociedades	35,00%	Venta	568
		Incremento IPC anual	1,00%	Incremento anual	10,00%

## Escenario Excelente

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	1.192.800 €	1.312.080 €	1.443.288 €	1.587.617 €	1.746.378 €	1.921.016 €	2.113.118 €	2.324.430 €	2.556.873 €	2.812.560 €
Coste de las ventas	894.600 €	984.060 €	1.082.466 €	1.190.713 €	1.309.784 €	1.440.762 €	1.584.838 €	1.743.322 €	1.917.655 €	2.109.420 €
Margen Bruto	298.200 €	328.020 €	360.822 €	396.904 €	436.595 €	480.254 €	528.279 €	581.107 €	639.218 €	703.140 €

Nº Operarios	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
Coste por operario	20.000 €	20.200 €	20.402 €	20.606 €	20.812 €	21.020 €	21.230 €	21.443 €	21.657 €	21.874 €
Nº Administrativos	0	1	2	2	3	3	4	4	5	5
Coste por administrativo	25.000 €	25.250 €	25.503 €	25.758 €	26.015 €	26.275 €	26.538 €	26.803 €	27.071 €	27.342 €
Salario Director	36.000 €	36.360 €	36.724 €	37.091 €	37.462 €	37.836 €	38.215 €	38.597 €	38.983 €	39.373 €
Coste personal	116.000 €	142.410 €	189.739 €	191.636 €	240.380 €	242.783 €	292.980 €	295.909 €	347.597 €	351.073 €
Publicidad	15.000 €	13.500 €	12.150 €	10.935 €	9.842 €	8.857 €	7.972 €	7.174 €	6.457 €	5.811 €
Costes comercialización	15.000 €	13.500 €	12.150 €	10.935 €	9.842 €	8.857 €	7.972 €	7.174 €	6.457 €	5.811 €
Interes a pagar	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gastos	171.000 €	195.910 €	241.889 €	242.571 €	290.221 €	251.641 €	300.951 €	303.084 €	354.054 €	356.884 €
Amortización crédito	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Amortización Inmov.	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
BAI	19.700 €	24.610 €	11.433 €	46.833 €	38.874 €	228.613 €	227.328 €	278.024 €	285.164 €	346.256 €

Impuesto	6.895 €	8.614 €	4.002 €	16.392 €	13.606 €	80.015 €	79.565 €	97.308 €	99.807 €	121.190 €
BDI	12.805 €	15.997 €	7.432 €	30.442 €	25.268 €	148.599 €	147.763 €	180.715 €	185.357 €	225.066 €

Amortización crédito	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	80.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Amortización Inmov.	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	27.500 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
CASH FLOW	120.305 €	123.497 €	114.932 €	137.942 €	132.768 €	148.599 €	147.763 €	180.715 €	185.357 €	225.066 €

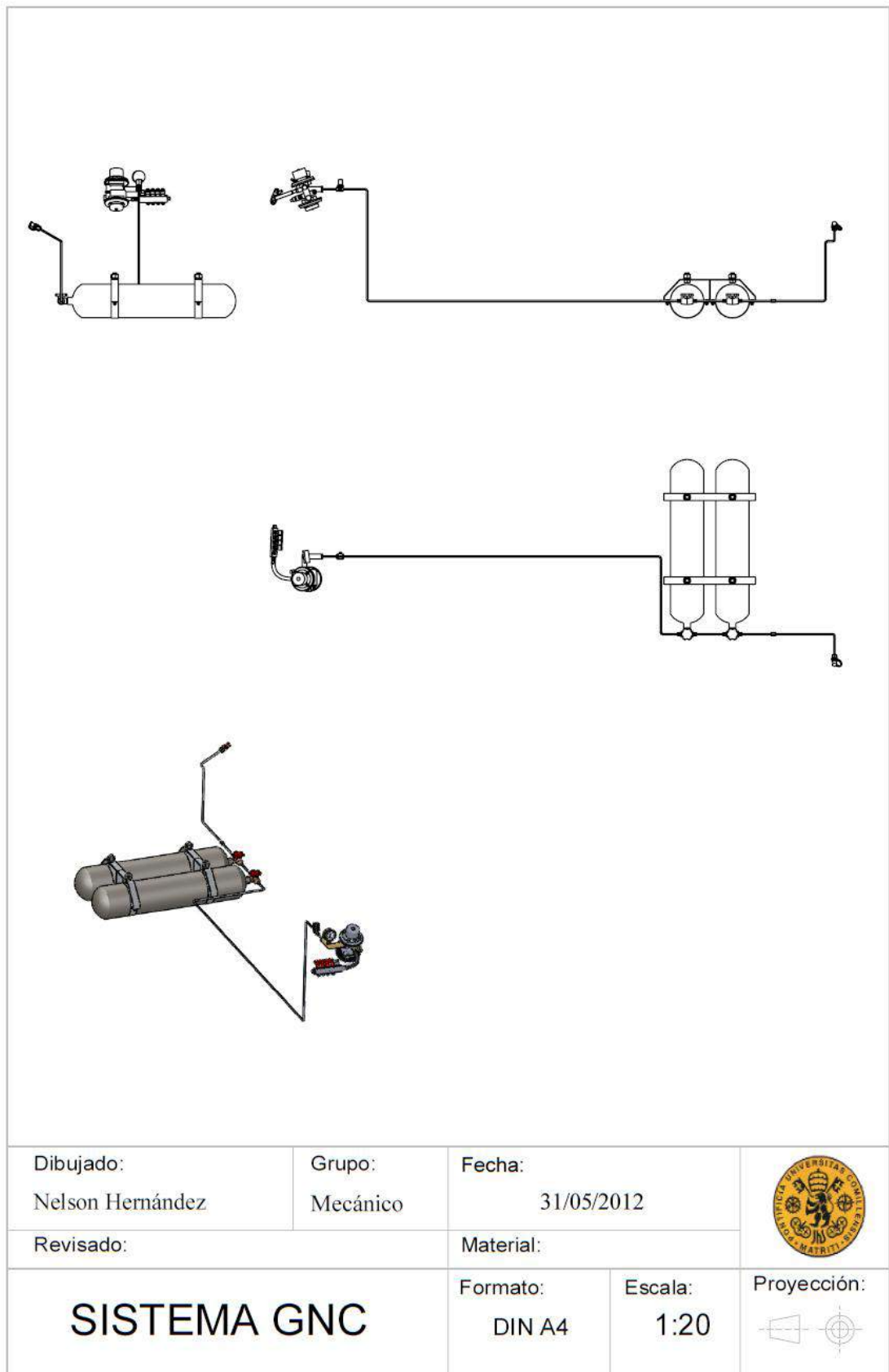
Inversión	355.000 €									
Total	-234.695 €	123.497 €	114.932 €	137.942 €	132.768 €	148.599 €	147.763 €	180.715 €	185.357 €	225.066 €
PAYBACK	-234.695 €	-111.199 €	3.733 €	141.675 €	274.443 €	423.041 €	570.805 €	751.520 €	936.877 €	1.161.943 €

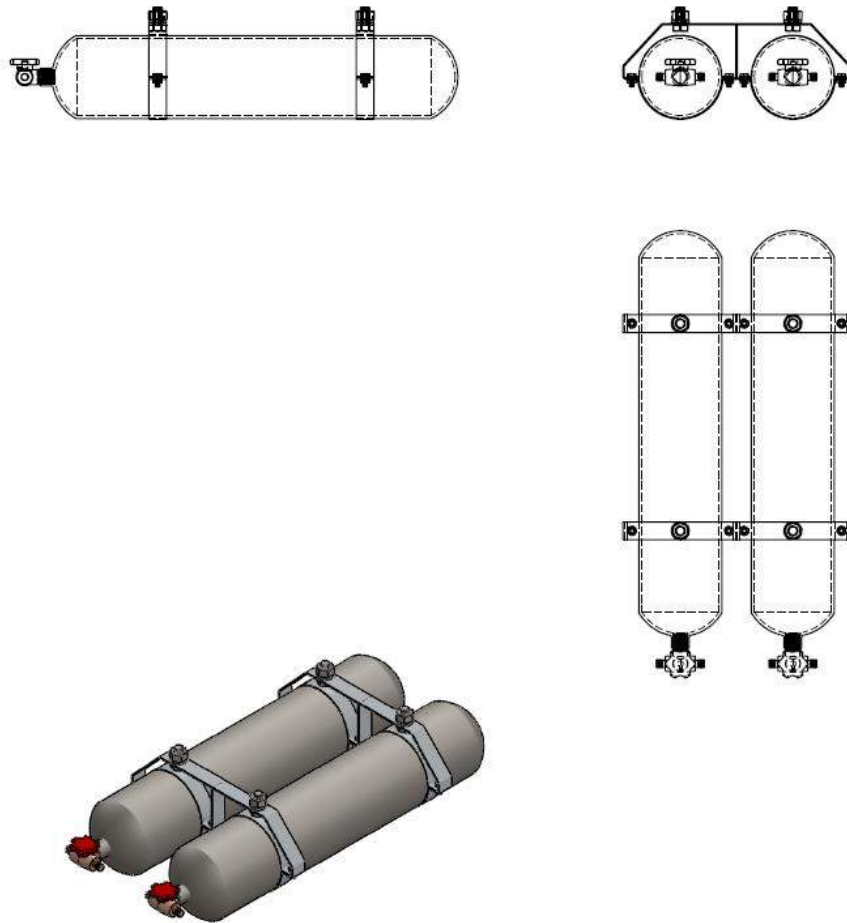
## PRESUPUESTO

Nº ORD EN	CONCEPTO	UNID AD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
1	Bombona GNC	ud	340 €	2	680 €
2	Reductor Zenith GNC TH2 0	ud	230 €	1	230 €
3	Rail de empalme para inyectores	ud	15,00 €	1	15 €
4	Inyector BRC IN03	ud	10,00 €	4	40 €
5	ECU	ud	250,00 €	1	250 €
6	Válvula cilindro GNC VB S1 MY07	ud	25,00 €	2	50 €
7	Electroválvula BRC VMA3-E	ud	15,00 €	1	15 €
8	Unidad receptáculo de llenado	ud	7,00 €	1	7 €
9	Manómetro GNC MN1	ud	4,50 €	1	5 €
10	Sensor PTS	ud	3,25 €	1	3 €
11	Sensor de colector MAP	ud	2,00 €	1	2 €
12	Sensor temperatura agua	ud	2,00 €	1	2 €
13	Válvula antirretorno	ud	1,50 €	1	2 €
14	Accesorio "T" de carga GNC tipo "TC44"	ud	3,00 €	1	3 €
15	Tubo de acero	metro	5,00 €	10	50 €
16	Tubo flexible de combustible	metro	2,50 €	1	3 €
17	Tubo de agua	metro	2,50 €	1	3 €
18	Cable de conexión electrónica	ud	2,00 €	3	6 €
19	Tornillos, tuercas y abrazaderas para empalmes	ud	5,00 €	5	25 €
20	Soporte de sujeción	ud	200,00 €	2	400 €
21	Tornillo y tuerca M8 x16 -WS ISO 4018	ud	0,30 €	8	2 €
22	Arandela M8 ISO 7089	ud	0,10 €	8	1 €
23	Tornillo y tuerca M16 x30 -WS ISO 4018	ud	0,50 €	4	2 €
24	Arandela M16 ISO 7089	ud	0,25 €	4	1 €
	Total				1.795 €

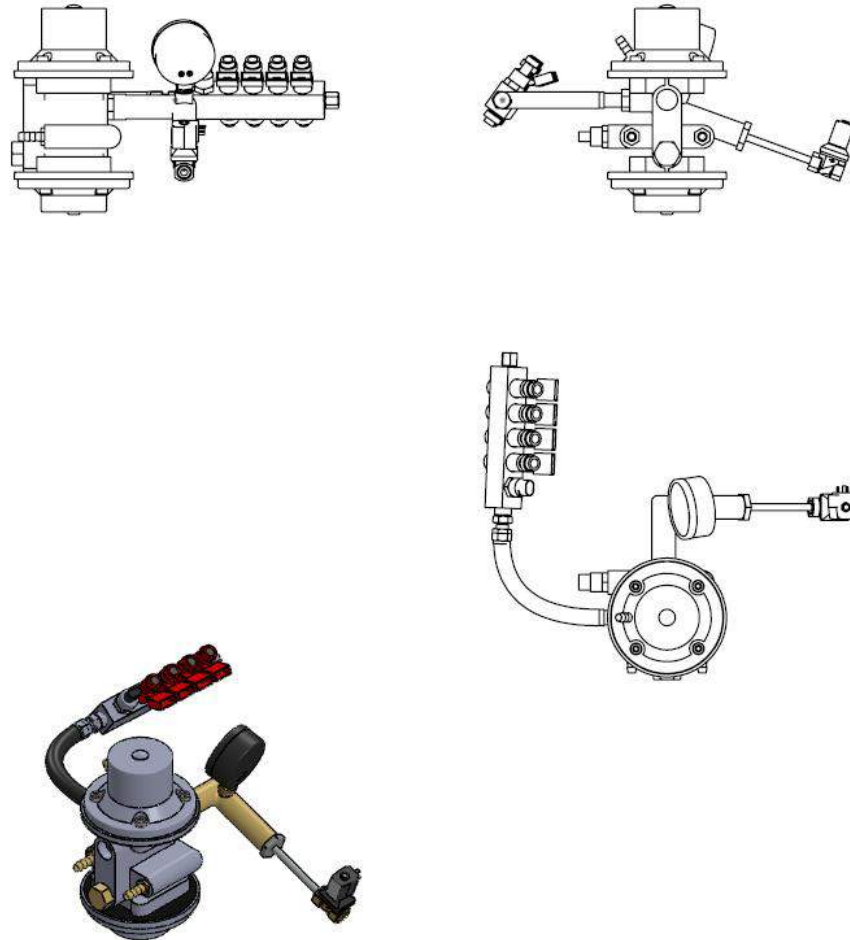
## PLANOS



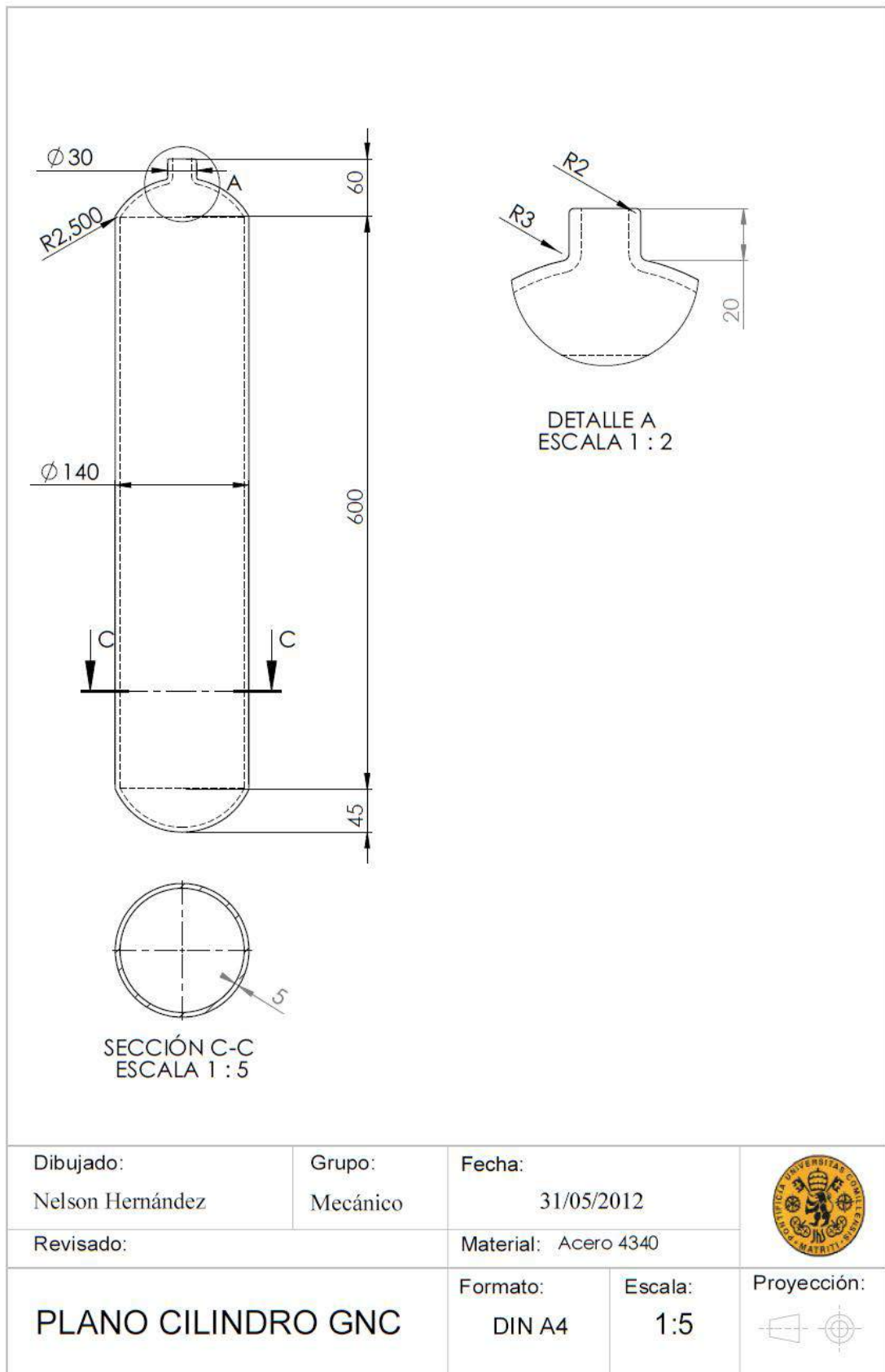


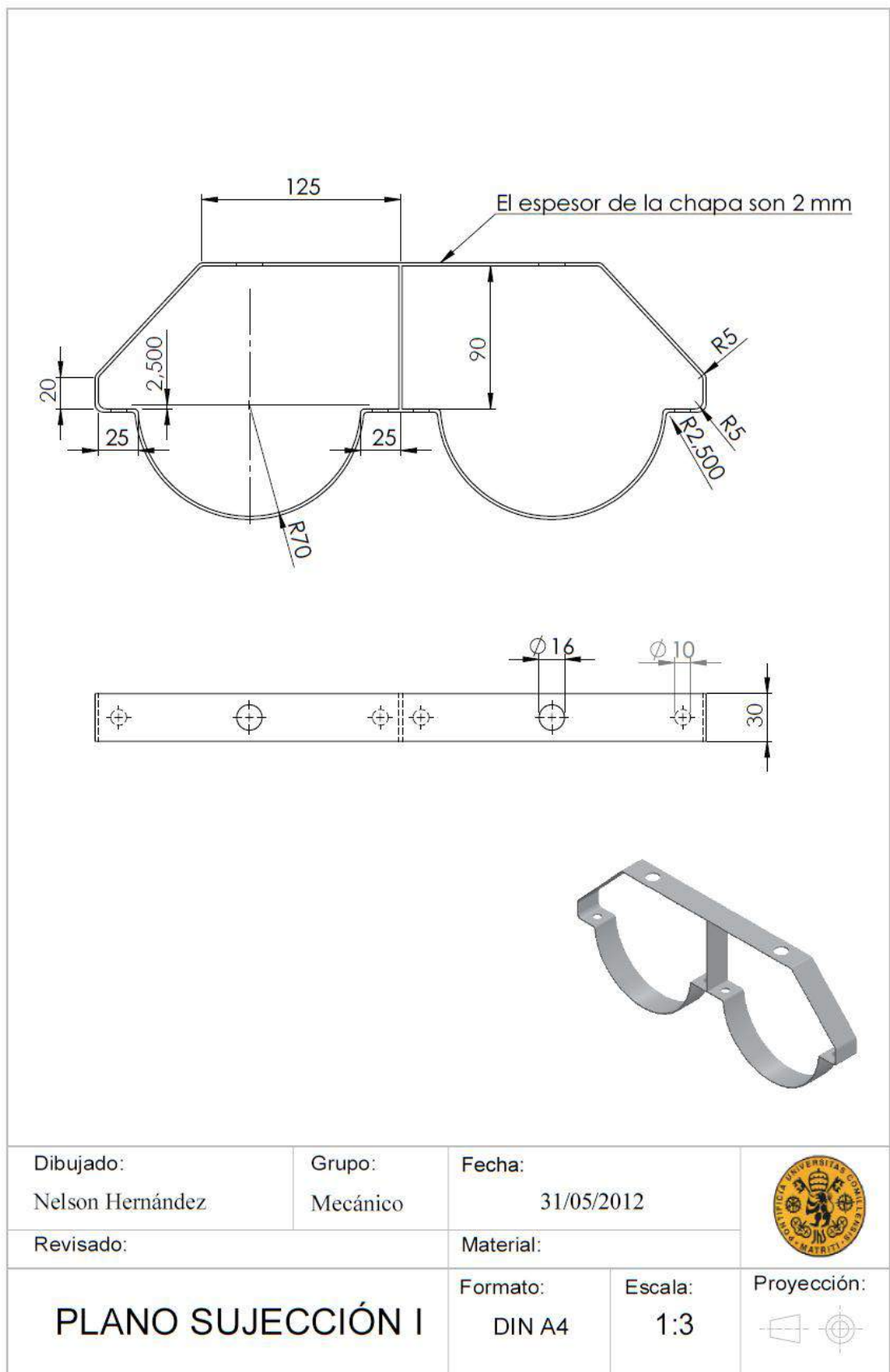


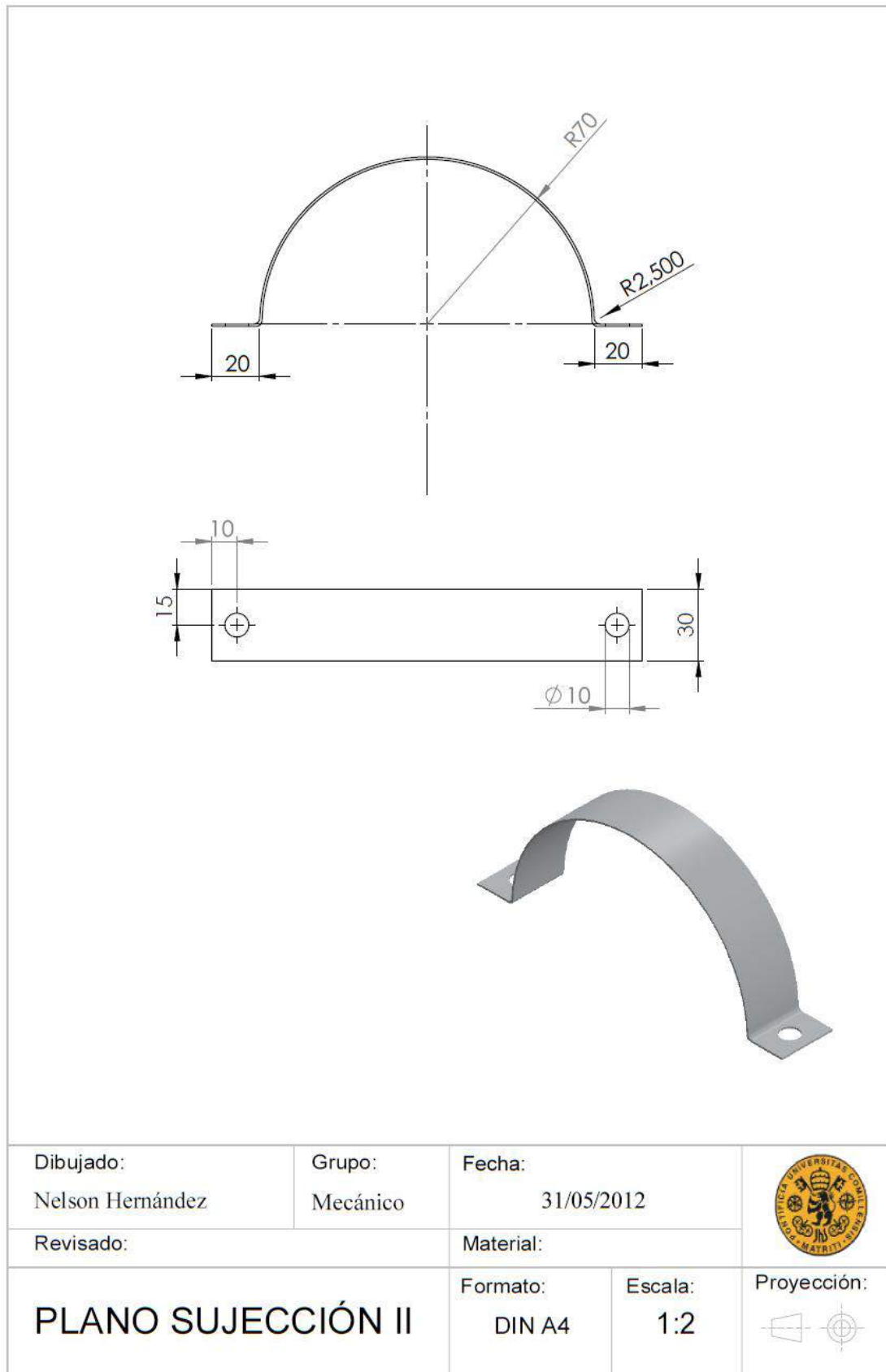
Dibujado: Nelson Hernández	Grupo: Mecánico	Fecha: 31/05/2012	
Revisado:		Material:	
SISTEMA ALMACENAMIENTO		Formato: DIN A4	Escala: 1:10
		Proyección:	



Dibujado: Nelson Hernández	Grupo: Mecánico	Fecha: 31/05/2012	
Revisado:		Material:	
SISTEMA REGULACIÓN		Formato: DIN A4	Escala: 1:5
		Proyección:	







**PLIEGO DE CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN DEL  
PROYECTO DE ADAPTACIÓN DEL VEHÍCULO FORD  
FUSION PARA SU USO CON GNC**

## ÍNDICE

1. DISPOSICIONES GENERALES	1
1.1. OBJETO DEL PROYECTO	1
1.2. DIRECCIÓN E INSPECCIÓN DE LOS TRABAJOS	1
1.3. MODIFICACIONES Y ALTERACIONES DEL PROYECTO	2
1.4. DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL INSTALADOR	2
1.5. RESPONSABILIDADES	3
1.6. SIMILITUD DE MATERIALES	3
2. NORMATIVA	4
3. CONDICIONES ECONOMICAS	4
3.1. PRECIO	4
3.2. INTERRUPCIONES	5
3.3. RECEPCIÓN DE INSTALACIÓN	5
3.4. PAGO DE LAS INSTALACIONES	6
4. CONDIIONES QUE HAN DE SATISFAER LOS MATERIALES Y LA MANO DE OBRA DE LA INSTALACIÓN	7
4.1. PROCEDENCIA Y CONDICIONES GENRALES DE LOS MATERIALES	7
4.1.1. Productos	7
4.1.2. Instalación de los dispositivos	7
4.1.3. Certificados y homologaciones	7
4.2. BOTELLAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO	7
4.3. TUBERÍAS	7
4.3.1. Dilatación y contracción de las tuberías	8
4.4. VÁLVULAS DE CORTE EN LA CARGA Y DESCARGA	8
4.5. VÁLVULA DE ALIVIO POR SOBREPRESIÓN	8
4.6. REGULADORES DE PRESIÓN DEL RECIPIENTE	9
4.7. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN	9
4.8. INYECTORES DE GAS NATURAL	9
5. HOMOLOGACIÓN DE COMPONENTES Y VEHÍCULOS	9
5.1 HOMOLOGACIÓN DEL EQUIPO ESPECIAL PARA LA ALIMENTACIÓN DEL MOTOR DE LOS VEHÍCULOS CON GNC	9
5.1.1 Inscripciones	9
5.1.2Homologación	10
5.2. HOMOLOGACIÓN DEL VEHÍCULO CON GNC POR PARTE DEL FABRICANTE	10
6 .NORMAS GENERALES DE LA EXPLOTACIÓN	10
6.1. EXPLOTACIÓN DE LA INSTALACIÓN	10
6.2. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	11
6.3. ANOMALIAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	11
6.3.1 Fugas de gas	11
6.3.2. Condiciones de emergencia	11



6.4. PRUEBAS	12
6.4.1. Botellas de almacenamiento	12
6.4.2. Línea de distribución de alta presión	12
6.4.3. Línea de distribución de baja presión	12
6.5. INSTRUCCIONES PARA LA PUESTA EN MARCHA, FUNCIONAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA INSTALACIÓN	12
6.5.1. Descripción general	12
6.5.2. Consideraciones de mantenimiento	13
6.5.3. Características de la empresa instaladora	13

## 1. DISPOSICIONES GENERALES

### 1.1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este Pliego de Condiciones, es la definición de las características y condiciones que deben cumplir los materiales, equipos así como las empresas y técnicos responsables de la instalación del proyecto de adaptación del vehículo Ford Fusión para su uso con combustible gas metano comprimido

### 1.2. DIRECCIÓN E INSPECCIÓN DE LOS TRABAJOS

El taller contratista denominado como Contratista, quedará obligado a mantener a pié de instalación, durante la total ejecución de la misma y como Jefe y responsable de ella, un Técnico titulado, que en lo sucesivo se designará como "Jefe de Instalación", con facultades plenas para adoptar cualquier resolución relacionada con la ejecución de la instalación o el cumplimiento del contrato. El Contratista comunicará con suficiente antelación y por escrito el nombre y dirección de dicha persona para establecer los contactos que sean necesarios.

Todo el personal que intervenga en la ejecución de la instalación se considerará a todos los efectos como dependiente del Contratista.

La Dirección Facultativa podrá disponer la suspensión de la instalación, cuando observara alguna anomalía o considerara que no se realiza con arreglo a lo proyectado, pudiendo la Dirección Facultativa ordenar la demolición de la instalación ejecutada, siendo todos los gastos que se originen por cuenta del Contratista.

La Propiedad y la Dirección Facultativa, se reservan el derecho de exigir la sustitución en la instalación del personal del Contratista, que diera lugar a quejas fundadas o que no reúna las condiciones de aptitud suficiente, a juicio de la Dirección Facultativa.

Una vez terminados correctamente los trabajos correspondientes al Proyecto, la Propiedad recibirá la instalación. En caso contrario, se retrasará la recepción hasta que, a juicio de la Dirección Facultativa, y dentro del plazo que esta marque, queden las instalaciones en la forma que determina el presente Pliego de Condiciones. Si a pesar del nuevo requerimiento el Contratista no cumpliera lo pactado, perderá las retenciones más la compensación por daños y perjuicios a que hubiere lugar, a no ser que la Dirección Facultativa crea procedente concederle un nuevo plazo.

Aparte de la indemnización por daños y perjuicios a que se refiere el párrafo anterior, la demora sobre los plazos marcados para la ejecución de la instalación, autorizará a la Propiedad para declarar, unilateralmente, finiquitado el Contrato.

### 1.3. MODIFICACIONES Y ALTERACIONES DEL PROYECTO

La instalación se llevará a cabo con estricta sujeción a las condiciones de este Pliego de Condiciones, al proyecto y detalles indicados en el mismo, y a cuantas operaciones sean necesarias para que la instalación quede completamente bien acabada, aunque no se indique expresamente en estos documentos.

Para resolver cualquier duda en la interpretación de los documentos del proyecto, el Contratista consultará a la Dirección Facultativa, obligándose a volver a ejecutar cuantas partes del trabajo no se hubiesen realizado con arreglo a lo estipulado.

La Propiedad queda autorizada, previa conformidad de la Dirección Facultativa, para reducir o eliminar unidades del Proyecto, con la consiguiente reducción o eliminación de los importes correspondientes, sin que por ello pueda el Contratista efectuar reclamación alguna.

Asimismo, si es necesaria la realización de trabajos no incluidos en el Proyecto, se fijarán previamente los respectivos precios de ejecución. Si estos trabajos son de ampliación de la instalación contratada, los precios no serán superiores a los que figuran en el Proyecto para las unidades de instalación que sean comunes.

### 1.4. DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL INSTALADOR

La instalación se llevará a cabo con estricta sujeción a las condiciones de este Pliego de Condiciones, al Proyecto y detalles indicados en el mismo y a cuantas operaciones sean necesarias para que la instalación quede completamente bien acabada aunque no se indiquen expresamente en estos Documentos.

Para resolver cualquier duda en la interpretación de los Documentos del Proyecto, el Instalador consultará a la Dirección Facultativa, obligándose a volver a ejecutar cuantas partes del trabajo no se hubiesen realizado con arreglo a lo estipulado.

La Empresa Instaladora no podrá, so pena de rescisión del contrato con pérdida de las retenciones que se establezcan, transmitir, ceder o traspasar toda o parte de sus

obligaciones sin previo consentimiento de la Dirección Facultativa y de conformidad con la Propiedad.

La Empresa Instaladora cuidará de mantener la debida vigilancia para la protección de todo el personal con acceso a los materiales, maquinaria y demás elementos utilizados en la misma, de conformidad con lo establecido en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y Decretos que la desarrollan.

#### 1.5. RESPONSABILIDADES

El Contratista como empresa instaladora asumirá en todo caso las siguientes responsabilidades:

A. Por daños a personas, animales o cosas, por efecto directo o indirecto de las instalaciones y trabajos de su personal, vehículos, herramientas o, materiales que utilice. A tal efecto quedará en libertad de escoger los medios de señalización, seguridad, etc., los cuales considere necesarios dentro de las normas y reglamentos vigentes.

B. Por incumplimiento de sus obligaciones laborales, accidentes de trabajo, incumplimiento de las Leyes Sociales y muy especialmente del Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en cuanto se refiera al personal por él utilizado directa o indirectamente para el cumplimiento del Contrato.

C. De la calidad de los productos que suministre, de la dosificación aprobada de los mismos y de la correcta aplicación de los métodos de trabajo. En consecuencia de la repercusión que estas anomalías puedan tener en la instalación realizada.

D. Ante las respectivas autoridades del Estado, Provincia o Municipio o de otros Organismos por el incumplimiento de las disposiciones marcadas por los mismos.

Independientemente de todo lo anteriormente expuesto, el Contratista deberá cumplir todo cuanto establecen las Leyes a este respecto.

#### 1.6. SIMILITUD DE MATERIALES

Algunos de los materiales que hayan de emplearse en la instalación, podrán proceder de distintos fabricantes, siempre que se ajusten estrictamente a los requisitos

estipulados en el presente Pliego de Condiciones y previa la aprobación de la Dirección Facultativa.

## 2. NORMATIVA

Reglamento nº110 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) Disposiciones uniformes relativas a la homologación de:

I. Componentes específicos de vehículos de motor que utilizan gas natural comprimido (GNC) en sus sistemas de propulsión

II. Vehículos en relación con la instalación de componentes específicos de un tipo homologado para el uso de gas natural comprimido (GNC) en sus sistemas de propulsión

Fecha de entrada en vigor: 28 de diciembre de 2000. Naciones Unidas.

Reglamento Nº 115 de las Naciones Unidas Fecha de entrada en vigor: 30 de octubre de 2003.

Orden CTE 3191/2002, de 5 de diciembre, tipifica nuevas reformas de importancia y modifica los Anexos I y II del Real Decreto 736/1988 de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de importancia de los vehículos de carretera.

REAL DECRETO 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.

RD 560/2010 - Modificación del Reglamento de Distribución y utilización combustibles gaseosos (Directiva Servicios) de mayo 2010

Corrección errores RD 560/2010 - Modificación Reglamento (Directiva Servicios) de mayo 2010

RD 559/2010 Registro integrado industrial de mayo 2010.

Resolución de la Dirección General de Industria, por la que se actualiza el listado de normas de la instrucción técnica complementaria ITC-ICG 11 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos de mayo 2.011

### 3.CONDICIONES ECONOMICAS

#### 3.1. PRECIO

En la oferta que el Contratista formule, habrá de figurar necesariamente el Presupuesto detallado en el que se especifiquen, los precios asignados para cada una de las partes de la instalación.

Los precios aprobados no podrán sufrir más aumento que el correspondiente al I.P.C. que marque el Ministerio de Hacienda para la revisión de precios.

El importe total del Presupuesto que formule el Contratista habrá de incluir tanto el coste estimado de la instalación como el beneficio industrial, pero no el importe de impuestos, tasas o derechos que sean de cuenta del Contratista, salvo que se pactase de otra forma en el Contrato de Instalación.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista el suministro, preparación y montaje en instalación de todos los medios auxiliares, asumiendo aquel por entero, las responsabilidades que se deriven de las disposiciones y condiciones tanto técnicas como económicas de dichos medios auxiliares.

#### 3.2 INTERRUPCIONES

Cuando por causa no imputable a incumplimiento de Contrato, la Propiedad decidiera suspender una instalación por plazo superior al estipulado, el Contratista puede proceder a la liquidación de la parte de la instalación que estuviese ejecutada, según lo que indica el apartado 2.4. Se tomará como fecha de terminación la de interrupción.

Si la interrupción de la instalación fuera por un plazo superior a un mes y debido a causas fortuitas o de fuerza mayor, el Contratista procederá igualmente a la liquidación de la instalación ejecutada. Se consideran causas de fuerza mayor inundaciones, acontecimientos catastróficos en general, actos de guerra o paralizaciones por conflictos laborales debidamente acreditados.

Si pasadas aquellas circunstancias se reanudaran las instalaciones, se considerará lo pagado por estas liquidaciones, como cantidad a cuenta del total importe de la instalación.

### 3.3. RECEPCIÓN DE INSTALACIÓN

Cuando el Contratista considere realizados todos los trabajos se efectuará la recepción provisional de la instalación con asistencia de la Dirección Facultativa y de la Propiedad, firmándose el Acta correspondiente acompañando una relación de todos aquellos defectos que pudieran encontrarse y que el Contratista deberá corregir en un plazo inmediato, el cual determinará el Director Facultativo.

Transcurrido dicho plazo y corregidos los defectos encontrados y si no hubiesen aparecido otros imputables al Contratista se procederá a la recepción definitiva, firmándose el acta correspondiente.

Si el Contratista no corrigiera a satisfacción de la Dirección Facultativa, los defectos encontrados en la recepción provisional y dentro del plazo marcado, se retrasará la recepción definitiva, hasta que a juicio de la Dirección Facultativa, y en el plazo que esta marque, queden las instalaciones en la forma y modo que determine el proyecto.

En el caso que el Contratista no cumpliera esta obligación en el plazo señalado, perderá la garantía retenida.

El plazo de garantía será de 20 días, contados desde la recepción provisional de las instalaciones, comprometiéndose el Contratista a subsanar durante este tiempo todos los defectos o anomalías ocultos que se produzcan por la deficiente ejecución de los trabajos, así como por la utilización de materiales inadecuados o de mala calidad, o incumplimiento de alguna de las partes del Proyecto.

### 3.4. PAGO DE LAS INSTALACIONES

Los pagos de las cantidades que el Contratista debe percibir si la instalación se realiza normalmente, se efectuarán por partidas parciales, aplicando los precios unitarios aprobados a las cantidades de instalación ejecutada.

En cada partida de la instalación figurarán acumuladas las unidades desde el origen de la instalación, restando del total resultante el montante de la partida anterior,

deduciendo de la diferencia el 5%, que en concepto de garantía, retendrá la Propiedad hasta la recepción definitiva de la instalación.

Las partidas se presentarán por triplicado al Director Facultativo, el cual formulará los reparos que estime oportunos, y una vez corregidas entregará a la Propiedad por duplicado para su abono.

Cuando se trate de instalaciones interrumpidas, en las circunstancias expuestas en el apartado 2.2, por causas no imputables al Contratista, podrá hacerse la liquidación en las condiciones establecidas en el presente apartado, pero considerando como fecha de terminación de la instalación, la de interrupción.

Si pasadas aquellas circunstancias se reanudaran las instalaciones, se considerará lo pagado por esas liquidaciones, como cantidad a cuenta del importe total de la instalación completa.

En el caso de incumplimiento de lo pactado, por parte del Contratista, la rescisión será con pérdida de las retenciones de garantía, renunciando el Contratista a toda reclamación.

#### 4. CONDICIONES QUE HAN DE SATISFACER LOS MATERIALES Y LA MANO DE OBRA DE LA INSTALACIÓN

##### 4.1. PROCEDENCIA Y CONDICIONES GENERALES DE LOS MATERIALES

Todos los materiales tendrán las características que se especifican en los distintos apartados de la Memoria, desechándose los que a juicio de la Dirección Facultativa no reúnan las condiciones que allí se especifican.

##### 4.1.1. Productos

Los elementos principales de los equipos serán de la mejor calidad usada para tal finalidad y serán productos de fabricantes de garantía.

##### 4.1.2. Instalación de los dispositivos

Todas las válvulas, registros, accesorios, dispositivos, etc., se instalarán de forma que sean accesibles para su reparación o sustitución.

##### 4.1.3. Certificados y homologaciones



Todos los equipos tendrán certificados de laboratorios cualificados de acuerdo con el Reglamento N° 110( CEPE).

#### 4.2. BOTELLAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO

Las botellas recipientes de almacenamiento de GNC serán de acero AISI 4180 , utilizado para el almacenamiento de gas natural comprimido, con una presión máxima de trabajo de 250 bar.

Se localizarán en los bajos del motor según diseño del presente proyecto.

#### 4.3. TUBERÍAS

La tubería debe ser de acero inoxidable AISI 347.

Las tuberías y accesorios entre el recipiente y el regulador de presión seleccionados para instalarse en el sistema deben estar diseñados para soportar una presión de al menos dos veces la presión de operación máxima permisible del recipiente.

Todos los materiales de juntas y empaques deben ser adecuados para soportar las temperaturas y presiones que se generen en el sistema durante su operación.

##### 4.3.1. Dilatación y contracción de las tuberías.

Se deberán tomar medidas a través del sistema completo para permitir las dilataciones y contracciones de las tuberías. Se instalarán anclajes en los puntos medios de los tendidos horizontales para forzar la dilatación por igual en ambos sentidos.

#### 4.4. VÁLVULAS DE CORTE EN LA CARGA Y DESCARGA

Serán estancas al exterior en todas sus posiciones, herméticas en su posición cerrada y precintables.

Las válvulas de corte seleccionadas para instalarse en el sistema deben estar diseñadas para soportar una presión de operación superior a la presión máxima de operación permisible del recipiente; no deben ocurrir por tanto, fugas a presiones menores de 1,5 veces la presión de operación para la cual fue diseñada la válvula.

Todas las partes de la válvula, exceptuando empaques, sellos y asientos que están en contacto con el combustible, deben ser de acero inoxidable o cobre. Ha de instalarse una válvula de corte en la línea de suministro de combustible a la entrada del

regulador de presión, por tanto la válvula de corte debe cerrar automáticamente e impedir el flujo de combustible al vehículo cuando:

- a) El interruptor de encendido esté cerrado o en la posición de “accesorios”, y
- b) El motor no esté operando con el interruptor de encendido abierto.

#### 4.5. VÁLVULA DE ALIVIO POR SOBREPRESIÓN

Cada botella de almacenamiento de GNC estará provisto de, como mínimo, una válvula de alivio por sobrepresión, de autorreposición, instalada inmediatamente aguas debajo de las válvulas de cierre de los cilindros.

Dicha válvula está dimensionada y calibrada a una presión de apertura de 1,2 veces la presión de trabajo del módulo. El caudal de venteo de la válvula es, como mínimo, el máximo caudal de suministro al módulo durante su carga.

La válvula debe ventear mediante una canalización a los cuatro vientos y verticalmente hacia arriba del módulo contenedor, sin obstáculos.

La descarga del venteo está provista con dispositivo que evite la infiltración de agua; el dispositivo es de autorreposición y está fabricado con material antichispa.

La ubicación debe evitar que la descarga de gas incida sobre la instalación eléctrica y el sistema que incluye la válvula, debe resistir las tensiones dinámicas que se generen en pleno flujo.

#### 4.6. REGULADORES DE PRESIÓN DEL RECIPIENTE

Los reguladores de presión de entrada al recipiente y de cada una de sus cámaras deben estar diseñados para operar a una presión mayor o igual que la presión de operación máxima permisible del recipiente.

#### 4.7. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN

Los medidores de presión seleccionados para instalarse en el sistema deben diseñarse para leer al menos 1,2 veces la presión a la que el dispositivo de alivio de presión haya sido calibrado. El orificio del manómetro, en la conexión de entrada, no debe tener un diámetro mayor de 1,4 mm.

#### 4.8. INYECTORES DE GAS NATURAL

Los inyectores de gas natural a los pistones del motor cuya regulación está integrada en la centralita (ECU) que controla dicho flujo de gas natural se diseñarán para operar a las condiciones de presión y temperatura a las cuales estén sometidos, con un factor de seguridad de presión por explosión de al menos cuatro veces la presión de operación máxima permisible.

## 5. HOMOLOGACIÓN DE COMPONENTES Y VEHÍCULOS

### 5.1. HOMOLOGACIÓN DEL EQUIPO ESPECIAL PARA LA ALIMENTACIÓN DEL MOTOR DE LOS VEHÍCULOS CON GNC

#### 5.1.1. Inscripciones

Todos los componentes presentados a la homologación deberán llevar la marca de fábrica o comercial del fabricante así como la indicación del tipo y además para los flexibles, el mes y el año de fabricación; este marcado debe ser bien legible e indeleble.

Cada depósito asimismo debe llevar una placa de características, sobre la que se incluirán de manera bien legible e indeleble las indicaciones siguientes:

- a) el número de serie;
- b) el contenido en litros;
- c) la marca “GNC”;
- d) la presión de funcionamiento de ensayo [MPa];
- e) el peso (en kg.);
- f) el año y el mes de la homologación (por ejemplo, 01/96);
- g) la marca de homologación prescrita

#### 5.1.2. Homologación

Se atribuirá un número de homologación a cada tipo de componente o a cada tipo de componente multifuncional homologado según establece el Reglamento nº 110 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas.

## 5.2. HOMOLOGACIÓN DEL VEHÍCULOS CON GNC POR PARTE DEL FABRICANTE

Se cumplirá el Reglamento N° 115 de las Naciones Unidas en el que se hace referencia a los requisitos técnicos y ecológicos (emisiones) para la instalación de equipos específicos par el uso del GNC en el sistema de propulsión del vehículo concreto.

El fabricante del vehículo hará mención a unos ratios de potencia y emisiones de CO<sub>2</sub> el vehículo usando GNC respecto a los mismos valores usando gasóleo u otro derivado del petróleo. Dichos ratios han de figurar en un informe de características del tipo de sistema de alimentación a GNC, en el que además, han de figurar:

- Marca y modelo del equipo.
- Tipo de motor.
- Potencia.
- Categoría del vehículo.

## 6. NORMAS GENERALES DE LA EXPLOTACIÓN

### 6.1. EXPLOTACIÓN DE LA INSTALACIÓN

El personal encargado de la instalación deberá conocer el funcionamiento de la misma y estar adiestrado en el manejo de los equipos de seguridad. A tal efecto existirá en lugar visible, un esquema de la instalación y las instrucciones para su manejo.

### 6.2. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Siempre que se efectúe la puesta en marcha total de la instalación de gas, se procederá como sigue:

Las botellas y tuberías serán perfectamente inertizadas con nitrógeno antes del primer llenado.

Comprobación de que todas las llaves de corte están en la posición cerrado.

Apertura lenta de las llaves de corte de gas.

Encendido del equipo consumidor de gas y se comprobará el correcto funcionamiento a diferentes cargas.

### 6.3. ANOMALÍAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Las anomalías que pueden presentarse en el funcionamiento de la instalación son:

#### 6.3.1. Fugas de gas

La percepción de olor característico del gas es señal inequívoca de una fuga. En tal supuesto se procederá por el usuario de la forma siguiente:

Cierre inmediato de todas las llaves de corte de la instalación, siguiendo el sentido inverso al empleado para la puesta en marcha, es decir, empezando por la de los aparatos de consumo y terminando con la de ventana, y abonado.

Ventilación interna del local del taller, por apertura de puertas y ventanas si la fuga está en el interior del mismo.

Comprobación de la no existencia de fuentes de ignición en las proximidades de la zona de fuga, y no accionar enchufes o interruptores eléctricos.

Avisar inmediatamente a su empresa mantenedora y, si no ha podido eliminar la fuga errando las llaves de corte, avisará igualmente a los bomberos y a la policía.

Si para efectuar la pertinente reparación es necesario efectuar alguna soldadura, previamente debe purgarse la tubería con nitrógeno.

#### 6.3.2. Condiciones de emergencia

Si por cualquier circunstancia se produce un escape de gas que degenera en explosión o incendio, habrá que actuar de la siguiente manera:

Alejar de la zona incendiada a toda persona sin cometido concreto en los trabajos de extinción.

Cortar el flujo de combustible, cerrando la llave de paso adecuada.

Atacar el incendio entrando en la misma dirección que el viento, dando la espalda al mismo y lanzando el producto extintor a la base de las llamas o al nacimiento de la fuga incendiada.

Independientemente de ello se avisará a los bomberos, a los cuerpos de seguridad del Estado y a los colindantes, indicándoles el tipo de emergencia que se pueda producir en la instalación.

Todos los elementos, humanos y materiales, deben estar en perfecto estado de uso y adiestramiento.

#### 6.4. PRUEBAS

##### 6.4.1. Botellas de almacenamiento

###### Resistencia y estanqueidad

Fluido: Nitrógeno o aire

Presión prueba: 37,5 KPa (1,5 Presión de diseño)

Tiempo: 0,5 h

##### 6.4.2. Línea de distribución de alta presión

###### Resistencia y estanqueidad

Fluido: Nitrógeno o aire

Presión prueba: 37,5 KPa (1,5 Presión de diseño)

Tiempo: 0,5 h

##### 6.4.3. Línea de distribución de baja presión

###### Resistencia y estanqueidad

Fluido: Nitrógeno o aire

Presión prueba: 0,9 KPa (1,5 Presión de diseño)

Tiempo: 0,5 h

#### 6.5 INSTRUCCIONES PARA LA PUESTA EN MARCHA, FUNCIONAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA INSTALACIÓN

##### 6.5.1. Descripción general

Las presentes instrucciones tienen por objeto facilitar los trabajos de puesta en marcha y mantenimiento de las instalaciones descritas en el presente pliego.

Estas especificaciones deberán de ser detalladas y completadas por el instalador en cada caso.

La estación receptora de gas natural tiene la misión de filtrar, reducir la presión y estabilizarla para proceder a su medición volumétrica y suministro de gas en condiciones constantes.

Consideramos dicha estación dividida en tres bloques:

1. Almacenamiento
2. Regulación.
3. Control de caudal.

El de almacenamiento, cuya misión es mantener el gas natural comprimido a una presión de 220 bar según se carga de la estación de servicio, previo filtrado del mismo.

El de regulación, cuya misión consiste en reducir y estabilizar la presión a un nivel dado. También lleva consigo un grupo de seguridades para casos de rotura, fallo del regulador de presión, etc. e instrumentación para control del conjunto.

El control de caudal tiene como misión medir el caudal de gas consumido a la presión y temperatura de suministro debiendo ser corregidos para saber su valor en Nm<sup>3</sup>/h.

#### 6.5.2. Consideraciones de mantenimiento

Cuando deba desmontarse algún elemento de la estación, se tomará la precaución de puntear los extremos que quedan fijos para evitar chispas.

Se verificará periódicamente con agua jabonosa la estanqueidad de todas las uniones, especialmente las del tipo roscado.

Se verificarán anualmente todos los tarajes.

Verificar anualmente la estanqueidad de las válvulas de escape.

Verificar periódicamente el estado de los extintores de polvo seco.

Se tendrá en cuenta las normas de la Compañía Suministradora.

#### 6.5.3. Características de la empresa instaladora

La empresa instaladora será una empresa de categoría EG-IV, de acuerdo con el Reglamento y la Orden de 17 de noviembre de 1985 (BOE 9.1.86).



## PLIEGO DE CONDICIONES PARA LA COMPRA DE CILINDROS GNC TIPO I

## ÍNDICE

1. OBJETO	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE NEGOCIACIÓN	1
2.1. ETAPAS	1
2.2. PARTICIPACIÓN	1
2.3. ACLARACIONES	1
3. PRESENTACIÓN DE OFERTAS	2
4 .ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	2
4.1GENERALIDADES	2
4.1.1 CONDICIONES NORMALES DE SERVICIO	2
4.1.2 VIDA ÚTIL	3
4.1.3 RECALIFICACIÓN PERIÓDICA	3
4.1.3.1 BOTELLAS INVOLUCRADAS EN COLISIONES	3
4.1.3.2 BOTELLAS INVOLUCRADAS EN INCENDIOS	3
4.1.4 PRESIONES MÁXIMAS	3
4.1.5 NÚMERO MÁXIMO DE CICLOS DE LLENADO	3
4.1.6 INTERVALO DE TEMPERATURAS	3
4.2. MATERIALES	4
4.3. PRESIÓN DE ENSAYO	4
4.4. REQUISITOS DE LOS ENSAYOS DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN	4
4.5. SANCIONES POR DISCONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN	4
4.6. CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN	5
5. PRECIO	5
6. CANTIDAD	5
7. DURACIÓN	5
8. CONDICIONES DE SERVICIO	5
9. CONDICIONES DE SUMINISTRO	5
9.1. ENTREGA	5
9.2. MOTIVOS DE RECHAZO DE LOS MATERIALES	6
9.3. MODIFICACIÓN DE PRODUCTOS	6
9.4. PENALIZACIONES	6
10. ADJUDICACIÓN	7
11. CONTRATO	7
12. RESOLUCIÓN DE CONTRATO	7
13. JURISDICCIÓN	8
14.-FACTURACIÓN Y FORMA DE PAGO	8

## 1. Objeto

El presente pliego de condiciones generales de compra reúne las condiciones generales de contratación y se enmarca dentro de los diferentes procesos de negociación que gestionará el taller para la contratación de las botellas de GNC

### 1. Descripción del proceso de negociación

#### 1.1. Etapas

En cada proceso de negociación se indicará las diferentes etapas del mismo y los distintos plazos en el tiempo para recepción de ofertas y adjudicación. Se reserva el derecho de invitar, modificar y adjudicar en primera ronda de negociación, siempre y cuando se considere que el precio ofertado por los proveedores es el adecuado para cerrar la negociación.

#### 1.2. Participación

El mero hecho de presentar oferta para un proceso de negociación de implica la aceptación automática de las condiciones de compra del proceso

#### 1.3. Aclaraciones

Cualquier duda o aclaración en cuanto al alcance y contenido del proceso de negociación, pliego de condiciones y especificaciones técnicas, deberá canalizarse a través de la persona de contacto indicada en cada uno de los procesos de compra

## 2. Presentación de ofertas

La información contenida en la propuesta del proveedor debe ser precisa y verdadera. Si la información de los proveedores no se ajusta a los requerimientos funcionales, técnicos y contractuales planteados en los procesos de negociaciones, la propuesta del proveedor será descalificada para el propósito del normal requerimiento de una solicitud de oferta.

Queda reservado el derecho por parte de la empresa de anular el proceso, dejando la adjudicación desierta y manteniendo las condiciones vigentes en ese momento.

La presentación de una oferta por parte del proveedor implica la aceptación de las condiciones descritas en el pliego de condiciones y las especificaciones técnicas que se determinen.

Los gastos en que incurra el proveedor en la elaboración de la respuesta al proceso de negociación o cualquier actividad posterior no serán asumidos por el taller a menos que se haya aceptado previamente y por escrito asumir parte de dichos gastos convenientemente detallados en un presupuesto.

No obstante, la presentación de una oferta no constituye un contrato, ni puede ser considerado como tal. Una vez realizada la adjudicación, la aceptación definitiva de la propuesta quedará sujeta a la formalización del contrato.

El taller definirá la fecha y hora límites para la recepción de ofertas, no admitiéndose las recibidas con posterioridad a dicha fecha y hora.

Las ofertas presentadas tendrán una validez de 90 días desde la fecha de presentación, salvo que se indique una validez distinta en el proceso de negociación. Dichas ofertas se tratarán por parte del taller con total transparencia, teniendo siempre trazabilidad durante todo el proceso.

### 3. Especificaciones técnicas

#### 3.1. Generalidades

##### 3.1.1. Condiciones normales de servicio

Se proporcionará las condiciones de servicio normales para que sirvan de base para la fabricación, inspección, ensayo y homologación de las botellas destinadas a ser montadas permanentemente en vehículos

Las partes contratantes que apliquen este acuerdo comunicarán los nombres y direcciones de los servicios técnicos responsables de realizar las pruebas de homologación, a los cuales deberán enviarse impresos de certificación de la homologación o extensión, rechazo o retirada de la homologación, emitidos en otros países

Además de proporcionar toda la información sobre cómo las botellas pueden ser utilizadas con seguridad

##### 3.1.2. Vida útil

La vida útil durante la cual las botellas serán seguras será especificada por el diseñador de la botella para uso bajo las condiciones de servicio especificadas

### 3.1.3. Recalificación periódica

El proveedor de la botella proporcionará recomendaciones para la recalificación periódica por inspección visual o ensayos durante la vida útil, sobre la base de uso en las condiciones de servicio especificadas anteriormente

#### 3.1.3.1. Botellas involucradas en colisiones

Las botellas que hayan estado involucradas en una colisión de vehículos serán inspeccionadas de nuevo por un organismo autorizado por el fabricante a menos que disponga otra cosa la autoridad que tengo jurisdicción. Las botellas que no hayan sufrido daños en la colisión podrán volverse a poner en servicio y en caso contrario serán devueltas al fabricante para su evaluación

#### 3.1.3.2. Botellas involucradas en incendios

Las botellas que hayan sido sometidas a la acción del fuego serán inspeccionadas de nuevo por un organismo autorizado por el fabricante

### 3.1.4. Presiones máximas

La presión de la botella estará limitada por lo siguiente:

Una presión que se estabilice en 20MPa a una temperatura estabilizada de 15°C

26MPa, inmediatamente después del llenado, independientemente de la temperatura

### 3.1.5. Número máximo de ciclos de llenado

Las botellas suministradas estarán diseñadas para ser llenadas un máximo de mil veces a una presión estabilizada de 20MPa y a una temperatura estabilizada del gas de 15°C

### 3.1.6. Intervalo de temperaturas

La temperatura estabilizada del gas en las botellas podrá variar entre un mínimo de -40°C y 82°C

Las temperaturas de más de 65°C deberán estar suficientemente localizadas o ser de tan corta duración que la temperatura de gas en la botella nunca sea superior a 65°C

## 3.2. Materiales

Los materiales utilizados serán adecuados para las condiciones de servicio especificadas en el apartado 4.1.1.

### 3.3. Presión de ensayo

La presión de ensayo mínima usada en fabricación será de 30 MPa

### 3.4. Requisitos de los ensayos de fabricación y producción

Todos los recipientes se probarán a una presión mínima de 1,5 veces la presión de trabajo, de conformidad con las prescripciones del anexo 3 del 110R de CEPE

La prueba de rotura bajo presión hidráulica de acuerdo con el apartado 3.2 del anexo 3 se realizará por cada lote, formado como máximo por 200 recipientes fabricados a partir del mismo lote de materia prima

Todos los conjuntos de tubos flexibles de combustibles utilizados a presión alta y media (clase 0 y 1) de acuerdo con la clasificación del apartado 2 del 110R de CEPE, se probarán al doble de la presión de trabajo

### 3.5. Sanciones por disconformidad de la producción

Cuando una parte en el Acuerdo que aplique el presente documento retire una homologación que había concedido anteriormente, informará de ello inmediatamente a las demás partes contratantes que aplica el presente documento, mediante un impreso de notificación conforme al modelo recogido en el anexo 2B del 110R de CEPE

### 3.6. Cese definitivo de la producción

Si el titular de la homologación abandona por completo la fabricación de un tipo de componente, informará de hecho a las partes contratantes que apliquen este documento por medio de un impreso de comunicación de acuerdo con el modelo del anexo 2B del 110R de CEPE

## 4. Precio

El precio ofertado será siempre cerrado, fijo, total y definitivo durante toda la vigencia del contrato.

Dichos precios serán dados en euros (€) sin I.V.A., indicando siempre el precio por unidad de cada referencia solicitada. Además deberán recoger todos los requisitos expuestos en el pliego de condiciones o proceso de compra y en las especificaciones técnicas del material y/o servicio. En ningún caso se podrá incrementar el precio con tasas, transportes u otros costes que no hayan sido negociados expresamente en el proceso de negociación.

## 5. Cantidad

La negociación del proceso se puede determinar mediante la petición de cantidades exactas ó una estimación de cantidad basada en el volumen histórico. Ésta cantidad será simplemente indicativa y podrá sufrir desviaciones por el incremento o disminución en las necesidades derivadas por la tendencia propia del mercado.

Las especificaciones del proceso pueden describir otros criterios de determinación y cuantificación que serán comunicados al proveedor previamente a la apertura del proceso de negociación.

## 6. Duración

La vigencia del contrato será determinada en el proceso de negociación. El contrato con el proveedor deberá cumplir con las condiciones de tiempo, plazo y suministro descritas previamente en la especificación del proceso.

## 7. Condiciones de servicio

La prestación de servicio cumplirá con lo determinado en el proceso de negociación, pliego de condiciones y especificaciones técnicas. Contractualmente se puede establecer parámetros para medir la calidad del servicio, comprometiéndose el proveedor adjudicatario a realizar el servicio dentro de los estándares previamente fijados. El incumplimiento de las medidas de calidad establecidas, puede suponer la aplicación de penalizaciones en el precio del servicio prestado. Asimismo, el proveedor deberá realizar las acciones correctivas oportunas para garantizar un servicio de calidad.

## 8. Condiciones de suministro

### 8.1. Entrega

Las entregas de materiales se realizarán de acuerdo a las especificaciones técnicas y logísticas de cada ítem/artículo negociado. El proveedor deberá remitir por duplicado el albarán incluyendo la siguiente información:

- a. Código de artículo
- b. Descripción de los artículos.
- c. Cantidades entregadas por artículo.

d. N° de pedido de compra.

e. Lugar de entrega.

#### 8.2. Motivos de rechazo de los materiales

Será motivo de rechazo, el incumplimiento de cualquiera de las condiciones establecidas en las especificaciones técnicas de materiales, suministro y planificación.

El proveedor estará obligado a la reposición de estos materiales, siendo a su cargo todos los gastos que se originen por este motivo.

Una inadecuada prestación del material durante su utilización será suficiente motivo de rechazo, devolución y reposición del mismo.

Un repetido incumplimiento de las especificaciones podrá derivar en la anulación de los pedidos pendientes y la cancelación del contrato.

Quedan reservados los derechos de reclamación por los daños y perjuicios que se puedan ocasionar a nuestra empresa.

#### 8.3. Modificación de productos

A lo largo de la duración contractual no se admitirán modificaciones de los productos, salvo que vengan determinados por instrucciones concretas de nuestra empresa, sin que ello suponga una modificación sustancial en las condiciones pactadas.

#### 8.4. Penalizaciones

Nuestra empresa se reserva el derecho de rechazar la mercancía siempre que no se cumplan las especificaciones técnicas solicitadas en los productos.

En el caso de que el retraso de la mercancía cause un paro o interrumpa el proceso de producción, el proveedor adjudicatario será penalizado con un 5% de la facturación del pedido para cada día de paro.

En cuestión de calidad, tienen **48** horas para remplazar el producto si es defectuoso y si no se aplicará la penalización anterior.

El incumplimiento reiterado, más de 2 veces en el periodo de contratación negociado, de los plazos de entrega acordados puede motivar la aplicación de la penalización de 5% del valor los pedidos retrasados.



En caso de incumplimiento de la calidad negociada o los plazos de entrega acordados, nuestra empresa se reserva el derecho de cancelar unilateralmente el acuerdo establecido sin que el proveedor pueda reclamar más que el pago de las cantidades adeudadas deducidas las penalizaciones aplicadas.

#### 9. Adjudicación

En el caso de que el proveedor sea adjudicatario del proceso de negociación recibirá una comunicación informativa. Una vez recibida la oferta validada del proveedor, y una vez formalizado el contrato, el usuario o técnico solicitante de nuestra empresa comunicará el número de pedido de compra (si procede) que identificará la adjudicación.

#### 10. Contrato

Nuestra empresa facilitará un documento formal donde recogerá las especificaciones y condiciones determinadas en el proceso de negociación. Será de obligatorio cumplimiento los requisitos y normas establecidas, con carácter general por nuestra empresa así como la legislación vigente: requisitos de contratas, responsabilidad civil y subsidiaria, confidencialidad, laboral, protección de datos personales, prevención y medioambiente y jurisdicción. La formalización de este contrato, se realiza mediante la firma y sello, previa aceptación de la oferta de adjudicación y sujeto a las condiciones de homologación establecidas.

#### 11. Resolución de contrato

Nuestra empresa se reserva el derecho a cancelar unilateralmente el contrato por los siguientes motivos:

- Incumplimiento reiterado del proveedor de las condiciones generales indicadas en las condiciones generales de compra.
- Defectos reiterados en los productos suministrados.
- Retrasos injustificados de las fechas de entrega acordadas en la negociación.
- Insolvencia manifiesta del proveedor o su entrada en concurso de acreedores.
- Cualquier otra causa que pueda producir retrasos, paradas y defectos en los procesos y productos de nuestra empresa

El proveedor, por su parte, podrá cancelar anticipadamente el acuerdo por incumplimiento reiterado de las condiciones de pago negociadas.

#### 12. Jurisdicción

Las partes se someten, con renuncia expresa de su fuero propio, a la jurisdicción y las competencias de los Juzgados y Tribunales de Valencia.

#### 13. Facturación y Forma de pago

Para todas las prestaciones de suministro de materiales se emitirá una única factura por pedido. Dicha factura, preferiblemente deberá adjuntarse al pedido junto con el albarán de entrega, o bien ser entregada en un plazo inferior a 10 días desde la entrega del material o la prestación del servicio.

En el caso de un servicio recurrente, se enviará una factura correspondiente a las entregas o servicios realizados durante el mes.

Para mantener las condiciones de pago, la factura deberá entregarse en nuestra empresa en su sede central.

A modo de detalle, las facturas deberán incluir los siguientes datos:

- C.I.F de la empresa
- Descripción de los artículos
- Cantidades por artículo
- Precio del artículo
- Número de albarán de entrega
- Número de pedido de compra
- Lugar de entrega del artículo

It is studied the integration of each component in the vehicle as well as their performance in several activities such as storage, regulation, injection and safety. It is also analyzed the behavior under stress of the fuel container and support structure and the pressure loss in piping installation.

It is developed a workshop manual assembly divided in gasoline disassemble, CNG assemble and electronic connections. The BRC Gas Equipment's workshop manual is used as reference.

The United Nations for Europe's regulation n°110 is considered for the approval of the CNG system.

In the environmental study it is calculated the emissions differential between the two fuels (CNG & gasoline). As a result the installation of this system prevents the emission of 2.87 kg of CO<sub>2</sub> per 100km which represents a decrease of 33% compared to petrol and 1.35 tons of CO<sub>2</sub> at the customer's point of return on investment

The economic study included two frames of profitability, on the one hand the customer investment and on the other hand the adaptation workshop.

The point of return on investment of the CNG system installation for the customer is 41,784 km. For the second case it is considered a plan for long-term funding as a result of an estimated investment of 400,000 €. Four different sales scenarios are developed with a setting price of 2,100 €.Based on the results, the sale of 400 units the first year compounding with an annual increase of 7% gives a yield of 18.5% and a net present value turnover of 97,910 €.

At the end of the project it is attached the project budget, the designs and the specifications to adapt a conventional vehicle to CNG and the specifications to purchase fuel tanks