

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“CALCULO TERMICO DE LOS MOTORES DE  
ENCENDIDO POR CHISPA A GAS”**

**INFORME DE SUFICIENCIA:**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECANICO**

**VICENTE ZENON FLORES ACUÑA**

**PROMOCIÓN 1986-I**

**Lima – Perú**

**2006**

### ***DEDICATORIA***

A la memoria de mi madre por su lucha abnegada Q. E. P. D.

A mi sobrina Celina; mi hermano y familiares.

A mi Alma Máter;

A todos los peruanos que se esfuerzan para vencer las dificultades y alcanzar las metas trazadas y contribuir al desarrollo del País

## CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b>		<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>		
1.1	Objetivo del informe.	3
1.2	Gas Natural y sus propiedades como combustible para MCI.	3
1.3	Principales ventajas y desventajas del gas natural comprimido.	4
1.4	Perspectivas del uso de gas natural para motores de combustión interna en el Perú.	4
1.5	Los combustibles gaseosos.	5
1.6	Principales tipos de combustibles gaseosos.	6
	1.6.1. Requerimientos principales de los combustibles gaseosos.	6
1.7	Gas Natural comprimido.	7
1.8	Particularidades operacionales de los motores que funcionan con GNC.	8
1.9.	Particularidades del transporte del Gas Natural.	9
	1.9.1 Condensados del Gas Natural Comprimido (GNC).	10
<b>2. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE GAS EN LOS MOTORES ENCENDIDO POR CHISPA.</b>		
2.1	Sistema general de funcionamiento	12
2.2	Kit de conversión a GNC.	15
	2.2.1 Accesorios.	16
2.3	Reductores de presión.	17
	2.3.1 Principios básicos de la estructura y funcionamiento de los reductores de presión.	17
	2.3.1.1 Funcionamiento del regulador de GNC	18
2.4	Circuito de gas de alta presión.	22
2.5	Circuito de gas de baja presión.	23
2.6	Requerimientos de los reductores de presión.	24
2.7	Mezcladores.	24
	2.7.1 Clases de mezcladores.	25

2.7.2	Requerimiento que deben cumplir los mezcladores.	26
2.8	Balones para motores con gas natural comprimido (GNC).	27
2.8.1	Datos constructivos para el cálculo de un balón de gas natural Comprimido (GNC)	29
2.8.2	Pruebas de los balones de gas natural comprimido (GNC)	31
<b>3.</b>	<b>LOS PROBLEMAS DE LA CONVERSIÓN DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA A GAS.</b>	
3.1	Reducción de potencia.	32
3.1.1	Mantenimiento.	33
3.2	Preguntas frecuentes de las personas para la conversión de vehículos de encendido por chispa a gas.	34
3.2.1	Tipo de vehículos con motores de encendido por chispa que pueden convertirse a GNC.	34
3.2.2	Tecnología actual de vehículos a GNV.	34
3.2.3	Comportamiento de los balones frente a un accidente.	35
3.2.4	Consideraciones de seguridad con combustibles gaseosos.	35
3.2.5	Manejo de cilindros lleno de gas a presión.	36
<b>4.</b>	<b>PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL CÁLCULO TÉRMICO DE UN MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA, GASOLINERO CONVERTIDO A GNC.</b>	
4.1	Cálculo térmico de un motor a gas de encendido por chispa de cuatro tiempos.	38
4.1.1	Finalidad.	38
4.2	Análisis de las propiedades de los combustibles gaseosos	38
4.2.1	Propiedades físico-químico del gas y de mezclas aire-gas.	38
4.2.1.1	Coeficiente de compresibilidad.	38
4.2.1.2	Poder calorífico	98
4.2.1.3	Propiedad antidetonante de los combustibles gaseosos	41
4.3	Cantidad estequiometrica de aire necesaria para quemar un combustible gaseoso.	42

4.4	Cálculo de la temperatura al final del proceso de admisión	43
4.5	Parámetros del proceso de compresión.	44
4.6	Parámetros de la sustancia de trabajo.	44
4.7	Parámetros del proceso de combustión.	47
4.8	Parámetros del proceso expansión	48
4.9	Parámetros indicados del I ciclo de trabajo en el conjunto del motor	48
4.10	Parámetros efectivos del ciclo de trabajo en el conjunto del motor.	49
<b>5.</b>	<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA AL MOTOR YARIS HATCHBACK-TOYOTA 2004 TIPO 2NZ-FE.</b>	<b>50</b>
	Cuadro comparativo de los parámetros de un motor encendido por chispa cuando funciona con gasolina y con gas	63
	Comparación de costos del vehículo gasolinero y GNC.	64
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA N<sup>o</sup> 111-015 Y NORMA TÉCNICA ARGENTINA GE N<sup>o</sup> 1-116.</b>	<b>65</b>
	CONCLUSIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA	69
	ANEXOS	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma Técnica Peruana (NTP) 111-015</li> <li>• Norma Técnica Argentina GE N<sup>o</sup> 1-116.</li> <li>• Unidades expresadas en términos de unidades de base del Sistema Internacional de Unidades</li> <li>• Comparación de propiedades del gas con la gasolina</li> <li>• Equivalencias prácticas referentes al gas.</li> <li>• Cuadro comparativo del comportamiento de un motor de encendido por chispa con gasolina y con gas.</li> <li>• Propiedades de gas natural comprimido a 15 °c. y 101.3 Kpa. (760 mmHg).</li> </ul>	

## PRÓLOGO

El presente Informe de Suficiencia cuyo título es: **CÁLCULO TÉRMICO DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA A GAS**, tiene por objetivo establecer una metodología de cálculo térmico para los motores de encendido por chispa a gas para aprovechar el gas de Camisea, Aguaytía, Piura, etc., con la cual cuenta hoy el Perú. El gas se formó hace millones de años cuando las plantas, animales pequeños y grandes como los dinosaurios por ejemplo fueron enterrados por capas de arena, lodo y piedra hasta que la presión y el calor de la tierra los convirtieron en petróleo y gas natural.

Nuestro país históricamente siempre contó con el prodigio de la naturaleza; en su momento fue el primer productor del guano de la Isla, Salitre, oro, caucho y harina de pescado; asimismo fuimos en la década de los setenta productores del petróleo.

En la actualidad seguimos contando con grandes recursos naturales con ventajas mayores y mejores que ante, pero se hace necesario darle un valor agregado y no solo explotarlo como materia prima. No tuvieron visión ni misión aquellos que tenían la responsabilidad de conducir el país con sostenibilidad y competitividad y, por lo tanto, el país se quedó atrasado.

Ahora con el gas natural que no suceda el hecho de emplearlo solo como materia prima o insumo primario para exportar de manera tradicional; sino que su principal valor e importancia sea en el uso energético, en la electricidad, en motores de combustión interna, en petroquímica, en el consumo interno como gas doméstico en domicilios para dar mayor importancia y trascendencia en el desarrollo de nuestro país; de las decisiones de hoy dependerá el futuro energético del Perú, debemos trabajar con visión de futuro para

aprovechar las ventajas competitivas de gas natural, con responsabilidad pensando en el factor humano de nuestra población.

La masificación en el uso de gas natural comprimido en Colombia, Chile, Argentina ha sido política de estado, esa experiencia debe tomar el Perú para el consumo interno en la conversión vehicular.

**De sol en sol se pagará la conversión de autos a GNV** según fuentes publicadas el 3 – 10-05 en el diario La República.

El MEN suscribió el contrato de Fideicomiso con la Corporación Financiera de Desarrollo (Cofide) para poner en marcha el Sistema de Carga Inteligente de Gas Natural, mediante este acuerdo los dueños de los vehículos podrán realizar las conversiones a gas natural vehicular (GNV) sin realizar ningún pago inicial, y solo al momento de llenar su tanque en un gasocentro irán abonando poco a poco el costo de 800 a 900 dólares americanos por la conversión y que el dueño podrá recuperar con el ahorro del 50% que le generará usar gas natural en vez del gas licuado de petróleo. Los descuentos se efectuarán cuando un vehículo llegue a un gasocentro y un dispositivo electrónico busque la información contenida en un chip previamente instalado en los automóviles.

Si el Gobierno Central hace el plan para aprovechar las bondades del gas natural el primer consumidor sería el Ministerio del Interior en sus patrulleros instalados con un chip inteligente donde registra cantidad de suministro, hora, el kilometraje y como el gas está a alta presión será difícil de extraerlo en forma manual.

# **CAPITULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 OBJETIVO DEL INFORME**

El presente informe tiene por objetivo establecer una de cálculo térmico para los motores de encendido por chispa a gas.

### **1.2 GAS NATURAL Y SUS PROPIEDADES COMO COMBUSTIBLE PARA M C I.**

Es un hidrocarburo fósil liviano, tiene como principal componente el metano  $\text{CH}_4$  con más del 80%, y el resto está constituido por etano, propano, butano y demás hidrocarburos pesados como pentanos hexanos y heptanos.

El gas natural se formó hace millones de años cuando plantas y pequeños animales marinos fueron enterrados por arenas y piedras. Capas de lodo, arena, piedra, plantas y material animal continuaron formándose hasta que la presión y el calor de la tierra los convirtieron en petróleo y gas natural.

El gas natural es un combustible fósil, incoloro, inodoro, principalmente compuesto por metano. Se extrae cuando se perforan los pozos petrolíferos donde se encuentra en forma asociada con el petróleo crudo o de forma independiente.

El gas natural es más ligero que el aire y cuando se libera tiende a disiparse de forma rápida. El gas natural comprimido es un hidrocarburo limpio para ser usado en vehículos automotores, y además tiene aplicaciones domésticas, comerciales e industriales y reduce en gran cantidad las emisiones contaminantes en los procesos de combustión.



### **1.3 PRINCIPALES VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GAS NATURAL COMPRIMIDO.**

La ventaja principal del GNC es el ahorro de dinero en combustible, siempre su costo será más bajo que la gasolina y el petróleo diesel. La equivalencia entre los tres combustibles, tomando como base un mismo volumen de mezcla carburante es: 1 m<sup>3</sup> G.N.C. equivale 1,138 litros de gasolina y 1,025 litros de gas oil.

Sin embargo, el usuario de GNC se beneficia más, por que el motor funcionando con GNC extiende su vida útil, generando menos residuos o de carbonilla en los elementos del grupo pistón, mejora las condiciones de explotación del aceite lubricante.

Finalmente, el medio ambiente se ve favorecido por la menor emisión de gases tóxicos. Entre las desventajas más importantes del gas natural como combustible en los M.C.I. tenemos:

Costo inicial elevado (con los precios de la gasolina, se amortiza este costo en menos de un año).

Autonomía, se necesita cargar más combustible para hacer la misma cantidad de kilómetros.

Peso y tamaño de los cilindros, nos quita lugar en la maletera del vehículo. El tamaño de los balones de GNC está directamente relacionado con su capacidad, y la autonomía en el vehículo.

### **1.4 PERSPECTIVAS DEL USO DE GAS NATURAL PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EN EL PERÚ.**

Los yacimientos de gas natural de Camisea, tiene un volumen probado de 11 TPC de gas natural y 482 millones de barriles de condensados más importante reserva de gas natural en Latinoamérica. El proyecto consiste en la producción de gas natural seco y líquido, su transporte a través de gasoductos y su distribución para

su consumo en la industria, en la generación de energía eléctrica y en viviendas.

En una primera etapa el consumo se desarrollará en Lima y Callao y en una segunda etapa se extenderá a la región de Cusco, Ayacucho, Huancavelica, Ica y Junín. Los líquidos de gas natural que llegan a la planta de fraccionamiento ubicado en Pisco, vienen produciendo, GLP, gasolina e insumos para la industria petroquímica, para consumo nacional y exportación

A mediano plazo tendremos una planta de licuefacción en Pampa Melchorita, entre las provincias de Cañete y Chincha que servirá para procesar el gas natural seco reduciendo su volumen 600 veces a menos 160 grados centígrados, para ser exportados a mercados de consumo, a través de barcos metaneros; este proyecto de exportación de gas natural licuado (GNL) empezará el año 2008.

## **1.5 LOS COMBUSTIBLES GASEOSOS.**

Las exigencias ambientalistas han orientado esfuerzos hacia el uso de los llamados combustibles ALTERNATIVOS O NO TRADICIONALES. Dentro de estos se encuentran los hidrocarburos gaseosos. y el hidrógeno, considerados como los combustibles ecológicamente limpios.

El precio de un combustible gaseoso es 2....3 veces menos que el precio de la gasolina y el combustible Diesel y las reservas probadas superan las del petróleo. Estos factores condicionan el empleo del gas en el transporte automotor.

En muchos países a nivel gubernamental existen programas de protección del medio ambiente, con normas estrictas de control de las emisiones de los motores y políticas de estímulo hacia el uso de combustibles gaseosos. Los países más representativos en este sentido son Italia, Canadá, Australia, Argentina, Rusia, Suecia, Nueva Zelandia, Estados Unidos y Japón.

Para transformar los vehículos de gasolina y diesel a vehículos a gas, estos se implementan con accesorios especiales de alimentación de gas.

El empleo del gas en los vehículos eleva la exigencia contra incendios durante su operación. Los combustibles gaseosos hidrocarburos (GNC) y (GLP) representan combustibles muy atractivos para los motores de combustión interna, actualmente, en todo el mundo funcionan aproximadamente más de 4 millones de vehículos con GNC y 13.0 millones con GLP.

El gas natural comprimido (GNC) permite una combustión mas limpia y su costo es significativamente menor que la gasolina y el petróleo Diesel. Las reservas de gas en el mundo son muy grandes, por lo que un incremento futuro de la demanda no ejercerá mayor impacto en los precios.

Los motores que funcionan con GNC tienen emisiones muy bajas de CO y de partículas sólidas, sin embargo el problema se reserva con las emisiones de NOx.

## **1.6 PRINCIPALES TIPOS DE COMBUSTIBLES GASEOSOS**

Los MCI pueden funcionar con cualquiera de los siguientes combustibles gaseosos:

- Gas licuado de petróleo
- Gas natural
- Hidrógeno

Mayor aplicación en la actualidad tienen los dos primeros. El empleo de hidrógeno se ve limitado por las dificultades tecnológicas de su obtención y uso en condiciones similares a otros combustibles.

### **1.6.1 Requerimientos principales de los combustibles gaseosos**

- Deben mezclarse bien con el aire a fin de formar una mezcla homogénea.
- Poseer elevado poder calorífico de la mezcla carburante producir una combustión sin detonación dentro de los cilindros del motor.
- Tener una mínima composición de sustancias resinosas y residuos sólidos, causantes de la formación de carbonilla y obstrucciones en el sistema de alimentación de combustible.

- Tener una mínima composición de sustancias que producen corrosión en las piezas, oxidación y dilución del aceite lubricante del motor.
- Producir la menor cantidad de sustancias tóxicas y cancerígenas en los gases de escape.
- No cambiar sus propiedades con el tiempo.
- Tener bajo costo de producción y de transporte.
- Por su estado físico los combustibles gaseosos se dividen en dos grupos: comprimidos y licuados.
- En estado comprimido (gas comprimido) se utiliza generalmente si el gas tiene una temperatura crítica por debajo de las temperaturas de operación de los vehículos.
- Si la temperatura crítica del gas es mayor que las temperaturas de operación de los vehículos, su uso es en: estado líquido (licuado).
- La presión de licuación es hasta 1,5...2.

Se debe señalar que los gases comprimidos sometidos a temperaturas muy bajas pasan a estado líquido. El gas natural se puede emplear comprimido (GNC) o licuado (GNL).

### 1.7 GAS NATURAL COMPRIMIDO

- Entre los principales componentes del gas natural comprimido son: metano  $CH_4$ , óxido de carbono  $CO_2$  e hidrógeno  $H_2$ .
- Su explotación a gran escala se inicia después del año 1945
- El gas natural comprimido proviene de yacimientos de gas o de petróleo.
- En los yacimientos de petróleo, dependiendo del yacimiento, la presencia de metano en el GNC puede ser de 40...85%.
- En los yacimientos de gas la presencia de metano puede ser más de 90%.
- El metano se caracteriza por tener una temperatura crítica muy baja (-82°C).

- Los vehículos, cuyos motores funcionan con GNC llevan balones con sus respectivos accesorios, donde la presión de trabajo es 19,6 MPa (200 kg/cm<sup>2</sup>).
- El GNC tiene un bajo poder energético por unidad de volumen (a presión atmosférica su concentración de energía por unidad de volumen es 800...1000 veces menor que los combustibles líquidos derivados del petróleo).
- Para licuar el GNC se requiere la técnica criogénica. El metano enfriado a -161,7°C y a presión atmosférica pasa a estado líquido disminuyendo su volumen en 610 veces.
- El transporte y conservación del GNC son más complejos.
- La autonomía de los vehículos con GNC se reduce en 2 veces respecto de la gasolina y en 3 veces respecto del Diesel 2.
- El GNC se inflama en la cámara de combustión del motor a la temperatura de 635.... 645°C, magnitud 3 veces mayor que la temperatura de inflamación de la gasolina. Esto dificulta el arranque del motor, particularmente cuando la temperatura del medio ambiente es baja.
- El peligro de incendio por inflamación del GNC es menor que para la gasolina debido a que su masa es menor que la masa del aire.
- El GNC actúa negativamente sobre el sistema nervioso central, provocando irritaciones, en la piel, en las mucosas del aparato respiratorio.
- La concentración límite de GNC en ambientes y zonas laborales es hasta 300 mg/m<sup>3</sup>.
- Una determinada concentración de GNC con aire es altamente explosiva.

## **1.8 PARTICULARIDADES OPERACIONALES DE LOS MOTORES QUE FUNCIONAN CON GNC.**

Ventajas con el uso de GNC:

- Aumenta la vida del aceite lubricante en 2 ... 3 veces
- Disminuye el consumo de aceite en 30 ... 40%

- Aumenta la vida del motor en 35.. 40%, debido a la ausencia de carbonilla en las piezas el grupo cilindro - pistón.
- Aumenta en 40% la vida de las bujías de encendido.
- Disminuye sustancialmente hasta en 90% las emisiones de sustancias tóxicas, particularmente CO.

Desventajas con el uso de GNC:

- Las actividades de mantenimiento y reparación del vehículo aumentan en 7..8%
- Aumenta el costo del vehículo
- La potencia del motor disminuye en 18 ... 20%
- Empeoran las características de propulsión y dinámicas y, operacionales del vehículo:
  - El tiempo de aceleración aumenta en 24 ... 30%
  - La velocidad máxima del vehículo disminuye en 5 .. 6%
  - La capacidad de superación de pendientes disminuye en 30 -40%
  - La autonomía de automóvil disminuye, hasta 100%.

## 1.9 PARTICULARIDADES DEL TRANSPORTE DEL GAS NATURAL

- Para el transporte de gas natural generalmente se emplean: gasoductos. Debido a su baja concentración de energía por unidad de volumen el bombeo de gas se realiza con presiones no menores de  $(55..75) \text{ kg/cm}^2$ . Para mantener dichos niveles de presión, cada (100-150) km de distancia se instalan plantas de bombeo.
- Otra forma de transporte es el marítimo. En este caso el gas natural (metano) se transporta en estado líquido.
- Los tanqueros que transportan gas tienen una capacidad de carga de decenas de miles de toneladas. Los tanqueros más grandes transportan metano líquido en una cantidad equivalente a 72 millones de  $\text{m}^3$  en condiciones atmosféricas normales.



**Fig. 13.** Transporte de Gas de Camisea

### 1.9.1 Condensados del Gas Natural Comprimido (GNC)

- Los condensados de gas son hidrocarburos líquidos que provienen del gas natural y se condensan en condiciones normales.
- Los condensados de gas representan una fuente adicional de materia prima para la obtención de combustibles para vehículos.
- El nivel de las propiedades físico - químicas y explotacionales de los condensados de gas es cercano al de los combustibles Diesel, por lo que son atractivos para ser empleados como combustibles.
- A continuación se muestra un cuadro comparativo de las propiedades del Diesel 2 y de condensados de gas de diferentes yacimientos:

Propiedades	Combustible Diesel	Condensados de gas		
		N° 1	N° 2	N° 3
Número de cetano	No menor de 45	43	53	52
Composición fraccionada, °C				
- Inicio de la ebullición		103	111	140
- 50 de destilación	No mayor de 280	151	201	208
- 96% de destilación	No mayor de 360	292	350	345
Viscosidad a 20°C, mm <sup>2</sup> /s	3,5 – 6.0	1,2	1,7	2,1
Cantidad de azufre en masa:				
- general, %	No más de 0.5	0.02	0.02	0.02
- Mercaptano de azufre, %	No más de 0.01	0.0001	0.0001	

### Principales características del GNC para MCI.

Parámetros	Marcas de GNC	
	A	B
Presión del GNC en los balones, no menos de MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	19,62 (200)	19,62 (200)
Temperatura del gas en el proceso de llenado de los balones °C, No más de:		
para climas templados y fríos	-40	-40
para climas muy calurosos	-45	-45
Composición del GNC, en % de volumen:		
Metano	95 <sup>±5</sup>	90 <sup>±5</sup>
etano, no más de	4	4
Propano, no más de	1.5	1.5
Butano, no más de	1	1
Pentano, no más de	0.3	0.3
Dióxido de carbono, no más de	1	1
Oxígeno, no más de	1	1
Nitrógeno	0.4	4.7
Cantidad de sulfuro de hidrogeno*, g/m <sup>3</sup> , no más de	0.02	0.02
Cantidad de mercaptano de asufre*, g/m <sup>3</sup> , no más de	0.016	0.016
Proporción de sulfuro de hidrógeno y mercaptano de azufre, en %, no más de	0.1	0.1
Cantidad de impurezas*, g/m <sup>3</sup> no más de	0.001	0.001
Cantidad de humedad*, g/m <sup>3</sup> no más de	0.009	0.009

\*A 760 mm de Hg y 15°C



## CAPITULO 2

### SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE GAS EN LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA.

#### 2.1 SISTEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO.

En la figura 1 se muestra el esquema de un sistema de alimentación de GNC para un motor de encendido por chispa.

El gas es introducido por medio del pico de carga a una presión de 200 bar que registra el manómetro que está instalado después del pico de carga, luego pasa por la válvula de carga la cual permite cortar la entrada de gas, de allí el GNC es conducido por una tubería de acero sin costura hasta el o los cilindros de almacenamiento, que cuentan en la entrada con una válvula de servicio que permite cerrar la entrada o salida de gas y que pueden ser instalados en la posición técnicamente más conveniente del vehículo. El gas de la válvula de servicio se dirige por una tubería a la válvula de carga y de allí al regulador de presión.

En el regulador de presión el gas pierde presión hasta alcanzar la presión de trabajo que es de (0,7 a 1,0) bar. Esta pérdida de presión hace que el gas pierda temperatura llegando hasta el congelamiento por lo que se hace necesario calentarlo utilizando una derivación del sistema de refrigeración del motor. Desde el regulador el gas es conducido hasta el mezclador por una **manguera de goma recubierto por una malla de acero** pasando antes por una válvula limitadora de caudal o válvula de máxima.

EL kit lleva bloque conmutador que sirve para seleccionar el tipo de combustible y se encuentra instalado en el compartimiento del conductor. En el mismo compartimiento del conductor se instala un indicador de la cantidad de gas contenido en el balón. Además existe la posibilidad de corregir el avance de encendido (mayor para GNC) con el agregado de un variador electrónico de avance; se desactiva cuando el vehículo funciona con gasolina.

Para los vehículos con inyección electrónica de combustible existen una serie de elementos que se deben agregar y otros que reemplazan a los componentes de los sistemas carburados.

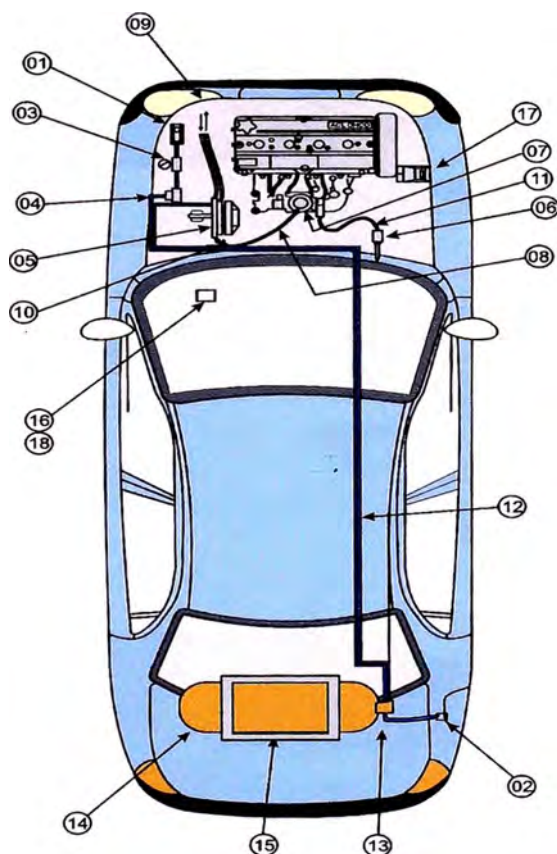
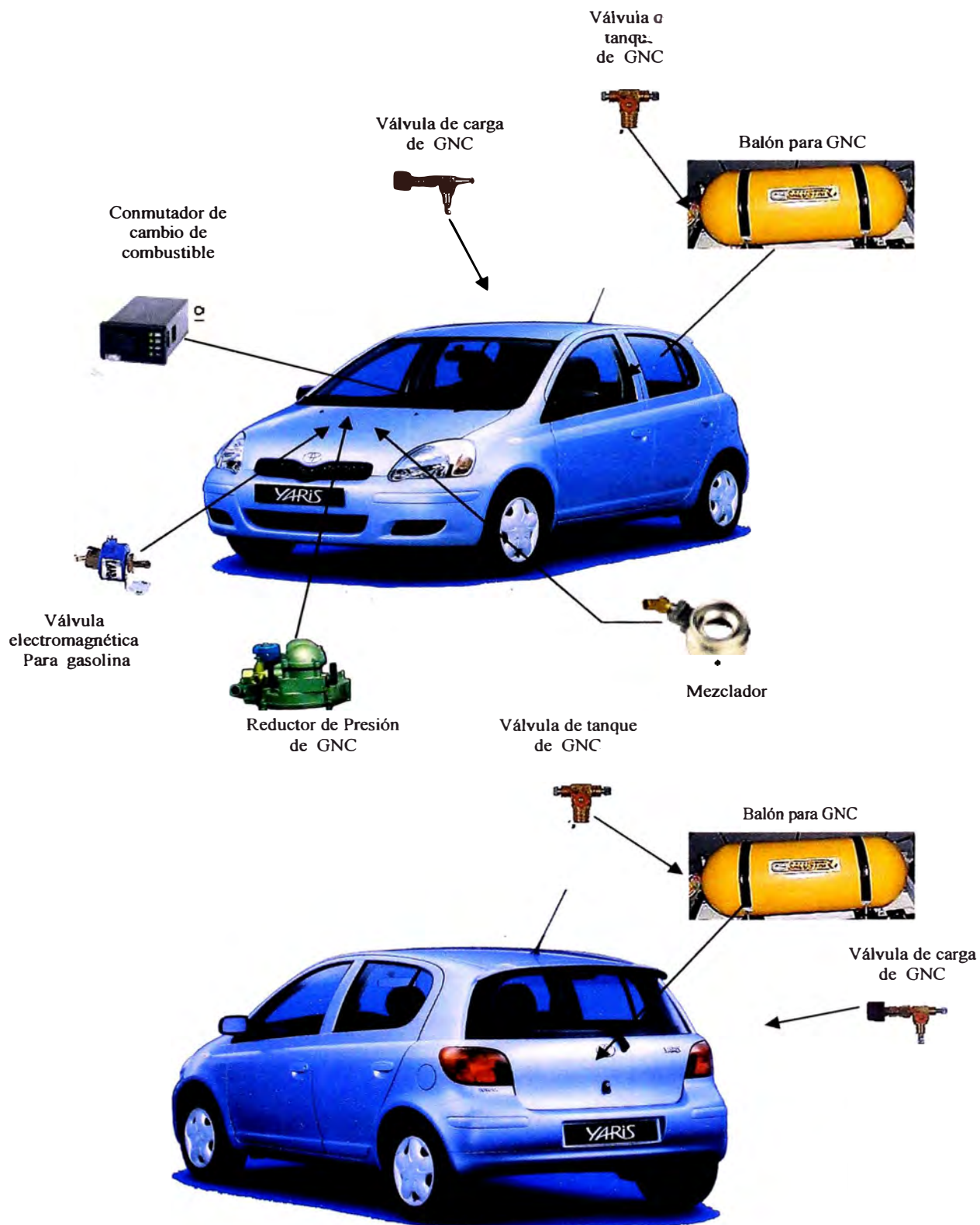


Fig.1 1.- Pico de carga interno (Vano motor) 2.- Pico de carga externo (no siempre utilizado según vehículo) 3.- Manómetro (Vano motor) 4.-Válvula de carga (Vano motor) 5.- Reductor o regulador de presión (Van motor) 6.- Electroválvula de gasolina (Vano motor) 7.-Mezclador (Vano motor) 8.-Tubería y conexiones de gas a baja presión (Vano motor) 9.-Tubería y conexiones de agua (Vano motor) 10.-Regulador de caudal (Válvula de máxima vano motor) 11.-Tubería y conexiones de gasolina (Vano motor) 12.-Tubería y conexiones de gas a alta presión y elementos de protección (Bajo piso) 13.-Tubería para venteo (Maletera, caja o bajo chasis según vehículo) 14.- Cilindro con GNC con válvula de cilindro y disco de alivio (Maletera, caja o bajo chasis según vehículo) 15.- Soportes para cilindro/s (Completo maletera, caja o bajo chasis según vehículo) 16.-Llave de conmutación y cebado con cableado y fusible (Habitáculo) 17.-Variador electrónico de avance (Opcional vano motor) 18.- Indicador remoto de combustible (Vano motor)



- **Mezclador:** Permite mezclar el GNC con el aire que ingresa al motor; el diseño y forma depende del vehículo.

### 2.2.1 Accesorios:

Para el correcto funcionamiento y control del sistema de conversión GNV los accesorios más comunes son:

**Electroválvula de gasolina:** Válvula o solenoide electromecánico ubicado entre la bomba de combustible y el carburador. Su función es impedir el paso simultáneo de gas y gasolina.

**Electroválvula de gas:** Al igual que el anterior, es un solenoide cuya función es evitar el paso de gas, cuando el vehículo funciona con el combustible original. Se encuentra ubicada lo más cerca posible del regulador, aunque en la mayoría de los casos va integrada al mismo.

**Conjunto indicador de nivel:** Dispositivo potenciómetro similar al marcador del nivel de gasolina, y cuya función es mostrar la cantidad de combustible en el tanque de gas. Debe estar ubicado en la cabina en un lugar cómodo y visible. Muestra la presión en el cilindro o la tubería antes del regulador.

**Conmutador gas-gasolina:** Interruptor de dos posiciones que permite a voluntad del conductor escoger el tipo de combustible deseado. Cuenta con chips de memoria para el control del funcionamiento, conmutación y en algunos casos de dosificación.

**Dispositivos electrónicos de control de avance:** Dada la menor velocidad de quemado del gas natural, es necesario modificar las curvas de avance del sistema de encendido, para permitir un mayor adelanto en la generación de la chispa, como modo de compensación. Este dispositivo

## 2.2 KIT DE CONVERSIÓN A GNC.

Es un dispositivo compuesto de una serie de partes y piezas que se adapta al motor del vehículo, y que permite operar indistintamente con gasolina o gas natural. Un kit de conversión consta de los siguientes dispositivos:

- **Válvula de carga:** Permite la entrada del gas durante el suministro; tiene una válvula de retención que no permite el retorno de gas a la atmósfera.

**Tanque de almacenamiento:** *Por su construcción resulta más seguro que el tanque para gasolina lleno de combustible, en él se almacena el GNC, se ubica en la maletera del vehículo, o en la parte inferior de la carrocería o chasis; no debe quedar muy bajo con respecto al piso; debe estar asegurado perfectamente y alejado de zonas de alta temperatura.*

- **Válvula manual del cilindro:** Situada en un extremo del cilindro, su función es permitir o no el paso de gas al resto del sistema.
- **Tubería de alta presión:** Conduce el gas del tanque al motor, se fabrica en acero inoxidable para que tenga mayor resistencia y duración.

**Regulador o reductor de presión:** Mantiene la presión ideal de funcionamiento dentro del sistema.

Existe en los mercados reguladores de dos o tres etapas. Las etapas se definen por cantidad de válvulas, que van reduciendo la presión gradualmente, para evitar el congelamiento del gas por el cual fluye; el reductor de presión debe estar conectado al sistema de refrigeración del vehículo, para mantener caliente el gas. La presión de salida del gas del regulador generalmente se encuentra cercana a una atmósfera.

- **Válvula manual de cierre:** El tanque de almacenamiento se aísla del resto del sistema. Su utilidad radica en poder impedir a voluntad el paso del gas cuando se efectúan las labores de mantenimiento, reparación, o ante alguna emergencia. Es muy común que en la misma válvula de llenado se encuentre integrada la válvula de cierre.

se activa cuando el vehículo funciona con gas y se desactiva cuando el motor funciona con gasolina.

**Dispositivos electrónicos de corte de combustible:** Desconecta la bomba de gasolina y anula el funcionamiento de los inyectores, en los motores de inyección de gasolina convertidos a GNC.

**Sensor de oxígeno:** Se encuentra en el sistema de escape. Mide el oxígeno sobrante después de la combustión. Un exceso de oxígeno indica una mezcla pobre, que ocasiona gran pérdida de potencia. Una falta de oxígeno indica un exceso en la cantidad de gas suministrado. El combustible desperdiciado incrementa los THC (Hidrocarburos totales no quemados) en el escape. Esto produce mayor consumo de combustible y contaminación ambiental.

**Emulador de inyectores:** Dispositivo electrónico que obliga al computador del motor a mantener cerrados los inyectores cuando se utiliza GNV, y que al mismo tiempo impide que este computador detecte que se trabaja con combustible diferente al original

## 2.3 REDUCTORES DE PRESIÓN

### 2.3.1 Principios básicos de la estructura y funcionamiento de los reductores de presión.

Los reductores de presión tienen la finalidad de disminuir automáticamente la presión del gas en todos los regímenes de funcionamiento del motor.

El reductor de presión junto con el balón constituyen los componentes más caros y complejos del sistema de suministro de gas en los motores.

En la práctica existen los siguientes tipos de reductores de presión:

- Reductores de alta Presión de una etapa.
- Reductores de baja presión de dos etapas.

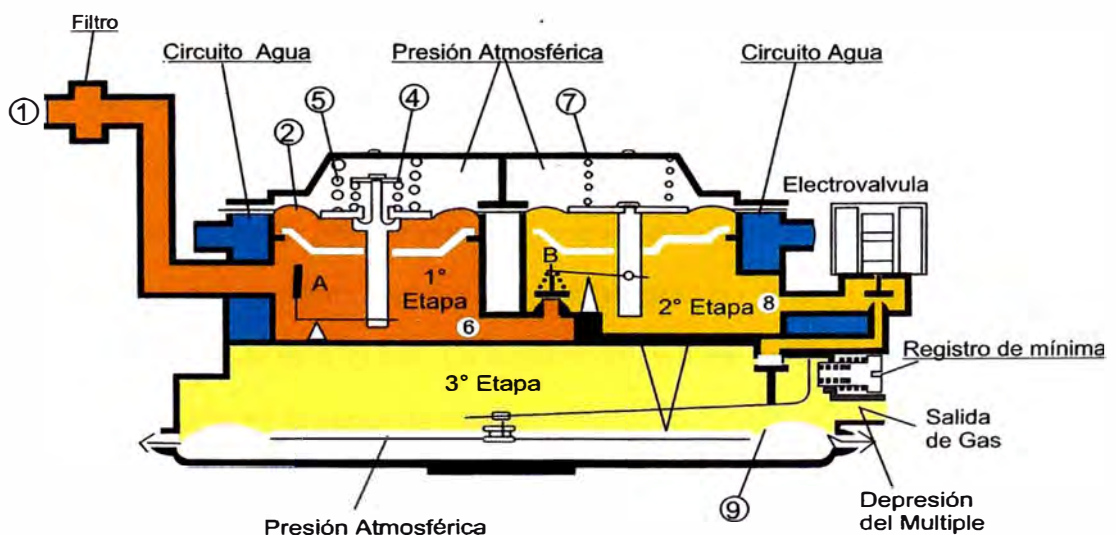
- Reductores combinados de alta y baja presión de tres etapas.
- Reductores de baja presión para inyección.



**Fig. 2.** Reductor combinado de alta y baja presión de tres etapas

### 2.3.2 Funcionamiento del regulador de GNC

El reductor de GNC es un mecanismo que está constituido por tres etapas de reducción de la presión, tiene una válvula electro magnética que se utiliza para cortar o suministrar el gas al motor, cuando la otra válvula electro magnética suministra o corta gasolina. Tenemos una entrada y salida de agua es una cámara de agua vinculada con la circulación de agua del motor, a fin de evitar el congelamiento del gas debido a la rápida descompresión del mismo. Posee un dispositivo de seguridad encargado de actuar en caso de algún defecto en primera etapa de descompresión.



**Fig. 3.** Esquema de Regulador de presión GNC 1- entrada de gas, A- 1<sup>ra</sup> etapa, 2- sistema de palanca unida a la membrana, 4- resorte solidario para sobre presión, 5- resorte regulador de presión, 6- orificio de comunicación 1<sup>ra</sup> y 2<sup>da</sup> etapa, B- válvula de cierre, 7- resorte, 8- orificio de comunicación entre 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> etapa, 9- membrana.

La exclusiva distribución de las membranas conjuntamente con sus respectivos sistemas de válvulas de reducción confiere a este reductor de una excepcional estabilidad en el suministro de gas, bajo cada diferente condición de carga del motor y una buena regulación durante la marcha mínima

### **Funcionamiento:**

#### **Primera etapa:**

El gas ingresa a 200 bar al reductor (1) (entrada de gas) a través de la válvula (A), se reduce a 80 bar aproximadamente, por medio de un sistema de palanca unida a la membrana (2). Sobre la misma hay un resorte que junto con las deformaciones de la membrana se comprimirá y descomprimirá. La tensión del resorte regulará la presión que se acumulará en la primera cámara, en caso de existir una sobre presión dentro de ésta, hay un resorte (5) solidario al eje y paralelo al resorte (4) que se encargará de liberar la presión en exceso al exterior.

#### **Segunda etapa:**

La primera y la segunda etapa se encuentran comunicadas por el orificio (6). Al igual que en la primera etapa existe una válvula de cierre (B), solidaria por medio de un sistema de palanca unida a la membrana (2), sobre la misma hay un resorte (7) que junto con las deformaciones de la membrana se comprimirá y descomprimirá. La presión en ésta etapa se reduce hasta (5 a 7) bar. La tensión del resorte regulará la presión que se acumulará en la segunda etapa.

#### **Tercera etapa:**

La segunda y la tercera etapa se encuentran comunicadas por medio del orificio (8). En él, actúa una electroválvula que corta el pasaje de gas en caso de quitar el contacto, en ésta etapa la presión llega a un bar



aproximadamente, a su vez, esta etapa se encuentra dividida por medio de una membrana (9) unida por una palanca que divide la presión atmosférica de la depresión generada en el sistema de admisión del motor entre el filtro de aire y la mariposa (un mezclador de gas).

El gas que ingresa a la tercera etapa será suministrado directamente al motor en función de la depresión que éste genere en el elemento dosificador.

### **El regulador Dinamotor para GNC.**

El reductor DINAMOTOR es un elemento adecuado para la conversión de motores CICLO OTTO a gasolina, para funcionar con GAS NATURAL COMPRIMIDO sin efectuar modificaciones en el uso con combustible líquido.

Consta de 3 etapas: dos de reducción de presión y una de gobierno de caudal.

Se activa a través de 1 electroválvula que interrumpe el flujo entre la Segunda y Tercera etapa, comandado por un interruptor que se desconecta a los 5" de que el motor se detiene (si permaneciera en "contacto"), por medio de un sensor electrónico de pulsos de encendido, que a su vez obra de cebador automático.



**Fig. 4.** Reductor de alta y baja presión de 3 etapas (Dinamotor)

### **Primera etapa.**

Es la encargada de efectuar la expansión y la calefacción del gas de 200

bar a 3,5 bar, consta de una válvula de bronce con asiento de policarbonato comandada por un diafragma y un resorte calibrado, una válvula de alivio protege el sistema en caso de sobre presión venteadando el gas al exterior. El aporte de calor necesario para efectuar la transformación se consigue mediante una cámara de agua que circunda el cuerpo de la válvula, que se conecta al sistema de enfriamiento del motor convertido.

### **Segunda etapa.**

Esta se ocupa de regular la presión del gas a 1,5 bar de manera que el flujo no varíe con las distintas presiones de los cilindros contenedores, a fin de posibilitar un suministro estable de combustible en cualquier condición de carga, y temperatura. Consta de un cierre de goma sintética, comandado por un diafragma y un resorte calibrado.

### **Tercera etapa.**

Es la encargada de modular la cantidad de gas adecuada a los distintos regímenes del motor, de acuerdo a la succión que ejerce el mezclador sobre la salida del reductor. Consta de un cierre de goma sintético comandado por un diafragma y un resorte calibrado y, por medio de un tornillo exterior, permite la calibración del régimen de mínima del motor.

### **Especificaciones Técnicas**

- *Caudal/potencia máx.:*

Modelo. STD-----51m<sup>3</sup>/h-140 HP

Modelo. 180 HP-----73m<sup>3</sup>/h-180 HP

- *Calefacción:* por agua del sistema de enfriamiento del motor.
- *Conexión de entrada:* M 12x1,5 mm. diámetro. 6 mm.

- *Presión de entrada:* 200 Bar máx. 26 Bar Min.
- *Conexión de salida:* Caño flexible diámetro. 19 mm.
- *Conexión de manómetro:* ¼" 18 BPS Asiento Plano.
- *Fijación:* 2 orificios diámetro.8 mm. E/C 189 mm.
- *Comando:* Por 1 electroválvula controla electrónicamente.
- *Alimentación:* 12 v c c.

## **2.4 CIRCUITO DE GAS DE ALTA PRESIÓN.**

El circuito de gas a alta presión se vincula desde el pico de carga hasta el regulador de presión pasando por los cilindros contenedores y elementos intermedios tales como la válvula de carga, el manómetro y la válvula de servicio. Está compuesto por tubería sin costura de diámetro 6.35 mm. siendo los nipples, virolas y conexiones de acero zincado.

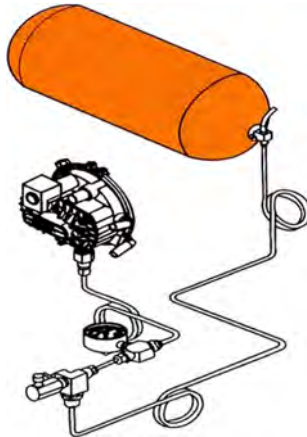
La presión de trabajo es de 200 bar.

Los tramos de tubería entre componentes deben ser enteros y poseer rulos protectores.

El recorrido por debajo de la carrocería de la tubería debe estar ubicado de modo que quede protegido de posibles impactos por irregularidades del camino u objetos sujetos levantados por el vehículo en movimiento. La distancia mínima del circuito de gas al suelo con el vehículo en condiciones de carga máxima es de 175 mm.

Los rulos amortiguadores de vibración o movimiento se deben realizar de modo que queden en la posición más cercana posible a los extremos de conexión.

El diámetro del rulo será no menor de 70 mm. Tendrá una espira y media con un arrollado de paso abierto, dejando entre espiras una separación mínima de 2 mm.



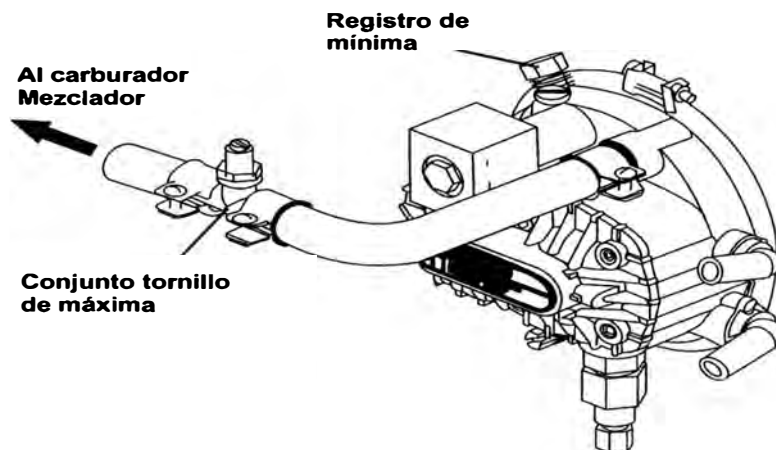
**Fig. 5** Circuito de gas a alta presión

## 2.5 CIRCUITOS DE GAS DE BAJA PRESIÓN.

Este circuito va desde el regulador hasta el carburador.

Está constituido por manguera de goma con tela de  $\varnothing$  interior de 16mm. **La manguera es ignífuga y esta protegida por una malla de acero.** En todos los extremos llevan unas abrazaderas especiales (tipo capuchón). Como en todos los casos debe evitarse el roce entre mangueras o otros elementos del vehículo. Esto puede lograrse por medio del ruteo adecuado o fijando entre sí los elementos que se rozan. En el recorrido se intercala un regulador de caudal (válvula de máxima). Como su nombre lo indica, este regulador tiene por función limitar el caudal de combustible para lograr una adecuada mezcla aire /combustible. Según las bocas del carburado, este regulador de caudal puede tener una o dos salidas, por lo que a partir del mismo el circuito puede continuar con una o dos mangueras hasta el carburador.

En algunas instalaciones el pico inyector se cambia por un mezclador, siendo esta alternativa menos utilizada y, teniendo en cuenta que normalmente no se provee el mezclador con el kit, se debe solicitar el mismo por separado.



**Fig. 6.** Circuito de gas de baja presión

## 2.6 REQUERIMIENTOS DE LOS REDUCTORES DE PRESIÓN.

Disminuir automáticamente la presión del gas en el sistema de alimentación hasta un nivel dado, con variación constante de la presión y de la cantidad de gas en los balones y de los regímenes de funcionamiento del motor.

- Asegurar el suministro del gas en un amplio rango de temperaturas del medio ambiente y del gas en los balones.
- Cortar automáticamente el suministro de gas en el motor, cuando, este se para en cualquier circunstancia Ser de bajo costo.
- Ser de dimensiones pequeñas.
- Para resolver estos complejos problemas se emplean sistemas de disminución por etapas y en serie de la presión (reductores multi etapas).
- Para disminuir la presión de GNC desde 20,0 Mpa se emplean sistemas de tres etapas.
- Para disminuir la presión del GLP desde 1,6 Mpa se emplean sistemas de dos etapas.

## 2.7 MEZCLADORES

El mezclador tiene por finalidad preparar la mezcla aire gas y regular el suministro hacia los cilindros del motor, se instala en el ducto de admisión del motor.

Cuando funciona el motor con gas, la mezcla aire gas al salir del reductor, que tiene un vacío en su salida se empobrece provocando un funcionamiento inestable del motor en regímenes de marcha en vacío y de cargas parciales.

El mezclador se diseña para asegurar un funcionamiento conjunto con reductor de un determinado tipo.

En los motores que funcionan con un solo combustible (gas), se emplean un Mezclador especial, el cual asegura un funcionamiento óptimo del motor con una relación de compresión mayor.



Fig. 7. Mezclador

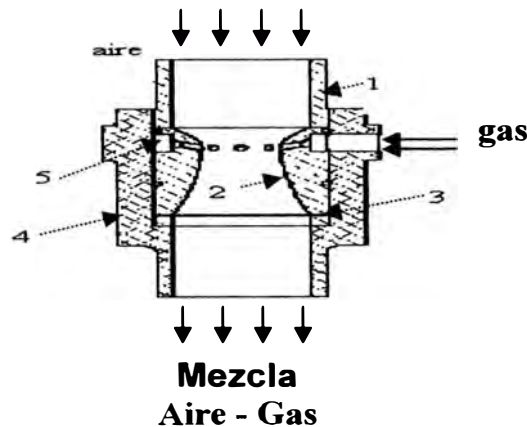


Fig. 8. Esquema del mezclador de aire y gas. 1. Centrador, 2. Tobera, 3. Suple, 4. Carcasa, 5. Anillo de alimentación de gas

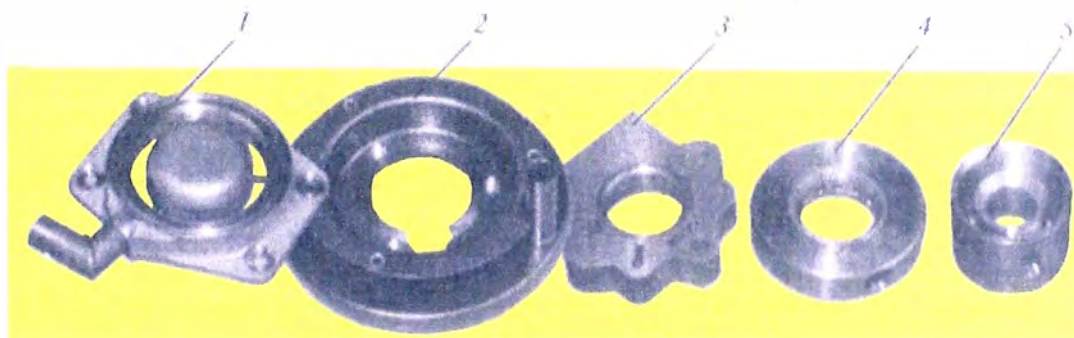
### 2.7.1 Clases de mezcladores

**Mezclador dentro del filtro:** Tal y como su nombre lo indica, se encuentra en la carcasa del mismo y dentro de la unidad del filtro.

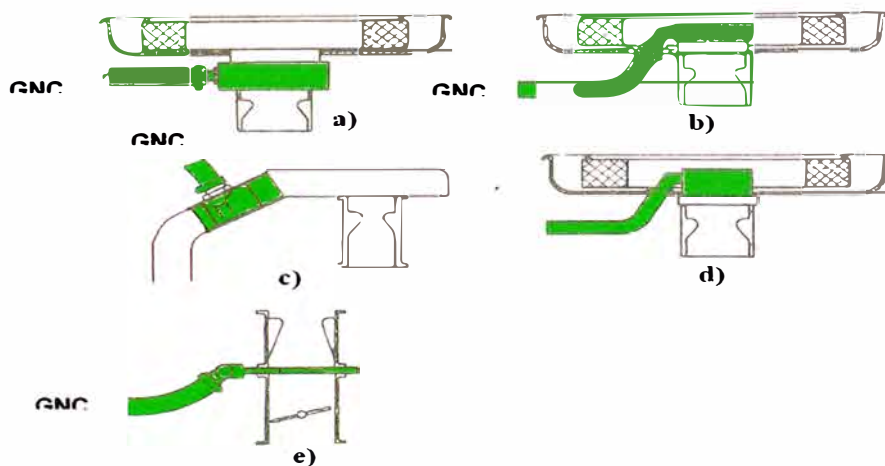
**Mezclador bajo el filtro:** Se instala entre el filtro de aire y el carburador, en la misma posición en la que comúnmente se ubica el empaque (base del carburador).

**Mezclador sobre el múltiple de admisión:** Se encuentra después del filtro de aire y antes del carburador o del cuerpo de mariposas, en los vehículos inyectados.

**Mezcladores integrales con el filtro de aire:** Cuando la ubicación del mezclador es difícil, se ubica en forma conjunta con el filtro en una caraza diseñada para ello.



**Fig. 9.** Clases de mezcladores para gas: 1 – Para carburador de tipo Solex; 2 – Para carburador ruso K -151; 3 y 4 – Para carburadores americanos y europeos; 5 – Para motores con inyección de gasolina.



**Fig. 10.** Variantes de suministro en el mezclador: Mayor difusión han obtenido los esquemas a) y e) (antes y después del difusor)

### 2.7.2 Requerimiento que deben cumplir los mezcladores

Composición óptima de la mezcla carburante en cualquier régimen de funcionamiento del motor.

- Homogeneidad de la mezcla carburante en cualquier régimen de funcionamiento del motor.

- Máxima potencia a plena carga.
- Arranque confiable del motor.
- Buena adaptabilidad cuando aumenta repentinamente la frecuencia de rotación del eje del cigüeñal.
- Estabilidad de funcionamiento con regímenes
- de marcha en vacío.

## 2.8 BALONES PARA MOTORES CON GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC).

Los balones para GNC están diseñados para almacenar gas natural comprimido a temperaturas desde -60 hasta +60°C, con una presión máxima de 19.6 Mpa.

Los balones para GNC suelen tener una capacidad de 34 a 400 (litros).

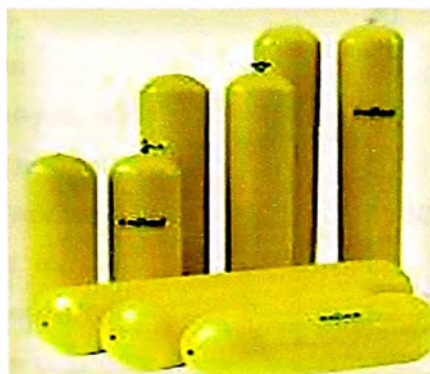
Se fabrican de tubos de acero sin costura, de planchas o de materiales compuestos.

El acero empleado en la fabricación de los balones de GNC es acero al carbono o acero aleado; ambos aceros se someten a tratamiento térmico: normalizado para el acero al carbono y templado con revenido para el acero aleado.

**El acero al carbono** debe tener entre 0,42 y 0,50% de carbono y entre 0,50 y 0,80% de manganeso.

**El acero aleado debe** contener aleaciones de cromo, níquel, molibdeno.

Los balones de acero al carbono se certifican cada 3 años, mientras que los balones de acero aleados se certifican cada 5 años.



**Fig. 11.** Balones para GNC



El tratamiento térmico asegura una estructura homogénea del metal y una destrucción sin esquirlas.

El balón es un recipiente cilíndrico sin costuras con fondos esféricos. En la garganta del balón se tiene una rosca para instalar en ella a la válvula.

Para disminuir la masa de los balones se emplean materiales compuestos.

El diámetro del balón varía desde 219 mm hasta 335 mm. La masa de los balones de GNC varía dependiendo de su volumen y el material empleado en su fabricación.

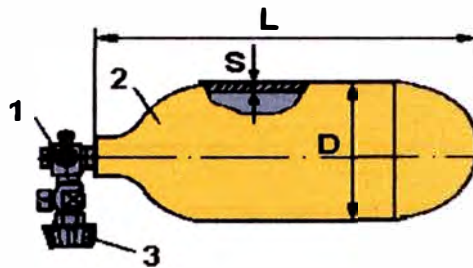
La relación de la masa por el volumen del balón es:

- 1,86 kg/l en balones de acero al carbono de 50 l de capacidad.
- 1,12 kg/l en balones de acero aleado de 50 l de capacidad.
- 0,61...0,69 en balones metálicos - plásticos de 34 a 97 l de capacidad.
- 0,57.....0,67 en balones de materiales compuestos de 84 a 120 l de capacidad

**Las características técnicas más importantes de los balones para GNC se detallan en la tabla adjunta:**

Parámetro	Balones de acero	
	Acero aleado	Acero al carbono
➤ Presión máxima de trabajo Mpa	20	20
➤ Presión de ensayos hidroneumáticas, Mpa		
➤ Pruebas Hidráulicas	30	30
➤ Pruebas Neumáticas	20	20
➤ Duración de los ensayos, min	1	1
➤ Volumen del balón (normal), l	50	50
➤ Longitud del balón (nominal), mm	1660	1750
➤ Espesor de la pared, mm	6,5	9,3
➤ Masa del Balón (nominal), Kg	62,5	93
➤ Relación masa entre volumen	1,25	1,85

### 2.8.1 Datos Constructivos para el Cálculo de un Balón de Gas Natural Comprimido (GNC)



**Fig. 12.** Partes del balón GNC 1.-racor de entrada, 2.-balón, 3.- válvula de abastecimiento

La resistencia del material de los balones de GNC se calcula de la siguiente forma:

El espesor mínimo de la pared del balón se calcula con la fórmula:

$$S_{\min} = \frac{P_r D}{2 * \left( \frac{\sigma_t}{\varphi_{\sigma_t}} + P_r \right)}$$

Donde:

$p_{tr}$  - presión de trabajo del balón, bar:

$\sigma_t$  → Límite de fluencia del material, bar.

$\varphi_{\sigma_t}$ , Coeficiente de seguridad de resistencia temporal a la rotura (explosión).

El acero al carbono que se emplea en la construcción de balones de GNC tiene  $\sigma_t = 650$  Mpa.

El acero aleado tiene  $\sigma_t = 950$  . 1000 Mpa.

El coeficiente de seguridad de resistencia temporal a la rotura es igual

$$\varphi_{\sigma_t} = \varphi_{\sigma_s} \sigma_t / \sigma_s$$

Donde:

$\varphi_{\sigma_s}$  - el coeficiente de seguridad de resistencia a la fluencia y es igual a:

$$\varphi_{\sigma_s} = 1,5 / 0,9 = 1,67$$

Las cifras en el numerado y denominador significan:

El cálculo de resistencia de los balones se realiza con el criterio de asegurar que la tensión en las paredes no exceda el 90% del límite de fluencia del material, por ello en el denominador la cifra 0.9.

La cifra 1.5, significa que la prueba hidráulica se realiza con una presión que debe ser 1,5 veces la presión de trabajo.

En consecuencia, el valor del coeficiente de seguridad de resistencia temporal a la rotura para los aceros que se utilizan en la fabricación de estos balones es:

- Para balones de acero al carbono:

$$\varphi_{\sigma_t} = 1,67 * 650 / 380 = 2,85$$

- Para balones de acero aleado:

$$\varphi_{\sigma_t} = 1,67 * 950 / 610 = 2,6$$

Ejemplo:

$$S_{\min} = \frac{P_{tr} D}{2 \left( \frac{\sigma_t}{\varphi_{\sigma_t}} + P_{tr} \right)}$$

$P_{tr} =$	200		$\sigma_t =$	6500	9500
$D =$	219	335	$\varphi_{\sigma_t} =$	2,85	2,6

Calculo del espesor de la pared de un balón para GNC mm para 50 l.

Acero al carbono	$S_{\min} =$	8,83	13,50
Acero aleado	$S_{\min} =$	5,68	8,69

### **2.8.2 Pruebas de los balones de Gas Natural Comprimido. (GNC)**

Los balones de GNC son inspeccionados periódicamente de conformidad con normas de control y pruebas de balones de alta presión.

La inspección y control de los balones de GNC deben incluir los siguientes pasos:

- desmontaje de accesorios (válvulas, uniones)
- lavado y desgasificación de los balones
- inspección de las superficies internas y externas de los balones
- control de las masas y volúmenes de los balones
- realización de pruebas hidráulicas
- secado de los balones
- montaje de los accesorios
- prueba de hermeticidad de las válvulas y uniones roscadas bajo presión de 19,6 Mpa.

En los siguientes casos los balones se desechan:

- presencia de fisuras, abolladuras, rasguños con una profundidad mayor de 10% del espesor de la pared del balón.
- desgaste de las superficies roscadas.
- aumento de su volumen en más de 1,5 %
- disminución de su masa en! más de 7,5%

## CAPITULO 3

### LOS PROBLEMAS DE LA CONVERSIÓN DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA A GAS.

Consideraciones generales en la conversión de vehículos de encendido por chispa, al elegir una marca de vehículo.

- 1 Un equipo versátil y con desarrollo tecnológico que aproveche los adelantos técnicos de su vehículo para lograr la máxima economía.
- 2 Optimización de tamaño de sus componentes para que se adapten a su vehículo.
- 3 Disponibilidad de tamaños de cilindros para instalar el más adecuado para su vehículo logrando más autonomía.
- 4 Disponibilidad permanente de un amplio stock de repuestos.
- 5 Válvula de carga externa para cargar gas sin abrir la tapa del motor.

#### 3.1 REDUCCIÓN DE POTENCIA.

El gas natural tiene unas propiedades caloríficas y energéticas superiores o similares a las de la gasolina, con altas relaciones de compresión, en el orden de 12 a 1.

Como los motores usuales de los vehículos tienen relaciones de compresión en el rango de 9 a 10 al funcionar con gas natural pierden potencia, y no se pueden subir a 12, ó más, porque cuando funcionan con gasolina se dañarían. Hay que recordar que el motor convertido queda en sistema dual: prende en gasolina y

luego cambia a gas, en caso de que se acabe el gas, sigue funcionando con gasolina con sólo activar conmutador.

Diversas fuentes señalan que los motores gasolineros convertidos a GNC pierden potencia debido al menor poder calorífico de la mezcla carburante, a la disminución del coeficiente de llenado y al mayor coeficiente real de variación molecular

Los nuevos equipos de alimentación de GNC para vehículos con motor de encendido por chispa, están compuestos, por una válvula de carga (para el abastecimiento), el reductor de presión de tres etapas, un cilindro de almacenamiento y su correspondiente válvula de retención, y las distintas mangueras y tuberías de alta y baja presión. Esos son los elementos básicos que están incluidos en el kit para un auto con motor carburado. Para los motores de inyección de gasolina los equipos cuentan (además de los elementos mencionados) con un simulador de inyección, un dispositivo electrónico que "engaña" al motor del vehículo, que es alimentado con GNC pero "cree" que recibe gasolina. Además lo protege de un arranque seco, con un comando que primero suministra gasolina, y automáticamente, comienza a funcionar con GNC al superar las 1.200 r.p.m. El sistema se complementa además con un variador del avance y un emulador de sonda lambda.

### **3.1.1 Mantenimiento**

Los vehículos equipados con GNC no llevan ningún mantenimiento especial, sin embargo, unos consejos nunca hacen mal a nadie.

- 1 Se aconseja realizar un mantenimiento programado, con particular atención al encendido y a la instalación eléctrica. cada 15.000 Km controlar que la instalación eléctrica trabaje en forma eficiente, que no haya formación de óxido en las conexiones y cambiar las bujías.

- 2 Cada 30.000 km hacer controlar por el instalador que no haya acumulación de aceite u otros residuos en el interior del reductor de presión.
- 3 Verificar que el filtro de aire no esté sucio. Esto afecta la regulación y aumenta el consumo.
- 4 Dos veces al año vaciar el contenido del sistema de enfriamiento del motor y reemplazarlo con agua desmineralizada y el anticorrosivo-refrigerante recomendado por su mecánico. Es fundamental que el sistema esté limpio para que pueda funcionar correctamente el regulador de presión que alimenta el motor. Dicho regulador debe ser calentado por el agua que circula por el sistema de enfriamiento del motor, y si dicho sistema está sucio, no habrá una correcta transmisión de calor en el regulador de presión.

## **PREGUNTAS FRECUENTES DE LAS PERSONAS PARA LA CONVERSION DE VEHÍCULOS DE ENCENDIDO POR CHISPA A GAS.**

### **3.2.1 Tipo de vehículos con motores de encendido por chispa que pueden convertirse a GNC.**

Todo vehículo que funcione con gasolina, ya sea que tenga carburador o sistema de inyección electrónica de combustible puede ser convertido a gas.

Se han desarrollado todos los componentes electrónicos necesarios para que los vehículos funcionen con gas natural de igual forma que lo hacen con gasolina.

### **3.2.2 Tecnología actual de Vehículos a GNV.**

Los recientes adelantos en la tecnología de Vehículos a GNV mantendrán a la industria en la pista, viendo la tecnología más avanzada de los fabricantes automotores principales La industria de los Vehículos a GNV

se ha focalizado principalmente en la investigación y el desarrollo de las áreas de infraestructura, tecnología de vehículos y motores y la reducción de las emisiones de los Vehículos a GNV.

### **3.2.3 Comportamiento de los balones frente a un accidente.**

Un cilindro de gas presurizado constituye el componente más firme del vehículo. Vehículos que han sido totalmente destruidos en colisiones muestran como único componente discernible el cilindro de gas intacto. Es improbable que se rompan los cilindros con el impacto de una colisión. Con respecto al peligro de fuego derivado de un cilindro con filtraciones, todo lo que tenemos es la experiencia a la fecha que indica que tal evento es poco probable. En Norte América hubo un problema con un fabricante específico que tenía filtraciones, pero nunca se ha producido un incendio. El riesgo de fuego derivado de cilindros con filtraciones debe ser bajo, existe más de un millón y medio de instalaciones de vehículos de gas natural comprimido en el mundo y que no han experimentado dicho problema, el gas natural es más liviano que el aire, y en la eventualidad probabilidad de una filtración en tubería o de un contenedor, el gas se disipará rápidamente hacia arriba.

### **3.2.4 Consideraciones de seguridad con combustibles gaseosos.**

Las normas de seguridad para todos los combustibles, sean líquidos o gaseosos, generalmente aseguran que el riesgo de un incendio a condiciones normales de operación sea muy bajo. De modo que, en términos generales, en el evento de una colisión o falla del equipo que se presentará un riesgo. Como sucede con la mayoría de los combustibles, el principal riesgo proviene de una filtración, sea durante la operación de llenado, o la operación del equipo, en una colisión, etc.

Para que existe un incendio o una explosión tiene que cumplir tres requisitos: Primero la filtración del combustible, segundo la situación donde



la mezcla del combustible con aire sea una mezcla que esté dentro del rango de inflamabilidad, y tercero, que exista una fuente de ignición. En la mayoría de los gases se le agrega un odorizante de modo que una filtración pueda ser detectada por gente en la vecindad.

Una vez que ocurre una filtración y se encuentra presente una fuente de ignición, una chispa o llama abierta de suficiente energía, tiene que existir una mezcla del gas dentro del rango de inflamabilidad. La posibilidad de que se presente esta mezcla inflamable es menor para gas natural que para GLP, el gas natural es más liviano que el aire y tiende a disiparse. El vapor del GLP es más pesado que el aire y tiende a formar "pozas" cerca del suelo. Generalmente es aceptada la clasificación de los distintos combustibles automotores, desde el punto de vista de seguridad, desde el petróleo diesel como él más seguro, hasta el GLP como el más peligroso, los combustibles de alcohol, metano y gasolina en el medio del rango. Pero en todos los casos se requiere una falla del equipo o un accidente para que se presenten las condiciones para un incendio. Las medidas de seguridad incluyen un estricto cumplimiento con las normas para la instalación y operación de los equipos y la aplicación de cuidado y sentido común.

### **3.2.5 Manejo de cilindros lleno de gas a presión.**

Los cilindros se fabrican y prueban de acuerdo con normas muy estrictas de seguridad y han resistido ensayos de resistencia severa bajo condiciones mucho más exigentes que los estanques diseñados para almacenar gasolina. Se usan cilindros de aluminio reforzado de paredes gruesas, cilindros de acero o materiales 100 % compuestos para almacenar gas natural vehicular como combustible automotriz. Se han sometido vehículos a gas natural a colisiones de prueba hasta 84 Km/h, en los cuales los vehículos han quedado totalmente destruidos, pero los

cilindros de gas comprimido han mostrado muy poco o ningún daño. Ensayos con fuego y dinamita han llevado a los Cilindros hasta temperaturas y presiones que exceden los límites especificados, demostrando que los cilindros para gas natural vehicular son duraderos y seguros. Naturalmente, como todo sistema de combustible, estos cilindros no son indestructibles y deben inspeccionarse periódicamente para asegurar que no han sufrido daños superficiales.

## CAPITULO 4

### PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL CÁLCULO TÉRMICO DE UN MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA, CONVERTIDO A GNC.

#### 4.1 CALCULO TÉRMICO DE UN MOTOR A GAS DE ENCENDIDO POR CHISPA DE CUATRO TIEMPOS.

##### 4.1.1 Finalidad

El cálculo térmico de los motores a gas tiene la finalidad de determinar analíticamente los parámetros energéticos del motor.

En la metodología propuesta, los cálculos corresponden al régimen nominal de velocidad del motor y a plena carga, es decir, es el régimen donde la mariposa de gases está completamente abierta.

#### 4.2 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES GASEOSOS.

##### 4.2.1 Propiedades físico - químicas del gas y de mezclas aire – gas

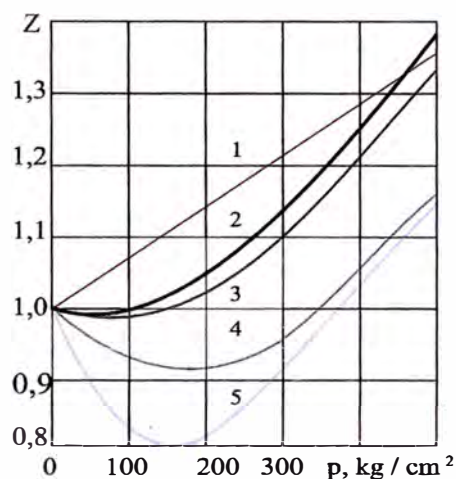
###### 4.2.1.1 *Coefficiente de compresibilidad*

Toma en cuenta la disminución del volumen molar de una mezcla de gas ante el aumento considerable de la presión respecto del volumen molar de un gas ideal.

En todos los casos, el coeficiente de compresibilidad se toma en cuenta cuando se requiere determinar la cantidad real del gas a presiones por encima de 20 kg/cm<sup>2</sup>, que es el caso del gas natural comprimido. De la figura se desprende que el comportamiento del coeficiente de compresibilidad del metano y del hidrógeno en rangos de presión menores

que  $375 \text{ kg/cm}^2$  es inversa.

En el caso del metano  $Z < 1$ , mientras que para el hidrógeno  $z > 1$ . Esto significa que si, aumentamos dentro del recipiente que los contiene la presión desde  $p_1$  hasta  $p_2$  la cantidad real de  $\text{CH}_4$ , será mayor que la obtenida con la ecuación de estado: en el caso del hidrógeno será menor.



**Fig. 14.** Coeficiente de compresibilidad en función de la presión (p.) para diferentes gases a una temperatura de  $0 - 10^\circ \text{C}$ . 1 – hidrógeno; 2 – nitrógeno; 3 – óxido de carbono; 4 – oxígeno; 5 - metano

Para calcular con una buena aproximación el coeficiente de compresibilidad del gas en función de la variación de la presión se puede emplear la fórmula siguiente:

$$z_{comp} 10^5 = \frac{(40,4 - 0,1p)}{\rho_0^{5,09 - 0,16\sqrt[3]{10p}}}$$

Donde:  $\rho_0$  - es la densidad en condiciones normales

#### 4.2.1.2 Poder calorífico

Es la cantidad de calor que se desprende al quemarse completamente  $1 \text{ m}^3$  de gas a  $20^\circ\text{C}$  y a la presión atmosférica.

El poder calorífico del combustible gaseoso no es equivalente al poder calorífico de su mezcla carburante (aire + gas natural).

Aun cuando el poder calorífico del gas natural es mayor que el poder de la

gasolina, no quede así con el poder calorífico de la mezcla carburante; es decir, la gasolina tiene mayor poder calorífico de su mezcla carburante que del gas natural.

Para los combustibles gaseosos el poder calorífico por lo general se expresa por unidad de volumen ( $m^3$  o mol) en este caso siempre se deberá establecer la temperatura y presión del gas, que determina la masa de la sustancia contenida en la unidad de volumen.

La composición y las propiedades del gas natural se evalúan con el número carbónico  $n$ , que define para un gas homogéneo el número de átomos de carbono en su molécula.

El gas está compuesto de distintos hidrocarburos y de balasto; entonces el número carbónico se determina como el valor medio de los números carbónicos de los distintos hidrocarburos considerando el balasto.

$$n = \frac{CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + \dots}{100 - (CO_2 + N_2)}$$

Donde:

$CH_4$ ,  $C_2H_6$  etc., son los componentes del gas natural tomados en % de volumen;  $CO_2$  y  $N_2$  es el balasto del gas.

G. F. Knorre. propuso la siguiente fórmula para calcular el poder calorífico inferior del gas natural, en  $MJ/m^3$ :

$$Q_H = 27,42354n + 8,3736$$

Cuando el coeficiente de exceso de aire es  $<1$  el poder calorífico disminuye debido a la combustión incompleta

$$H_{u(\alpha < 1)} = H_u - \Delta H_u = H_u \left( 1 - \frac{\Delta H_u}{H_u} \right) = H_u \eta_{c.inc}$$

Donde:  $\eta_{c.inc} = 1 - \left( \frac{\Delta H_u}{H_u} \right)$  es el coeficiente de combustión incompleta

La magnitud de  $\Delta H$  está determinada por la composición de  $CO_2$  y  $H_2$  en los Productos de combustión.

El poder calorífico de una unidad de volumen o unidad de masa viene a ser el parámetro energético más importante de un combustible.

Sin embargo, en el proceso de combustión real en un MCI, importa más el poder calorífico de la mezcla aire - combustible expresada a través de la siguiente fórmula:

$$h_u = \frac{H_u}{1 + \alpha L_o}$$

Donde:

$\alpha$  - coeficiente de exceso de aire

$L_o$  - cantidad estequiométrica de aire,  $m^3/m^3$

$H_o$  - poder calorífico inferior del combustible gaseoso,  $kJ/m^3$

Para el caso de la combustión incompleta, donde  $\alpha < 1$  de la mezcla será:

$$h_u = \frac{H_u - \Delta H_u}{1 + \alpha L_o} = \frac{H_u}{1 + \alpha L_o} \eta_{c.inc}$$

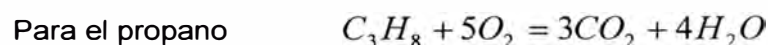
#### 4.2.1.3 Propiedad antidetonante de los combustibles gaseosos

Tanto el GLP como el GNC poseen mayor resistencia a la detonación durante el proceso de combustión.

Esta propiedad permite fabricar motores de encendido por chispa para funcionar solo con gas, pero con mayores índices de potencia y economía, debido a la mayor relación de compresión que tienen.

#### Coefficiente estequiométrico

Es la masa (volumen) de aire que teóricamente se necesita para quemar completamente el combustible, por ejemplo:





### Conclusión

Para quemar completamente una molécula de metano se requiere 2 moléculas de oxígeno. Así mismo, para quemar completamente una molécula de propano y butano respectivamente, se requiere de 5 y 6,5 moléculas de oxígeno. Como sabemos en el aire esta contenido el oxígeno en 21 %. En consecuencia, para quemar completamente 1m<sup>3</sup> metano, propano y butano respectivamente se necesitan 9, 5; 23,8 y 30,95 m<sup>3</sup> de aire respectivamente.

### 4.3 CANTIDAD ESTEQUIOMETRICA DE AIRE NECESARIA PARA QUEMAR UN COMBUSTIBLE GASEOSO.

Para un combustible gaseoso cuya fórmula química es  $C_nH_mO_r$ , se requiere una determinada cantidad de aire para quemar completamente dicho combustible. Esta cantidad de aire llamado aire estequiométrico se determina con la siguiente formula:

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \sum \left( n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) C_n H_m O_r$$

Donde:

n – número de átomos de carbono del combustible

m - número de átomos de hidrógeno del combustible

r - número de átomos de oxígeno contenido en el combustible

#### Coefficientes de exceso de aire

El mezclador debe satisfacer el requerimiento de un valor óptimo del coeficiente de exceso de aire ( $\alpha$ ) en función del régimen de funcionamiento del motor.

$$\alpha = \frac{G_a}{L_0 G_g}$$

$G_a$  - cantidad de aire que requiere el motor

$G_g$  - cantidad de gas que consume el motor

$L_0$  - cantidad estequiométrica del aire

### **Coefficiente del llenado ( $\eta_v$ )**

Es la cantidad de aire real que ingresa al motor respecto de la cantidad teórica del aire que ingresaría en condiciones normales.

$$\eta_v = \frac{G_{ar}}{G_{at}} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon - 1)(\gamma_r + 1)} \frac{p_a T_{m.carb}}{p_{m.carb} T_a}$$

Donde:

$\varepsilon$  - relación de compresión del motor

$\gamma_r$  - coeficiente de gases residuales

$p_{m.carb}$  - presión de la mezcla carburante

$p_a, T_a$  - presión y la temperatura de la mezcla carburante al final de la admisión.

En los motores que funcionan con **GLP** o **GNC** es menor el coeficiente de llenado, sobre todo en regímenes de altas velocidades, debido al incremento de las pérdidas hidráulicas por la presencia del mezclador.

#### **4.4 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA AL FINAL DEL PROCESO DE ADMISIÓN.**

De acuerdo con la ecuación de la 1era. Ley de la Termodinámica para el proceso de admisión, la temperatura al final del proceso de admisión será, con la fórmula:

$$T_a = \frac{T_{mez} + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}$$

Donde:

$T_a$  : temperatura al final de la admisión (°K)

$T_{mez}$  : temperatura de la mezcla carburante (°K)

$\Delta T$  : incremento de la temperatura de la mezcla carburante al entrar en contacto con los paredes calientes del sistema de admisión

$T_r$  : temperatura de los gases residuales.



$\gamma_r$  : coeficiente de gases residuales

### Cálculo del coeficiente de llenado

Transformando la ecuación general del coeficiente de llenado obtenemos:

$$n_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_a}{P_{mez}} \times \frac{T_{mez}}{T_{mez} + \Delta T + \gamma_r T_r}$$

O para motores de cuatro tiempos.

$$\eta_v = \frac{T_{m.carb}}{T_{m.carb} + \Delta T} \frac{1}{\varepsilon - 1} \left( \varepsilon \frac{P_a}{P_{m.carb.}} - \frac{P_r}{P_{m.carb.}} \right)$$

## 4.5. PARÁMETROS DEL PROCESO DE COMPRESIÓN

Cálculo de la presión al final del proceso de compresión

$$p_e = p_a \varepsilon^{n_1}$$

Donde:

$p_a$  : presión de la mezcla carburante al final del proceso de admisión.

$n_1$  : índice politrópico de compresión

$\varepsilon$  : Relación de compresión del motor.

Cálculo de la temperatura al final del proceso de compresión  $T_c$  (K)

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}$$

## 4.6. PARÁMETROS DE LA SUSTANCIA DE TRABAJO (CONDICIONES NORMALES)

Cálculo de la cantidad teórica necesaria de aire para la combustión del gas

$$L_o = \frac{1}{0.21} \left( n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) C_n H_m O_r, \frac{\text{kmol}(m^3) \text{ de aire}}{\text{kmol}(m^3) \text{ de comb}}$$

Cálculo de la cantidad de carga fresca que ingresa en los cilindros del motor, (kmol).

$$M_1 = 1 + \alpha L_o$$

Cálculo del poder calorífico de la mezcla carburante

$$Q_{mez} = \frac{Q_H}{M_1} \text{ MJ/m}^3$$

Cálculo de la cantidad de componentes de los productos de la combustión kmol (m<sup>3</sup>)

$$M_{CO_2} = \sum n(C_n H_m O_r)$$

$$M_{O_2} = 0.21(\alpha - 1)L_o$$

$$M_{H_2O} = \sum \frac{m}{2}(C_n H_m O_r)$$

$$M_{N_2} = 0.79L_o + N_2$$

Cálculo de la cantidad total de los productos de la combustión: kmol (m<sup>3</sup>)

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} = \sum (n + \frac{m}{2})C_n H_m O_r + (\alpha - 0,21)L_o + N_2$$

Cálculo de la variación molecular:

$$\Delta M = M_2 - M_1$$

Cálculo del coeficiente teórico variación molecular  $\beta_o$

$$\beta_o = \frac{M_2}{M_1}$$

Cálculo coeficiente real de variación molecular  $\beta$

$$\beta = \frac{M_z}{M_c} = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} = \frac{\beta_o + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

Cálculo de la fracción molar o volumétrica de los productos de la combustión

$$\gamma_i = \frac{M_i}{M_2}, \text{ luego}$$

$$\gamma_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_2}$$

$$\gamma_{O_2} = \frac{M_{O_2}}{M_2}$$

$$\gamma_{H_2O} = \frac{M_{H_2O}}{M_2}$$

$$\gamma_{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M_2}$$

Cálculo de la capacidad calorífica molar media a  $V = \text{cte.}$  de la carga fresca (mezcla carburante) al final del proceso de compresión

$$\mu C_{v_c} = 20.160 + 1.738 \times 10^{-3} \times T_c \text{ KJ / Kmol} \cdot K$$

$$\mu C_{v_c} = 20.160 + 2.755 \times 10^{-3} \times T_c \text{ KJ / Kmol}^\circ C$$

Cálculo de la capacidad calorífica molar media de  $c/u$  de los componentes de los productos de la combustión, en función de la temperatura al final del proceso de compresión. Para este fin utilizaremos las formulas propuestas por el profesor MAJALDIANI, que se muestran a continuación:

Gas	En los límites de 0 a 1500°C	En los límites de 1500 a 3000°C
$O_2$	$\mu C_v = 21.130 + 0.0034t$ $\mu C_p = 29.444 + 0.00340t$	$\mu V_c = 23.656 + 0.001558t$ $\mu V_p = 31.970 + 0.001558t$
$N_2$	$\mu C_v = 20.419 + 0.002486t$ $\mu C_p = 28.733 + 0.00286t$	$\mu V_c = 22.374 + 0.001424t$ $\mu V_p = 30.688 + 0.001424t$
AIRE	$\mu C_v = 20.484 + 0.002687t$ $\mu C_p = 28.798 + 0.002687t$	$\mu V_c = 22.374 + 0.001424t$ $\mu V_p = 30.688 + 0.001424t$
$H_2O$	$\mu C_v = 24.715 + 0.005604t$ $\mu C_p = 33.029 + 0.005604t$	$\mu V_c = 27.235 + 0.003909t$ $\mu V_p = 35.549 + 0.003909t$
$CO_2$	$\mu C_v = 29.762 + 0.010749t$ $\mu C_p = 38.076 + 0.010749t$	$\mu V_c = 39.888 + 0.003184t$ $\mu V_p = 48.202 + 0.003184t$

La capacidad calorífica molar media de todos los productos de la combustión es:

$$(\mu C_v)'' = \sum (\mu C_v)_i \gamma_i$$

Donde:

$(\mu C_v)_i$  Capacidad calorífica media a volumen constante de un componente dado

$\gamma_i$  Es la fracción en volumen del componente en los productos de la combustión

Cálculo de la capacidad calorífica molar media a  $V = \text{const.}$  de cada uno de los componentes de los productos de la combustión al final del proceso de combustión

donde la temperatura es  $t_z$

Para el  $O_2 \rightarrow \mu C_v$

Para el  $H_2O \rightarrow \mu C_v$

Para el  $N_2 \rightarrow \mu C_v$

Para el  $CO_2 \rightarrow \mu C_v$

Cálculo de la capacidad calorífica molar media a  $V = \text{const.}$  de los productos de la

Combustión a la temperatura.  $t_z$

$$(\mu C_v)_z'' = \sum (\mu C_v)_i \gamma_i = (\mu C_v)_{CO_2} \gamma_{CO_2} + (\mu C_v)_{H_2O} \gamma_{H_2O} + (\mu C_v)_{O_2} \gamma_{O_2} + (\mu C_v)_{N_2} \gamma_{N_2}$$

#### 4.7 PARÁMETROS DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN.

Cálculo para los motores de encendido por chispa a gas, la ecuación de la combustión

$$\frac{\xi_z (22.4 * Q_H)}{(1 + \gamma_r) M_1} + \frac{U_c + \gamma_r U_c''}{1 + \gamma_r} = \beta U_z''$$

Donde:

$U_c = (\mu C_v)_c t_c$  -Energía interna de la mezcla carburante en el punto c.

$U_c'' = (\mu C_v)''_c t_c$  -Energía interna de los gases residuales en el punto c

$U_z'' = (\mu C_v)''_z t_z$  -Energía interna de productos de la combustión en el punto z

$\xi_z$  Coeficiente de desprendimiento de calor es 0.8... 0.9

Resolviendo esta ecuación se calcula la temperatura máxima del ciclo  $T_z$ . luego:

Cálculo de la presión máxima teórica del ciclo:

$$p_z = \beta \frac{T_z}{T_c} p_c$$

Cálculo del grado de elevación de la presión  $\lambda$

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c}$$

Cálculo de la presión máxima real del ciclo (Mpa).

$$p_z' = 0.85 p_z$$

Donde: 0,85 es el valor el coeficiente de corrección de la presión máxima.

#### 4.8. PARÁMETROS DEL PROCESO DE EXPANSIÓN

Cálculo de la presión al final del proceso de expansión

$$p_b = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}}$$

Cálculo de la temperatura al final de la expansión

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}}$$

Cálculo de comprobación de la temperatura de los gases residuales

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_r}}}$$

#### 4.9. PARÁMETROS INDICADOS DEL CICLO DE TRABAJO EN EL CONJUNTO DEL MOTOR.

Cálculo de la presión media indicada teórica del ciclo.

$$p_{iteor} = p_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right]$$

Cálculo de la presión media indicada real del ciclo.

$$p_i = \varphi \cdot p_{iteor}$$

Donde:

$\varphi$  : Coeficiente de plenitud del diagrama indicado e igual a 0.94....0.97 (los valores más bajos se toman para los motores rápidos)

Cálculo del rendimiento indicado

$$\eta_i = 8.314 \frac{M_1 p_i T_{mez}}{(22,4 Q_H) \eta_v x p_{mez}}$$

Cálculo del gasto volumétrico específico indicado a 0°C y 1 atm.  $\frac{m^3}{(Kw-h)}$

$$V_i = \frac{3.6}{Q_H \eta_i}$$

Donde:  $Q_H = MJ/m^3$   $V_i = m^3/(Kw-h)$

Cálculo del consumo específico indicado de calor (MJ/Kw-h)

$$q_i = V_i Q_H$$

#### 4.10 PARÁMETROS EFECTIVOS DEL CICLO DE TRABAJO EN CONJUNTO DEL MOTOR.

Cálculo de la presión media efectivo

$$p_e = p_i \times \eta_m$$

Donde:

$\eta_m$  : es el rendimiento mecánico del motor, para el gas = 0.75... 0.85

Cálculo de la eficiencia efectiva del motor

$$\eta_e = \eta_i \eta_m$$

Cálculo del consumo específico efectivo de calor

$$q_e = V_e Q_H \frac{MJ}{kw-h}$$

Cálculo de la potencia efectiva del motor

$$N_e = \frac{p_e V_h n}{30\tau}$$

Donde:  $V_h$  – Cilindrada total del motor (L).

$n$  – Frecuencia de rotación del motor (r.p.m).

$\tau$  – Número de tiempos del motor.

## CAPITULO 5

### APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA AL MOTOR YARIS HATCHBACK-TOYOTA 2004 TIPO 2NZ-FE

Cálculo del poder calorífico interior de GNC (MJ/m<sup>3</sup>) gas

$$Q_H = 27,42354\eta_H + 8,3736 \quad \eta_H = \frac{CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + \dots}{100 - (CO_2 + N_2)}$$

$$CH_4 = 92 \quad C_2H_6 = 1.5 \quad C_3H_8 = 1.5 \quad (CO_2 + N_2) = 5$$

$$\eta_H = 1,047$$

$$Q_H = 37,0961 \quad 37096,150 \text{ KJ/m}^3$$

Cálculo cantidad teórica de aire (kmol o m<sup>3</sup>) necesario para la combustión de 1 mol o 1 m<sup>3</sup> de combustible gaseoso.

$$L_o = \frac{1}{0.21} \sum \left( n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) C_n H_m O_r$$

$$L_o = \frac{1}{0.21} \left[ 2 \times 0.92 + \left( 2 + \frac{6}{4} \right) 0.015 + \left( 3 + \frac{8}{4} \right) 0.015 + \left( 1 - \frac{2}{2} \right) 0.05 \right]$$

$$L_{o=} 9,369$$

Cálculo de la temperatura de la mezcla carburante(°k)

$$T_{MEZ} = (\alpha L_o T_o + T_g) / (1 + \alpha L_o)$$

$$\alpha = 0,97 \quad \eta_1 = 1,32$$

$$T_o = 288 \quad T_g = 325$$

$$T_\gamma = 1020 \quad T_{mez=} 291,67$$

Cálculo de coeficiente de Gases Residuales ( $\gamma_\gamma$ )

$$\gamma_r = \frac{T_{mez} + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_\gamma}{\epsilon P_a - P_\gamma}$$

$$\Delta T = 20 \quad P_\gamma = 0,1$$

$$\epsilon = 10,5 \quad P_{mez} = 0,095$$

$$\rho_a = 0,068$$

$$\gamma_r = 0,050$$

Cálculo de la Temperatura al final de la admisión (°k)

$$T_a = \frac{T_{mez} + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r} \quad T_a = 345,247$$

Cálculo coeficiente de llenado

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{Pa}{P_{mez}} \times \frac{T_{mez}}{T_{mez} + \Delta T + \gamma_r T_r} \quad \eta_v = 0,637$$

Cálculo de la presión al final del proceso de compresión (Mpa)

$$P_c = P_a \varepsilon^{\eta_v} \quad P_c = 1,515$$

Cálculo de la temperatura al final del proceso de compresión (°K)

$$T_c = T_a \varepsilon^{\eta_v - 1} \quad T_c = 732,673 \quad 459,673$$

#### IV parámetros de la sustancia de trabajo (en condiciones normales)

Cálculo de la cantidad teórica necesaria de aire para la combustión de gas

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \left( n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) C_n H_m O_r, \frac{\text{kmol (m}^3\text{) de aire}}{\text{kmol (m}^3\text{) de comb}}$$

$$L_0 = 7.1 n_H + 2.3$$

Cálculo cantidad de carga fresca kmol (m<sup>3</sup>) por 1 kmol (m<sup>3</sup>) de combustible

$$M_1 = 1 + \alpha L_0 \quad M_1 = 10,088$$

Cálculo del poder calorífico de la mezcla carburante MJ/m<sup>3</sup>mezcla

$$Q_{mez} = \frac{Q_H}{M_1} \quad Q_{mez} = 3,677$$

Cálculo de la cantidad de componentes de los productos de la combustión, kmol (m<sup>3</sup>)

$$M_{CO_2} = \sum n(C_n H_m O_r) \quad M_{O_2} = 0.21 (\alpha - 1) L_0$$

$$M_{H_2O} = \sum \frac{m}{2} (C_n H_m O_r) \quad M_{N_2} = 0.79 L_0 + N_2$$

Hidrocarburos en porcentaje

CH <sub>4</sub> =	0,92
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> =	0,015
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> =	0,015
N <sub>2</sub> =	0,05



$$M_{CO_2} = 0,995$$

$$M_{H_2O} = 1,945$$

$$M_{O_2} = -0,059$$

$$M_{N_2} = 7,452$$

Cálculo de la cantidad de los productos de la combustión kmol (m<sup>3</sup>)

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}$$

$$M_2 = 10,333$$

Cálculo del coeficiente de variación molecular  $\beta_o$

$$\beta_o = \frac{M_2}{M_1}$$

$$\beta_o = 1,0242$$

Cálculo del coeficiente real de variación molecular  $\beta$

$$\beta = \frac{M_z}{M_c} = \frac{\beta_o + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

$$\beta = 1,023$$

Cálculo de la fracción de cada componente e los productos de la combustión

$$\gamma_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_2} \quad \gamma_{CO_2} = 0,096$$

$$\gamma_{H_2O} = \frac{M_{H_2O}}{M_2} \quad \gamma_{H_2O} = 0,188$$

$$\gamma_{O_2} = \frac{M_{O_2}}{M_2} \quad \gamma_{O_2} = -0,006$$

$$\gamma_{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M_2} \quad \gamma_{N_2} = 0,721$$

Cálculo de la capacidad molar media de la carga fresca a la temperatura  $T_c$

$$\mu_{c_{V_c}} = 20.160 + 1.738 \cdot 10^{-3} \cdot T_c \quad \text{KJ/Kmol } ^\circ\text{K}$$

$$\mu_{c_{V_c}} = 20.160 + 2.755 \times 10^{-3} \times T_c \quad \text{KJ/Kmol } ^\circ\text{C}$$

$$\mu_{c_{V_c}} = 21,426$$

Para hallar la capacidad calorífica media de todos los productos de la combustión a una determinada temperatura asumimos los productos de las capacidades caloríficas de cada componente por sus fracciones volumétricas. KJ/Kmol °C

$$(\mu_{c_V})^* = \sum (\mu_{c_V})_i \gamma_i$$

Cálculo de la capacidad calorífica molar media a volumen constante de c/u de los componentes de los productos de combustión, en el punto donde la temperatura  $T_c$

$Q_2$	$\mu C_v = 21.130 + 0.0034t$
$N_2$	$\mu C_v = 20.419 + 0.002486 t$
$H_2O$	$\mu C_v = 24.715 + 0.005604 t$
$CO_2$	$\mu C_v = 29.762 + 0.010749 t$
$O_2$	$\mu c_v = 22,693$
$N_2$	$\mu c_v = 21,559$
$H_2O$	$\mu c_v = 27,291$
$CO_2$	$\mu c_v = 34,70$

Cálculo de la capacidad calorífica molar media de los gases residuales a la temperatura  $t_c$ , KJ/Kmol °C

$$(\mu C_v)_c = \sum (\mu C_v)_i \gamma_i = (\mu C_v)_{CO_2} \gamma_{CO_2} + (\mu C_v)_{H_2O} \gamma_{H_2O} + (\mu C_v)_{O_2} \gamma_{O_2} + (\mu C_v)_{N_2} \gamma_{N_2}$$

$$(\mu c_v)_c = 23,897$$

La energía interna que se conoce en el punto C será KJ/Kmol

$$U_c = (\mu c_v)_c * t_c \quad U_c = 9849,138$$

$$U_c^* = (\mu c_v)_c^* * t_c \quad U_c^* = 10984,923$$

Calcular la capacidad calorífica molar media a v const. C/u de los componentes de los productos de combustión en el punto temperatura  $t_z$  (°C)

	$T_z = 2600$
$O_2$	$(\mu c_v)_z = 23.656 + 0.001558t$
$N_2$	$(\mu c_v)_z = 22.374 + 0.001421t$
$H_2O$	$(\mu c_v)_z = 27.235 + 0.003909t$
$CO_2$	$(\mu c_v)_z = 39.888 + 0.003184t$
$O_2$	$(\mu c_v)_z = 27,707$
$N_2$	$(\mu c_v)_z = 26,07$
$H_2O$	$(\mu c_v)_z = 37,40$
$CO_2$	$(\mu c_v)_z = 48,17$

Cálculo de la capacidad calorífica molar media de los productos de la combustión a temperatura  $t_z$

$$(\mu C_v)_Z = \sum (\mu C_v)_i \gamma_i = (\mu C_v)_{CO_2} \gamma_{CO_2} + (\mu C_v)_{H_2O} \gamma_{H_2O} + (\mu C_v)_{O_2} \gamma_{O_2} + (\mu C_v)_{N_2} \gamma_{N_2}$$

$$(\mu c_v)_Z = 30,320$$

$$U_{Z(T_z)}'' = (\mu c_v)_Z'' * t_z = 78831,85$$

## V. Parámetros del proceso de combustión

Para los motores encendido por chispa a gas, la ecuación de la combustión es:

:

$$\frac{1}{\beta} \left[ \frac{\xi(22.4 * Q_H)}{(1 + \gamma_\gamma) M_1} + \frac{U_C + \gamma_\gamma U_C^*}{1 + \gamma_\gamma} \right] = U_Z^* \quad \xi_Z \quad 0,84$$

$$U_Z^* = 80674,72$$

Calcular la capacidad calorífica molar media a v const. C/u de los componentes de los productos de combustión en el punto temperatura  $t_z$  (°C)

$$T_z = 2700$$

$O_2$	$(\mu c_v)_z'' = 23.656 + 0.001558t$
$N_2$	$(\mu c_v)_z'' = 22.374 + 0.001421t$
$H_2O$	$(\mu c_v)_z'' = 27.235 + 0.003909t$
$CO_2$	$(\mu c_v)_z'' = 39.888 + 0.003184t$
$O_2$	$(\mu c_v)_z'' = 27,863$
$N_2$	$(\mu c_v)_z'' = 26,211$
$H_2O$	$(\mu c_v)_z'' = 37,789$
$CO_2$	$(\mu c_v)_z'' = 48,485$

Cálculo de la capacidad calorífica molar media de los productos de la combustión a temperatura  $t_z$

$$(\mu C_v)_Z = \sum (\mu C_v)_i \gamma_i = (\mu C_v)_{CO_2} \gamma_{CO_2} + (\mu C_v)_{H_2O} \gamma_{H_2O} + (\mu C_v)_{O_2} \gamma_{O_2} + (\mu C_v)_{N_2} \gamma_{N_2}$$

$$(\mu c_v)_Z = 30,526$$

$$U_{Z(T_z)}'' = (\mu c_v)_Z'' * t_z = 82419,59$$

Cálculo de la Temperatura por aproximaciones

2600

78831,84665

$$\begin{array}{rcl}
 t_z & & 82419,5907 \\
 2700 & & 82419,59069 \\
 t_z = & 2700,0 & 2973,0
 \end{array}$$

Cálculo de la presión máxima del ciclo teórico (MPa)

$$P_z = \beta \frac{T_z}{T_c} P_c \quad P_z = 6,30$$

Cálculo de la presión máxima real del ciclo (Mpa)

$$P'_z = 0,85 P_z \quad P'_z = 5,353$$

Cálculo del grado de elevación de la presión  $\lambda$

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c} \quad \lambda = 4,16$$

## VI. Parámetros del proceso de expansión

Cálculo de la presión al final de la expansión Mpa.

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}} \quad n_2 = 1,3$$

$$P_b = 0,252$$

Cálculo de la temperatura al final de la expansión °K

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} \quad T_b = 1468,38$$

Cálculo de la comprobación de los gases residuales

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} \quad T_r = 1079,3$$

## VII. Parámetros indicados del ciclo del trabajo de un conjunto del motor

Cálculo de la presión indicada teórica Mpa.

$$P_{itor} = P_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon-1} \left[ \frac{\lambda}{n_2-1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1-1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right]$$

$$P_{itor} = 0,85$$

Cálculo de la presión media indicada real Mpa.

$$P_i = \varphi P_{itor} \quad \varphi = 0,97$$

$$P_i = 0,83$$

Cálculo del rendimiento indicado

$$\eta_i = 8.314 \frac{M_1 P_i T_{mez}}{(22.4 Q_H) \eta_V P_{mez}} \quad \eta_i = 0,404$$

Cálculo del gasto volumétrico específico indicado de gas a 0°C y 760 mm de Hg

$$v_i = \frac{3.6}{Q_H \eta_i} \quad \text{Donde: } Q_H - \text{MJ/m}^3 \text{ y } v_i - \text{m}^3/(\text{kw-h})$$

$$v_i = 0,240$$

Cálculo del consumo específico indicado de calor (MJ/kw-h)

$$q_i = v_i Q_H \quad q_i = 8,921$$

### VIII. Parámetros efectivos del trabajo en el conjunto del motor

Cálculo de la presión media efectiva del motor (Mpa)

$$p_e = p_i \eta_m \quad 0,85$$

Donde:  $\eta_m$  de 0.75... 0.85

$$p_e = 0,70$$

Cálculo de eficiencia efectiva del motor

$$\eta_e = \eta_i \eta_m \quad \eta_e = 0,34$$

cálculo volumétrico específico efectivo del gas a 0 °C y 760 mmHg (m<sup>3</sup>/kw-h)

$$v_e = \frac{v_i}{\eta_m} \quad v_e = 0,28$$

Cálculo específico efectivo de calor (kcal/cv-h) o (MJ/kw-h)

$$q_e = v_e Q_H \quad q_e = 10,50$$

Cálculo de la potencia efectiva del motor

$$N_e = \frac{p_e V_h n}{30 \cdot \tau}$$

$V_h$	cilindrada del motor (l)	1,3
$n$	r.p.m.	6000
$\tau$	nº de tiempos del motor	4

$$N_e = 45,81$$

### Cálculo termico de los motores a gasolina encendido por chispa

Cálculo de la cantidad teórica de aire necesaria para la combustión (kmol o m<sup>3</sup>)

$$L_o = \frac{1}{0,209} \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_c}{32} \right)$$

C =	0,885
H =	0,145

Poder calorífico inferior, MJ/m<sup>3</sup>

$$H_u = 44$$

$$L_o = 0,53$$

Cálculo de la cantidad real de aire que participa en la combustión (kmol o m<sup>3</sup>)

$$L = \alpha L_o \quad L = 0,510526316$$

Cálculo de la cantidad de la mezcla fresca (kmol o m<sup>3</sup>)

$$M_1 = \frac{1}{\mu_c} + \alpha L_o \quad \mu_c = 114$$

$$M_1 = 0,52$$

Cálculo de la cantidad de cada uno de los componentes de los productos de combustión (kmol o m<sup>3</sup>)

$$M_{co} = 0,42 \frac{1 - \alpha}{1 + K} L_o \quad K = 0,5$$

$$M_{co_2} = \frac{C}{12} - M_{co} \quad M_{H_2o} = \frac{H}{2} - M_{H_2}$$

$$M_{H_2} = KM_{co} \quad M_{N_2} = 0,79\alpha L_o$$

$$M_{co} = 0,0044$$

$$M_{co_2} = 0,069$$

$$M_{H_2} = 0,0022$$

$$M_{H_2o} = 0,070$$

$$M_{N_2} = 0,403$$

Cálculo de la cantidad total de los productos de la combustión (kmol o m<sup>3</sup>)

$$M_2 = M_{co} + M_{co_2} + M_{H_2} + M_{H_2o} + M_{N_2} \quad M_2 = 0,550$$

Cálculo del incremento de volumen (kmol o m<sup>3</sup>)

$$\Delta M = M_2 - M_1 \quad \Delta M = 0,030$$

Cálculo del coeficiente teórico de variación molecular

$$\mu_o = \frac{M_2}{M_1} \quad \mu_o = 1,06$$

Cálculo de la densidad de la carga en la admisión  $\rho_o$  (kg/m<sup>3</sup>)

$$\rho_o = P_o \mu_a / RT_o \quad \mu_a = 28,97$$

$$\rho_o = 1,246 \quad R = 8314$$

$$P_o = 0,103 \text{ Mpa}$$

Cálculo de la presión al final de admisión (Mpa)

$$P_a = P_o - (\beta^2 + \xi) \frac{w_{ad}^2}{2} \rho_o * 10^{-6} \quad (\beta^2 + \xi) = 3$$

$$w_{ad} = 104 \text{ m/s}$$

$$P_a = 0,083$$

Cálculo del coeficiente de gases residuales  $\gamma_r$

$$\gamma_r = \frac{T_o + \Delta T}{T_r} \frac{P_r}{\varepsilon P_a - P_r} \quad \text{Donde: } T_k = T_o$$

$$\gamma_r = 0,039$$

Cálculo de la temperatura al final de la admisión (°K)

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r} \quad \text{Donde: } T_k = T_o$$

$$T_a = 334,89$$

Cálculo coeficiente de llenado o el rendimiento volumétrico

$$\eta_v = \frac{T_o}{T_o + \Delta T} * \frac{1}{\varepsilon - 1} \left( \frac{\varepsilon P_a}{P_o} - \frac{P_r}{P_o} \right) \quad P_o = 0,103 \text{ Mpa}$$

$$\eta_v = 0,7351$$

### Parámetros del proceso de compresión

Cálculo de la presión al final de la compresión (Mpa)

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1} \quad n_1 = 1,34$$

$$P_c = 1,93$$

Cálculo de la temperatura al final de la compresión (°k)

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1} \quad T_c = \frac{K}{744,9247} \quad \frac{C}{471,925}$$

### Parámetros del proceso de combustión

Cálculo del coeficiente real de variación molecular ( $\beta$ )

$$\beta = \frac{\mu + \gamma_r}{1 + \gamma_r} \quad \beta = 1,056$$

Cálculo del calor no desprendido por efecto de la combustión incompleta (MJ/kmol).

$$(\Delta H_u)_{quim} = A(1 - \alpha)L_o \quad \text{Donde: } A = 114 * 10^6$$

$$(\Delta H_u)_{quim} = 1,800$$

Cálculo de la energía interna de un kmol de mezcla fresca al final del proceso de compresión a la temperatura  $T_c$

$$U_c = (\mu C_v)_c T_c$$

Cálculo del calor específico de la carga fresca por aproximación ( $\mu C_v$ )

$$\mu C_v \quad T_c$$

$$21 \quad 400$$

$$x \quad 471,9247$$

$$22 \quad 500$$

$$\mu C_v = 21,719 \text{ KJ/(kmol.}^\circ\text{C)}$$

$$U_C = 10249,849 \text{ KJ/kmol}$$

Cálculo de las fracciones volumétricas de cada una de los componentes

$$r_{CO} = \frac{M_{CO}}{M_2} \quad r_{CO} = 0,008$$

$$r_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_2} \quad r_{CO_2} = 0,1262$$

$$r_{H_2} = \frac{M_{H_2}}{M_2} \quad r_{H_2} = 0,004$$

$$r_{H_2O} = \frac{M_{H_2O}}{M_2} \quad r_{H_2O} = 0,128$$

$$r_{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M_2} \quad r_{N_2} = 0,734$$

Cálculo del calor específico molar de los productos de combustión al final del proceso de compresión Tc. (KJ/kmol-°C).

$\mu C_v$	$T_z$
21,474	400
$(\mu C_v)_{CO}$	471,9247
21,784	500
$(\mu C_v)_{CO} =$	21,70

34,935	400
$(\mu C_v)_{CO_2}$	471,9247
36,258	500
$(\mu C_v)_{CO_2} =$	35,89

20,871	400
$(\mu C_v)_{H_2}$	471,9247
20,934	500
$(\mu C_v)_{H_2} =$	20,92



26,775	400
$(\mu C_v)_{H_2O}$	471,9247
27,315	500
$(\mu C_v)_{H_2O} =$	27,163
21,185	400
$(\mu C_v)_{N_2}$	471,9247
21,449	500
$(\mu C_v)_{N_2} =$	21,375

Cálculo de la capacidad calorífica molar media de los gases residuales a la temperatura  $T_c$ . (KJ/kmol °C).

$$(\mu C_v)_c'' = \sum (\mu C_v)_i r_i$$

$$(\mu C_v)_c'' = (\mu C_v)_{CO} r_{CO} + (\mu C_v)_{CO_2} r_{CO_2} + (\mu C_v)_{H_2} r_{H_2} + (\mu C_v)_{H_2O} r_{H_2O} + (\mu C_v)_{N_2} r_{N_2}$$

$$(\mu C_v)_c'' = 23,947$$

Cálculo de la energía interna al final del proceso de compresión (KJ/kmol).

$$U_c^* = (\mu C_v)_c'' t_c \quad U_c^* = 11301,020$$

### Parámetros del proceso de combustión.

Los motores encendido por chispa a gasolina la ecuación de combustión es:

$$U_z^* = \frac{1}{\beta} \left[ \frac{\xi(H_u - (\Delta H_u)_{quim})}{(1 + \gamma_r) M_1} + \frac{U_c + \gamma_r U_c^*}{1 + \gamma_r} \right] \quad \xi = 0,85$$

$$U_z^* = 72678,32$$

Cálculo de la energía interna en los productos de combustión

	$T_z$	2400
70543,2		0,9
$x$		0,97
71588		1
$x$		71274,56
		2500
73882		0,9
$x$		0,97
74976		1
$x =$		74647,8

Cálculo de la temperatura  $T_z$  por aproximaciones

	2400	71274,56
$T_z$		72678,31871
	2500	74647,8
	$C$	$K$
$T_z =$	2441,61	2714,61

Cálculo de la presión máxima del ciclo teórico (Mpa).

$$P_z = \beta \frac{T_z}{T_C} P_C \quad P_z = 7,44$$

Cálculo de la presión máxima real del ciclo (Mpa)

$$P_z^* = 0,85 P_z \quad P_z^* = 6,32$$

Cálculo del grado de elevación de la presión  $\lambda$

$$\lambda = \frac{P_z}{P_C} \quad \lambda = 3,85$$

**Parámetros del proceso de expansión**

Cálculo de la presión al final de la expansión (Mpa)

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}} \quad n_2 = 1,27 \quad P_b = 0,38$$

Cálculo de la temperatura al final de la expansión (k)

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} \quad T_b = 1438,76$$

**Parámetros que caracterizan el ciclo de trabajo**

Cálculo de la presión indicada teórica (Mpa).

$$P_{iteor} = P_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right]$$

$$P_{iteor} = 1,034$$

Cálculo de la presión media indicada real (Mpa).

$$P_{ir} = \varphi P_{iteor.} \quad \varphi = 0,97$$

$$P_{ir} = 1,003$$

Cálculo de las pérdidas mecánicas (Mpa)

$$P_m = A + B v_p \quad \text{Donde: } S/D < 1$$

$$A = 0,04 \quad B = 0,0135$$

Asumiendo la velocidad media del pistón (m/s)  $v_p = 13$

$$P_m = 0,2155$$

Cálculo de la presión media efectiva del ciclo (Mpa).

$$P_e = P_i - P_m \quad P_e = 0,787$$

Cálculo de rendimiento mecanico

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} \quad \eta_m = 0,79$$

Cálculo del consumo específico indicado de combustible (g/kw-h)

$$g_i = 3600 \frac{\eta_v \rho_o}{P_i \alpha l_o} \quad g_i = 222,319$$

$$\text{Donde: } l_o = \mu_a L_o$$

Cálculo del consumo específico efectivo de combustible (g/kw-h)

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} \quad g_e = 283,163$$

Cálculo del rendimiento indicado del ciclo

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i H_u} \quad \eta_i = 0,37$$

Cálculo del rendimiento efectivo del ciclo.

$$\eta_e = \eta_i \eta_m \quad \eta_e = 0,289$$

Cálculo de la potencia efectiva del motor

Donde:

$V_h$ : cilindra del motor (l) 1,3

$n$  : rpm 6000

$\tau$  : numero de tiempos del motor. 4

$$N_e = \frac{P_e V_h n}{30 \tau} \quad N_e = 51,182$$

**CUADRO COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS DE UN MOTOR  
ENCENDIDO POR CHISPA CUANDO FUNCIONA  
CON GASOLINA Y CON GNC**

PARAMETROS	GASOLINA	GNC
Cantidad teórica de aire (kmol o m <sup>3</sup> ) (L <sub>o</sub> )	0,5263	9,3690
Coefficiente de gases residuales ( $\gamma_r$ )	0,0393	0,0498
Coefficiente de llenado o el rendimiento volumetrico ( $\eta_v$ )	0,7351	0,6367
Cantidad de la mezcla fresca (kmol o m <sup>3</sup> ) (M <sub>1</sub> )	0,5193	10,0880
Cantidad total de los productos de la combustion (kmol o m <sup>3</sup> ) (M <sub>2</sub> )	0,5496	10,3325
Incremento de volumen (kmol o m <sup>3</sup> ) ( $\Delta M$ )	0,0303	0,2445
Temperatura al final de admision °K (T <sub>a</sub> )	334,89	345,25

**Parametros de compresión**

Presión al final de compresión (Mpa) (P <sub>c</sub> )	1,9334	1,5152
Temperatura al final de la compresión °K (t <sub>c</sub> )	744,92	732,67
Coefficiente teórico de variación molecular ( $\mu_0$ )	1,0583	1,0242
Coefficiente real de variación molecular ( $\beta$ )	1,0561	1,0231
Energía interna al final del proceso de compresión (KJ/kmol)		
U <sub>c</sub> =	10249,8487	9849,13774
U <sub>c</sub> " =	11301,0197	10984,92255

**Parametros del proceso de combustión**

Energía interna del proceso de combustión según ecuación (U"z)	72678,3187	82419,59069
Temperatura de combustión (T <sub>z</sub> )	2714,61	2973,00
Presión máxima teórico del ciclo (Mpa) (P <sub>z</sub> )	7,4409	6,29747
Presión máxima real del ciclo (Mpa) (P"z)	6,3247	5,3528
Grado de elevación ( $\lambda$ )	3,8485	4,1561

**Parametros del proceso de expansión**

Presión al final de la expansión (Mpa) (P <sub>b</sub> )	0,3756	0,2518
Temperatura al final de la expansión °K (T <sub>b</sub> )	1438,76	1468,38

**Parametros indicados del ciclo de trabajo)**

Presión indicada teórica (Mpa) (P <sub>teórico</sub> )	1,0339	0,8547
Presión media indicada real (Mpa) (P <sub>ir</sub> )	1,0029	0,8291
Rendimiento indicado del ciclo	0,37	0,404

**Parametros efectivos**

Presión media efectiva del ciclo (Mpa)	0,79	0,70
Potencia efectiva del motor (kw).	51,182	45,81

**COMPARACION DE COSTOS DEL VEHICULO GASOLINERO Y GNC**

<b>PARÁMETROS DE LA UNIDAD VEHICULAR</b>	<b>GASOLINA</b>	<b>GNC</b>
Inversión US\$	6000	7200
O y M (sin combustión) US\$/año	3000	3000
Precio del combustible sin IGV soles/gl, soles/m <sup>3</sup>	12,29	1,80

Rendimiento km/gl	60	Tipo cambio US\$ soles	3,28
Recorrido km/día	240	Galón, litros	3,7853
Semana días	6	Tasa de interés anual	18%
Mes semana	4	m <sup>3</sup> , pc	35,31
Año, días	288	m <sup>3</sup> Equiv., l de gasolina	1,138

**Cálculo de costos del consumo por conversión vehicular gasolinero a GNC**

	<b>GASOLINA</b>	<b>GNC</b>
Consumo mensual de combustible, gl/mes, m <sup>3</sup> /mes	96	84,359
Costo variable de operación actual en US\$/km	0,062	0,030
Costo variable de O & M (sin comb.) recorrido años US\$/km	0,043	0,043
Costo variable total de operación, US\$/km	0,106	0,074

Cálculo del costo de operación US\$/mensual

	<b>GASOLINA</b>	<b>GNC</b>
Operación & mantenimiento	250	250,00
Combustible	359,71	175,24
Costo de operación	609,71	425,24

Ahorro del combustible entre la gasolina y en GNC US\$/km recorrido	0,032
Diferencia de inversión por conversión del vehiculo de gasolina a GNC US\$	1200
Retorno de inversión más el interés a la entidad financiera anual	1416

**Ahorro por utilizar el GNC en US\$/mensual** **184,47**Tiempo de periodo de retorno de inversión más interés a la financiera **8**

## CAPITULO 6

### ANALISIS DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP) N° 111-015 Y NORMA TÉCNICA ARGENTINA GE N° 1-116

NORMA TÉCNICA PERUANA N° 111-015	NORMA TÉCNICA ARGENTINA GE N°1-116	OBSERVACIONES
Objetivo	Objetivo	No se diferencian los objetivos de ambas normas
Instalación de cilindros	Instalación de cilindros	La capacidad de llenado de gas es a una presión nominal de 20 Mpa en ambas normas pero en la NTP no menciona la temperatura que es $21 \pm 1$ °C.
Dispositivo de seguridad por alivio de presión	Dispositivo de seguridad por alivio de presión	Item.
Manómetros.	Manómetros.	tem.
Válvula de retención	Válvula de retención	Item.
Compatibilidad de los materiales	Compatibilidad de los materiales	Item.
Instalación de los cilindros para GNV en los vehículos.	Instalación de los cilindros para GNC en los vehículos.	Item.
Instalación de tuberías y mangueras del sistema de alimentación	Tuberías, cañerías y mangueras del sistema de carburación	Item.
Rutas de tuberías	-	La ruta de la tubería para la instalación debe seguir la línea de gasolina o la línea de freno original, las líneas rígidas entre los cilindros y el punto de llenado debe disponerse que permitan un ligero mov. Estructural para absorber las vibraciones y las líneas de suministro debe estar instalados a una distancia mínima de 200mm. De los terminales de baterías.
Las juntas y	Juntas y conexiones	Item.

conexiones.		
Instalación de regulador de presión	Componentes del sistema de carburación 1.1.5.4.	La instalación del regulador de presión debe cumplir con lo establecido en la NTP 111.014 y debe ser instalado en forma segura y en lugares accesibles con fijación propia, cerca al mezclador para tener mangueras más cortas posibles.
Instalación de válvulas	-	Debe cumplir con los requisitos específicos en la NTP 111.014. La válvula de carga debe instalarse en un lugar seguro contra impactos en la zona del motor y la válvula de cierre manual en un lugar que permita aislar del cilindro el resto del sistema. Cuando el vehículo trabaja con sistema de alimentación de combustible a carburador la electro válvula de corte de gasolina debe instalarse entre la bomba de gasolina y el carburador.
Instalaciones eléctricas.	-	Se usa cable eléctrico como mínimo calibre 16 AWG. La instalación básica de los componentes eléctricos debe emplearse código de colores: azul-gas, rojo-ignición, verde-gasolina y negro-conexión puesta a tierra.
Instalación del selector de combustible	-	La corriente para el selector de combustible debe tomarse de la posición de la chapa de encendido. Entre la toma de alimentación eléctrica y el selector de combustible se debe instalar un fusible para proteger todo el sistema eléctrico del equipo de conversión. El selector de combustible debe estar ubicado en la cabina del vehículo al alcance del conductor y el indicador del nivel de combustible en los cilindros debe estar ubicado en un lugar apropiado para que el conductor realice fácil la lectura que emite el señal luminosa.
Instalación del indicador de presión.	-	El indicador de presión se debe instalar en un lugar visible, cerca de la válvula de carga y debe cumplir con NTP 111.014
Instalación del mezclador.	-	El mezclador debe ser instalado según las recomendaciones del fabricante y las NTP 111.014.
Instalación de la interfaz para el sistema de información	-	Al realizar la instalación de los diferentes componentes del equipo completo de conversión, se debe ubicar un dispositivo electrónico cerca de la válvula de carga para facilitar la verificación de información de almacenamiento relativa a la vigencia de las revisiones periódicas del vehículo, que permitan autorizar las operaciones de reabastecimiento de GNV por parte de la estación de servicio
Ensayo a realizar en el taller de montaje	Ensayo a realizar en el taller de montaje	Ítem.

## CONCLUSIONES.

- El gas natural es un combustible alternativo con mejores condiciones de masificación a futuro debido a recursos abundantes y de bajo costo que puede mejorar la calidad de vida de la población y puede ayudar a cumplir con las obligaciones ambientales globales.
- El uso del gas natural en los motores para vehículos, está relacionado específicamente con el peso y tamaño de los balones de almacenamiento. Sin embargo, el desarrollo de nuevas tecnologías (paquetes de cilindros) ha mejorado en el sistema de almacenamiento impulsando el crecimiento de la conversión de motores a gas. Actualmente existen más de cuatro millones de vehículos que usan GNC. (distribuidos en más de 40 países).
- El empleo de GNC en los motores de encendido por chispa presenta las siguientes ventajas:

### **Medio ambientales.**

- Emisiones contaminantes permite alcanzar niveles mucho más reducidas:
  - 20% menos de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono)
  - 25% menos de C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> (hidrocarburos).
  - 70% menos de CO (monóxido de carbono).
  - 87% menos de NO<sub>x</sub> (óxido de nitrógeno).
  - 89% menos de HC<sub>n</sub>M (gas no metanos).

### **Técnicas:**

- Mayor duración del motor por menor desgaste del mismo, períodos de cambio de aceite más largos por la ausencia de depósitos carbonosos.



- Mezcla homogénea, bien distribuida en el cilindro del motor y controlada por encontrarse el combustible en fase única, limpia y completa.
- La potencia del motor se reduce en 10 a 14 % por la conversión, el motor de fabricación original para GNC podrá aprovechar mejor sus excelentes propiedades del gas.

**Económicas:**

- El costo de mantenimiento del motor es menor por lo tanto permite el ahorro.
- Del análisis de la Norma Técnica Peruana (NTP) N° 111-015 como antecedentes son las normas GE N° 1-116: 1984 (ENARGAS), NTC 4831: 2002 y las Normas Técnicas Argentinas GE N° 1-116 como antecedentes “Instalación de sistemas de GNC y de recipientes en vehículos ruteros y requisitos para estaciones de recarga CANADA- octubre 1982” y “Reglamento al codice Della strada – dispositivi de alimentazione con combus tibilli in pressione o gassosi” ITALIA Ed. 1978. en consecuencia la NTP es similar a los anteriores y en algunos casos han tomado todo el contenido.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Jovaj. M. S.** "Motores de Automovil" Editorial MIR. Moscú 1982.
2. **Dr. Nicolai Patrakhaltsev. N.** Curso teórico practico " conversión de motores gasolineros a gas ". Experto y consultor Internacional.
3. **IANGV- FAQs.** [http //www.iangv.org/html/sources/qa.html](http://www.iangv.org/html/sources/qa.html)
4. **GAS NATURAL VEHICULAR** <http://www.amerlis.pt/gnv/gnv.hmt>
5. **MANUAL DE INSTALACIÓN DE KITS. GNC.-** CREPPT – Colombia Impreso Enero 2001 por el Departamento de Ingeniería.
6. **LUIS LASTRA ESPINOSA, Ph. D.** "Motores de combustión interna a gas GNC en 4x4: Instalaciones sobre los equipos, dudas Documento de Microft Word. (GNC/GALILEO)
7. **LUIS ESPINOZA QUIÑONES Mag** "El aprovechamiento estratégico del gas natural como recurso alternativo. Propuesta para el uso del gas natural en el servicio de transporte Público de pasajero de Lima metropolitana".
8. **Vehículos a GNV japoneses.** [http//www. iangv.org/pruducts/japan.html](http://www. iangv.org/pruducts/japan.html).
9. **Prensa vehicular:** Estadísticas del GNC de Argentina.

# ANEXOS

## NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP) 111.015

**GAS NATURAL SECO.** Instalación de equipos completos en vehículos con gas natural vehicular (GNV).

### 1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece los requisitos para la instalación de los componentes del equipo completo para vehículos cuyos motores funcionan con gas natural comprimido (GNV) o bi-combustible (bi-fuel). Asimismo, los ensayos y verificaciones a los vehículos implementados con estos equipos para utilizar GNV.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos basándose en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

#### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

- |       |                  |   |
|-------|------------------|---|
| 2.1.1 | NTP 111.014 2004 | GAS NATURAL SECO Diseño y ensayos de los componentes del sistema de alimentación en vehículos con GNV |
| 2.1.2 | NTP 111.019:2004 | GAS NATURAL SECO. Estación de servicio para venta al público de gas natural vehicular (GNV).          |

#### 2.2 Normas Técnicas de Asociación

- |       |                  |  |
|-------|------------------|--|
| 2.2.1 | ANSI B 31.3:1999 | Chemical plant and petroleum Refinery piping |
| 2.2.2 | ANSI B-57. 1     | (del tipo no métrica)                        |

#### 2.3 Normas Técnicas Nacionales

- |       |                |  |
|-------|----------------|--|
| 2.3.1 | D1N477:1990    | Gas cylinder valve rated for test pressure up to 300 bar, types, sizes and outlets. outlets and connections. |
| 2.3.2 | DIN 2353:1998  | Non soldering compression fitting with cutting ring— Complete fittings and survey.                           |
| 2.3.3 | BS 341         | Standard cylinder valve outlets and connections  |
| 2.3.4 | UN14535:1964   | Filettature metriche 1S0 a profile triangolare. Dimension nominali   |
| 2.3.5 | IRAM 2539:1975 | Válvulas metálicas para cilindros para gases comprimidos.<br>Características generales y conexiones roscadas |

### 3. CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a la instalación de los componentes y cilindros, previa aprobación de los mismos de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas respectivas.

Es aplicable a los componentes de los sistemas que tienen principios de funcionamiento tanto de presión positiva como de presión negativa, que funcionan con GNV a una presión máxima de operación de 20 MPa (200 bar).

Es aplicable en vehículos dedicados o bi-combustible.

Esta NTP no cubre la instalación de combustible para vehículos que funcionen con Gas Licuado de Petróleo GLP o Gas Natural Licuefactado (LNG).

#### 4. INSTALACIÓN DEL EQUIPO COMPLETO PARA GNV EN VEHICULOS

##### 4.1 *Instalación del cilindro*

4.1.1 Los cilindros a instalar en el vehículo deberán estar contruidos para operar a una presión normal de 20 MPa (200 bar), estar aprobados por la entidad competente y una vez instalados, no ser modificados ni alterados

4.1.2 El equipamiento de los cilindros para GNV estará constituido por un dispositivo de seguridad por alivio de presión, manómetro, válvula de retención y materiales compatibles.

##### 4.1.2.1 Dispositivo de seguridad por alivio de presión

Todo cilindro de acero para GNV en función de su longitud tendrá en uno o sus dos externos, un dispositivo de seguridad del tipo combinado, que consiste en un disco de ruptura por presión que se acciona a 34 MPa (340 bar) y tapón fusible para que funda a 100 °C nominal  $\pm$  4 °C.

Cuando la longitud del cilindro no sea superior a 1650 mm (no se considera la zona de la boquilla) el dispositivo o de seguridad estará colocado en la válvula de maniobra, con la que se provee cada cilindro Cuando la longitud del recipiente supera el valor antes indicado, deberá contener en un orificio calibrado ubicado en el casquete, una pieza roscada provista con el dispositivo de seguridad combinado, anteriormente descrito.

##### 4.1.2.2 Manómetro

Todo sistema de combustible con GNV deberá estar equipado con un manómetro, que indique la presión de almacenamiento y que responda a los requisitos especificados en la NTP 111.014.

El manómetro se ubicará próximo a la boca de carga, de modo que resulte visible durante la operación de reabastecimiento. No se admitirán tuberías de alta presión dentro de la cabina Todo indicador de carga de nivel de llenado que se coloque en la cabina deberá ser un instrumento repetidor accionado eléctricamente.

##### 4.1.2.3 Válvula de retención

El sistema de llenado del cilindro en el vehículo, deberá estar equipado con una válvula de retención, la que evitará el flujo de retomo del gas, desde el cilindro a la conexión de llenado.

##### 4.1.2.4 Compatibilidad de los materiales

Los accesorios montados directamente en los cilindros deberán ser de un material compatible electro-químicamente con el material correspondiente al recipiente de GNV.

Instalación de los cilindros para GNV en los vehículos.

4.1.3.1 Antes de la instalación de los cilindros se debe efectuar una inspección al vehículo para evitar el debilitamiento en su estructura cuando se realice el montaje. Véase Anexo A.

4.1.3.2 El cilindro de acero para GNV no deberá ser instalado sobre el techo del vehículo ni dentro del compartimiento del motor.

4.1.3.3 El cilindro para GNV deberá ser instalado:

- a) En forma permanente y en posición horizontal, con anclaje adecuado a efectos de evitar su desplazamiento, resbalamiento o rotación. No se permitirá el uso de cilindros intercambiables.
- b) De modo de no producir esfuerzos indebidos sobre el recipiente ni sobre los accesorios vinculados a él.

- c) De manera de evitar un debilitamiento significativo de la estructura del vehículo. Si a criterio del fabricante del vehículo fuese necesario reforzar dicha estructura, deberán adicionarse los elementos establecidos, con la ubicación y características que el fabricante indique.
- d) De modo que la fuerza necesaria para separar el recipiente del vehículo, no sea menor que veinte veces el peso del recipiente lleno en la dirección longitudinal del vehículo u ocho veces el peso del recipiente lleno, en cualquier otra dirección
- e) No debe soldarse ningún elemento al cilindro, y debe evitarse el contacto de éste con cualquier elemento metálico diferente al caucho que los separa del herraje.

4.1.3.4 Los requisitos de los apartados 4.1.3.3 se estimarán cumplidos si la instalación se ajusta a lo siguiente:

- a) Para cilindros de hasta 110 Kg de peso; estar fijado al vehículo con dos sunchos como mínimo, que tengan no menos de 30 mm de ancho y un espesor que le confiera una resistencia equivalente a la de una barra de acero común de 90 mm<sup>2</sup> de sección. Los pernos a utilizar serán de 10 mm de diámetro.
- b) Para cilindros de más de 110 kg de peso; estar fijado al vehículo con dos sunchos como mínimo, que tengan no menos de 45 mm de ancho y un espesor que le confiera una resistencia equivalente a la de una barra de acero común de 225 mm<sup>2</sup> de sección. Los pernos a utilizar serán de 12 mm de diámetro.
- c) Cuando se utilicen más de dos sunchos, el área total de la sección de los mismos será por lo menos igual a la de dos sunchos, de los arriba especificados.
- d) Cuando la fijación al vehículo sea por medio de mensulas y pernos, se usarán como mínimo cuatro pernos de acero de resistencia equivalente.
- e) Los orificios para fijar los herrajes deben hacerse solo con taladro, nunca con oxicorte, para evitar el debilitamiento del material.

4.1.3.5 Las cargas por eje resultantes del peso propio del vehículo más el equipo completo de GNV y la carga útil (la que podrá ser variada con respecto a la original), no deberá sobrepasar las especificadas por el fabricante.

4.1.3.6 Cuando el cilindro esté localizado dentro de un compartimiento adecuadamente diseñado, éste puede ser usado para el transporte de pasajeros, entonces:

- a) El extremo del cilindro que contiene la válvula y demás accesorios deberá encerrarse dentro de una caja resistente, la que deberá ventear al exterior del vehículo.
- b) El recipiente deberá ser instalado de acuerdo a los apartados 4.1.3.3, 4.1.3.4 y 4.1.3.5.
- c) El disco de ruptura deberá ventear por un tubo de acero, directamente al exterior del vehículo.

4.1.3.7 Cuando el cilindro esté localizado dentro de un compartimiento que no está diseñado, o no puede ser usado para el transporte de pasajeros:

- a) El extremo del cilindro que contiene la válvula y demás accesorios deberá encerrarse dentro de una caja resistente, la que deberá ventear al exterior del vehículo, o bien el compartimiento deberá ser sellado con respecto al de pasajeros; y deberá tener una apertura para ventilación, con área libre no menor de 1100 mm<sup>2</sup>, localizada en el nivel más alto posible.
- b) El recipiente deberá ser instalado de acuerdo con los requisitos de los apartados 4.1.3.3, 4.1.3.4 y 4.1.3.5.

- c) El disco de estallido deberá ventear por un tubo de acero, directamente al exterior del vehículo.

4.1.3.8 Como alternativa para ventear el gas hacia el exterior conforme se indica en los apartados 4.1.3.6 y 4.1.3.7.

- a) Podrán utilizarse tubos flexibles contruidos con material no inflamable o auto extingible. Las mismas deberán estar protegidas o de lo contrario instaladas en sitios que las preserven de daños provocados por objetos, la abrasión, etc.
- b) Expulsarán hacia la parte externa inferior del automotor el gas canalizado a través de conductos encamisados y herméticos (con respecto al habitáculo) de idéntico material al usado en a), con sección no menor de 1100 mm<sup>2</sup>. No deberán descargar en la zona de guardafangos.

4.1.3.9 Respetando el apartado 4.1.3.2, un recipiente localizado en el exterior del vehículo deberá:

- a) Ser instalado conforme a lo especificado en 4.1.3.y 4.1.3.4.
- b) No proyectarse por sobre el punto mas alto de vehículo
- c) No proyectarse por fuera de los costados del vehículo.
- d) No proyectarse por delante del eje delantero.
- e) Tener las válvulas y conexiones del recipiente protegidas contra daños debidos a contactos con objetos estacionarios u otros objetos sueltos en las rutas.
- l) Ubicado por lo menos a 50mmdel tubo o sistema de gases de escapes.
- g) Cuando esté instalado longitudinalmente poseer un medio adecuado para absorber y transmitir a la estructura del vehículo, cualquier embestida.
- h) No afectar negativamente las características del manejo del vehículo.

4.1.3.10 Cuando el cilindro sea instalado entre los ejes del vehículo, la distancia mínima al suelo, considerando el vehículo cargado con la máxima carga establecida, tomada desde el cilindro o desde cualquier accesorio, el que estuviese mas bajo, no debe ser menor de:

- a) 175 mm para vehículos con distancia entre ejes menor o igual a 3175 mm.
- b) 225 mm para vehículos con distancia entre ejes mayor de 3175 mm.

4.1.3.11 Cuando el cilindro está instalado detrás del eje trasero, y por debajo de la estructura, la distancia mínima al suelo, considerando el vehículo cargado con la máxima carga establecida, tomada desde el cilindro o desde cualquier accesorio, el que estuviese más bajo, no debe ser menor de:

- a) 200mm y para vehículo con saliente trasera de hasta 1125 mm, y
- b) 0,18 veces la distancia entre la línea central del eje posterior y la línea central del fondo del recipiente, cuando éste está instalado a más de 1125 mm detrás de la línea central del eje trasero.

4.2 Instalación de tuberías y mangueras del sistema de alimentación.

4.2.1 Deberán construirse de modo que toleren una presión de:

- a) Cuatro (4) veces la presión de operación, cuando se hallen ubicadas aguas arriba de la primera etapa de regulación.
- b) Cinco (5) veces la presión de operación, cuando se hallen ubicadas aguas abajo de la primera etapa de regulación.

4.2.2 El material de construcción a emplear, deberá ser resistente a la acción química del gas y a las condiciones de operación. Responderán a ANSI B 31.3 ó norma técnica extranjera de reconocida aplicación.

4.2.3 Serán del tamaño adecuado a efectos de proveer el flujo de gas requerido conforme a las características del automotor en el que se implemente el sistema.

- 4.2.4 Las tuberías y accesorios deberán estar limpias y libres de recortes, residuos de la operación de fileteado, escamas u otro tipo de suciedad o defecto.
- 4.2.5 Los bordes extremos de las tuberías deberán estar adecuadamente escariados.
- 4.2.6 Los accesorios y conexiones deben estar localizados en lugares accesibles para permitir la inspección y mantenimiento.
- 4.2.7 Las tuberías y accesorios deberán ser montados en forma segura y debe estar soportado para compensar vibraciones por medio de abrazaderas de metal galvanizados o con otro tratamiento equivalente. Podrán estar amarradas por bandas de nylon u otro producto de idéntica resistencia y reacción neutra. La distancia entre piezas de amarre no será mayor de 600 mm.
- 4.2.8 Las tuberías para la conducción de GNV deberán seguir el recorrido práctico más corto, entre los cilindros y el mezclador, compatibles con su flexibilidad; y deberán ser protegidas contra daños o roturas debido a choques, esfuerzos excesivos o desgaste por rozamiento. Las tuberías deberán ser encamisadas cuando resulte necesario.

Es recomendable que la ruta de la tubería siga la ruta de la línea de gasolina o línea de frenos original

- 4.2.9 Todas las líneas rígidas entre los cilindros y el punto de llenado deben disponerse de manera que permitan un ligero movimiento estructural para absorber las vibraciones, y que ante un impacto se evite su estrangulamiento o rotura.
- 4.2.10 No estarán ubicadas en canales que contenga el sistema de gases de escape y los materiales serán resistentes a la corrosión o deberán tener un tratamiento adecuado que garantice su comportamiento en medios corrosivos.
- 4.2.11 Las líneas de suministro deben estar instaladas a una distancia mínima de 0,2 metros de los terminales de la batería, a menos que se prevenga el contacto eléctrico.

#### **4.2.12 Juntas y conexiones**

- a) Rosca de boquilla de cilindros de acero. Será hembra, cónica, interna del tipo métrica según DIN 477 o RS 341 o IRAM 2539 o del tipo no métrica según ANSI B-57. 1 o la correspondiente en la norma internacional 150.
  - b) Rosca en válvula para roscar en boquilla de cilindros de acero, será macho, cónica, externa del tipo métrica según DIN 477 o BS 341 o LRAM 2539 o del tipo no métrica según ANSI B-57. 1 o la correspondiente en la norma internacional ISO.
  - c) Rosca en boca de salida de válvula indicada en b) será hembra, cilíndrica, interior a 12 mm x 1 según DIN 2353 o UNI 4535-64 o SAE J 403-H o la correspondiente en la norma internacional 150, con buje rosca externa, macho y orificio de diámetro acorde al tubo usado y pieza bicono intermedia
- 4.2.13 El sellante, cuando resulte necesario su uso, deberá aplicarse solamente en la rosca macho de la tubería, y deberá ser de calidad y compatible con los materiales a sellar.
- 4.2.14 No está permitido realizar
- a) Conexiones ubicadas en lugares poco accesibles,
  - b) La ubicación de tuberías donde pueda acumularse gas,
  - c) La unión con niples o manguitos,
  - d) Utilizar materiales diferentes al bronce o al acero,
  - e) Uniones utilizando tuberías que contienen rosca derecha e izquierda en la misma pieza,
  - f) El curvado de tuberías, donde dicha operación debilite a estos componente
  - g) Cortes en la estructura, reduciendo su resistencia, con el propósito de instalar tuberías o mangueras y desviándolos del objetivo para el cual fueron diseñadas.
  - h) Reparaciones de defectos en la línea que canaliza el GNV. Todo elemento con fallas deberá ser reemplazado.

- i) La línea rígida no debe estar localizada en el túnel por donde va el eje de la transmisión del vehículo.
- j) La línea rígida que sufra daños al doblarla en el momento del montaje no debe ser utilizada.

### **4.3 Instalación del regulador de presión**

- 4.3.1 El regulador o reguladores no se deben fijar directamente al motor del vehículo en el que van a ser instalados y deben cumplir con lo establecido en la NTP 111.014.
- 4.3.2 El regulador de presión debe ser instalado en forma segura y en lugar accesible, debe estar protegido de golpes, de excesivo calor y de equipos e instalaciones eléctricas.
- 4.3.3 En los casos que el regulador tenga el intercambiador de calor operado por el circuito cerrado refrigerante del motor, el regulador no debe verse afectado negativamente por el refrigerante del vehículo o cualquier otro aditivo.
- 4.3.4 El regulador de presión debe disponer de un sistema de fijación propio de modo que su peso no sea soportado por las líneas rígidas o flexibles adyacentes. Cuando se utilice una platina para la fijación del regulador, ésta debe ser de un espesor mínimo de 3 mm (1/8 de pulgadas).
- 4.3.5 El regulador debe colocarse de manera que el desplazamiento y el movimiento del vehículo no afecten el funcionamiento del mismo
- 4.3.6.1.1 El regulador debe ser instalado cerca al mezclador para tener las mangueras lo más cortas posible.

### **4.4 Instalación de válvulas**

Las válvulas indicadas deberán cumplir con los requisitos especificados en la NTP 111.014.

- 4.4.1 La válvula de carga debe instalarse en un lugar seguro contra impactos, en la zona del motor u otra zona considerada segura.
- 4.4.2 Debe instalarse una válvula de cierre manual en un lugar que permita aislar del cilindro (o cilindros), el resto del sistema; y deberá estar protegida contra golpes o choques.
- 4.4.3 Una válvula automática debe ser instalada aguas abajo de la válvula de cierre manual, a fin de que aquella evite el flujo de gas al carburador cuando el motor cesa de funcionar o no esté vinculado el encendido.
- 4.4.4 Cuando se trata de vehículos bi-combustibles, el medio para seleccionar al combustible deberá ser instalado tan próximo como resulte práctico al punto de inyección; y para operario deberá ser fácilmente accesible desde el asiento del conductor.
- 4.4.5 Para vehículos bi-combustibles, deberá instalarse en la línea para gasolina, una válvula accionada eléctricamente, que cierre evitando el flujo de líquido al carburador, cuando la línea de este ha sido conectada con el suministro de GNV.
- 4.4.6 Cuando el vehículo trabaja con sistema de alimentación de combustible a carburador, la electroválvula de corte de gasolina debe ser instalada entre la bomba de gasolina y el carburador mediante líneas rígidas, líneas flexibles y accesorios equivalentes a aquellos que utiliza el fabricante del vehículo a la salida de la bomba.

### **4.5 Instalaciones eléctricas**

- 4.5.1.1 Se debe utilizar como mínimo cable eléctrico calibre 16 AWG.
- 4.5.2 Las conexiones eléctricas y conectores deben estar protegidos, mediante dispositivos, contra eventuales cortocircuitos y contra la corrosión.



- 4.5.3 En todos los terminales para las conexiones se deben utilizar elementos para aislamiento eléctrico o conectores aislados.
- 4.5.4 Al unir los cables se deben recubrir con cinta aislante adecuada o entubarse en un material plástico.
- 4.5.5 La distancia de cualquier instalación eléctrica con respecto al múltiple de escape no debe ser inferior a 50 mm.
- 4.5.6 La corriente para el selector de combustible debe tomarse de la posición de la chapa de encendido
- 4.5.7 Entre la toma de alimentación eléctrica y el selector de combustible se debe intercalar un fusible para proteger todo el sistema eléctrico del equipo de conversión.
- 4.5.8 Para la instalación básica de los componentes eléctricos se debe emplear el siguiente código de colores:

**TABLA 1— Código de colores**

Color	Línea correspondientes a
Azul	Gas
Rojo	Ignición
Verde	Gasolina
Negro	Conexión de puesta a tierra

#### **4.6 Instalación del selector de combustible**

- 4.6.1 El selector de combustible debe estar ubicado en la cabina del vehículo al alcance del conductor.
- 4.6.2 El indicador de nivel de combustible en los cilindros debe estar ubicado de tal modo que sea fácil efectuar su lectura y que la señal luminosa emitida por éste no afecte la visión del conductor.
- 4.7 Instalación del dispositivo electrónico de avance de encendido
  - 4.7.1 Para obtener un adecuado rendimiento del motor, la instalación de este dispositivo se debe hacer en vehículos que operan tanto con GNV como con gasolina, de manera alternativa.
  - 4.7.2 El dispositivo de avance de encendido debe ser instalado de manera segura, lejos de fuentes de calor, y debe estar protegido contra goteo de líquidos y eventuales golpes contra elementos propios del motor y objetos extraños.
  - 4.7.3 El dispositivo de avance de encendido se puede instalar en la cabina del vehículo para evitar daños y corto-circuitos debidos a humed4 de modo que no interfiera con la operación normal de manejo por parte del conductor.

#### **4.8 Instalación del indicador de presión**

- 4.8.1 El indicador de presión se debe instalar en un lugar visible, preferiblemente cerca de la válvula de carga y debe cumplir con lo establecido en la NTP 111.014.

#### **4.9 Instalación del mezclador**

- 4.9.1 El mezclador debe ser instalado según las recomendaciones del fabricante y debe cumplir con lo establecido en 1aNTP 111.014.
- 4.9.2 Para los vehículos con sistema de carburador, el mezclador se debe instalar entre el filtro de aire y el cuerpo del carburador.

4.9.3 Para los vehículos a los cuales se les ha retirado el sistema de combustible líquido, el mezclador se debe empalmar con las mariposas de aceleración.

#### **4.10 Instalación de la interfaz para el sistema de información.**

4.10.1 Al realizar la instalación de los diferentes componentes del equipo completo de conversión, se debe ubicar un dispositivo electrónico para almacenamiento de información relativa a la vigencia de las revisiones periódicas del vehículo, que permita autorizar las operaciones de reabastecimiento de GNV por parte de la estación de servicio.

4.10.2 El dispositivo electrónico debe estar localizado cerca de la válvula de carga para facilitar la verificación de la información, y debe estar suficientemente protegido de la acción de agentes externos como humedad y golpes que puedan afectar, eventualmente, su funcionamiento. Véase NTP 111.019 Anexo A.

### **5. SISTEMAS DE INYECCIÓN**

#### **5.1 Generalidades**

5.1.1 La conversión de un vehículo con sistema de inyección requiere mayor precaución, pues los motores han sido diseñados y construidos para trabajar con tolerancias más exigentes. En los sistemas de inyección se debe emplear un sistema cerrado para el control de la mezcla.

#### **5.2 Instalación de componentes**

5.2.1 Antes de realizar la conversión se deben verificar los siguientes aspectos:

- Sistema de encendido,
- Sistema de inyección,
- Condiciones generales del motor.

5.2.2 El relee instalado para cortar el suministro de gasolina a los inyectores se debe conectar de acuerdo con el diagrama eléctrico de cada vehículo, proporcionado por el fabricante. Adicionalmente, este elemento debe suspender el suministro de electricidad a la bomba de gasolina.

### **6. ENSAYOS A REALIZAR EN EL TALLER DE MONTAJE**

6.1 Realizando el montaje del equipo completo sobre el automotor conforme lo indica en el esquema correspondiente el productor del equipo, se realizará una verificación por prueba neumática a 20 MPa (200 bar), empleando gases inertes (N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) hasta la salida del regulador a efectos de comprobar si no hay fugas a través de las conexiones. En el tramo de baja presión se realizará la verificación al doble de la presión regulada.

6.2 Verificada la estanqueidad de las conexiones (considerando una distancia mínima de 4,5 metros con respecto a cualquier fuente de ignición), el encargado del taller procederá a cargar el o los cilindros con GNV, previa purga del aire en el sistema con gas inerte y realizará una demostración de manejo para instruir al usuario. Procederá a poner en marcha el vehículo, variar regímenes de marcha, acelerando y desacelerando en repetidas oportunidades e igualmente efectuando el cambio alternativo de combustible gaseoso líquido a viceversa.

6.3 Los equipos que vayan a ser transferidos a otros vehículos deben pasar las pruebas descritas en la presente NTP y en las normas que se hace referencia.

### **7. ANTECEDENTES**

7.1 GEN<sup>01</sup>-116:198 Normas y especificaciones mínimas, técnicas y de seguridad, para el montaje de equipos completos para GNC en automotores y sus ensayos de verificación. ENARGAS Ente Nacional Regulador del Gas – Argentina.

7.2 NTC 4821: 2002 Instalación de componentes del equipo completo para vehículos con funcionamiento dedicado GNCV o bi-combustible gasolina-GNCV.

**ANEXO A**  
**FORMATO PARA EVALUACIÓN DE PRECONVERSIÓN**

<b>TALLER DE CONVERSIÓN</b>			
Nombre:			
Dirección:			
Teléfono:			
<b>PROPIETARIO</b>		<b>VEHÍCULO</b>	
Nombre:		Marca:	
Identificación:		Modelo y año:	
Dirección:		Placa:	
Teléfono:		Kilometraje:	
		Cilindrada:	
<b>REVISIONES</b>			
BATERIA ARRANQUE		5. SISTEMA DE ESCAPE	
Voltaje batería Voltaje de arranque Prueba de arranque		Verificación general estado y funcionamiento	
2. BOBINA/ CABLEADO/ BUJÍAS		6. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	
Entrada a la bobina de arranque Entrada a la bobina funcionamiento Salida de la bobina polaridad de la bobina Condición de cables y bujías		Verificación general estado y funcionamiento	
3. SISTEMA CABURACIÓN INYECCIÓN		7. DISTRIBUIDOR	
Verificación filtro de aire Verificación filtro de combustible Operación del carburador Operación del sistema de inyección		Condición del rotor Condición de la tapa Operación avance por vacío Operación avance centrífugo	
4. SISTEMA DE ADMISIÓN		8. CARROCERÍA Y CHASIS	
En mínimo a ...rpm... pulgadas Hg. Verificación entrada de aire		Verificación estado general	
9. VERIFICACIÓN DE BALANCE Y COMPRESIÓN DE CILINDROS			
NÚMERO DE CILINDROS 1 2 3 4 5 6 7 8			
COMPRESIÓN OBTENIDA			
Para la prueba de compresión la diferencia máxima respecto a la especificación del fabricante es del 20% y entre cilindros del 10%			
<b>RESULTADO DE LAS REVISIONES</b>			
OBSERVACIONES (reparaciones o refuerzo):			
RESPONSABLE DE LA REVISIÓN			
FECHA: <span style="float: right;">VºBº</span>			

**NOTA:** EFECTUADA LA REVISIÓN QUEDA A CRITERIO DEL INSTALADAR Y EL USUARIO LA INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE CONVERSIÓN

# NORMAS TÉCNICAS ARGENTINAS. GE Nº 1- 116

## PARTE I

### 1. Antecedentes y normas consultadas

- a) "Installation of compressed natural gas fuel systems and container son highway vehicles and requirements for refuelling stations". Instalación de sistemas de GNC y de recipientes en vehículos ruteros y requisitos para estaciones de recarga- CANADA- octubre de 1982.
- b) "Reglamento al codice della strada- dispositivi de alimentazione con combustibili in pressione o gassosi" ITALIA Ed. 1978.

### 2. Objeto

Las presentes Normas y especificaciones tienen por objeto definir las características de los cilindros para almacenamiento de GNC a montar en automotores que serán accionados por dicho fluido; los accesorios propios de aquel y los correspondientes al sistema de carburación. Los requisitos a cumplimentar en el armado y montaje, los ensayos y verificaciones a realizar sobre el sistema y sobre el automotor, y la característica que permita identificar a los vehículos implementados con equipos para utilizar GNC.

### 3. Alcance

- 3.1 Las cláusulas contenidas en estas Normas y especificaciones serán aplicables a los automotores que poseen cilindros para GNC instalados en forma fija; aptos para ser recargados en estaciones de compresión y reaprovisionamiento.
- 3.2 Se aplicarán para vehículos duales: hidrocarburos líquidos - GNC.
- 3.3 Para los automotores construidos para actuar exclusivamente con GNC por diseño, o por modificación del original.
- 3.4 El combustible a utilizar será gas natural, con predominio en el contenido de metano.

Según los yacimientos, las plantas de tratamiento en operación y las mezclas transportadas, los porcentajes son variables para cada componente pero en el caso de los gases inertes ( $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ), agua y azufre libre (gas ya olorizado) se mantienen dentro del límite máximo.

Para ilustración se indican dos composiciones puntuales consideradas bastante disímiles:

Elementos	Composición 1	Composición 2
Metano ( $\text{CH}_4$ )	95%	86%
Etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )	0,05%	5,2%
Propano, butano y superiores	0,50%	7,4%
$\text{N}_2$	2,7%	0,7%
$\text{CO}_2$	1,8%	0,5%
P.C.S. (aire = 1)	8,950 Kcal/ $\text{m}^3$ 0,572	9,750 Kcal/ $\text{m}^3$ P. específico 0,650
Índice wobbe (Sin corregir)	11900	12110
Contenido máximo de agua =	113 mg/ $\text{m}^3$	
Contenido máximo de azufre libre =	50 mg/ $\text{m}^3$	
Contenido máximo de inertes =	$(\text{CO}_2 + \text{N}_2) < 4,5\%$	

Casi todas las composiciones dan como consecuencia gases cuyos índice de wobbe no diferencia entre sí en más de 400 – 500 unidades, o sea composiciones totalmente intercambiables.

### 4. Especificaciones Generales

- 4.1 Los cilindros a instalar en el automotor para alimentar al sistema de carburación con GNC, será de modelo aprobado por Gas del Estado.
  - 4.1.1 Cumplirán acabadamente con lo indicado por la Norma, Código o especificación utilizada y con todos los requisitos que correspondan enunciados en estas Normas y especificaciones técnicas y de seguridad.
- 4.2 El sistema de carburación que se emplee en los vehículos podrá ser a GNC. exclusivamente, o bien, dual. En este último caso el equipo original para combustible líquido se complementará con los componentes necesarios: cilindros, válvulas, tuberías, piezas de acople, regulador, mezclador, etc., y el sistema selector con válvulas solenoides, a efectos de que el automotor pueda operar alternativamente con GNC, regulado al valor necesario, conforme al diseño del mezclador.
- 4.3 Todos los componentes que constituyen el sistema de carburación serán de modelo aprobado por Gas del Estado, responderán a la norma 1- 117 (Norma técnica para componentes diseñados para operar con GNC. en sistemas de

carburación para automotores y requisitos de funcionamiento) u otras Normas equivalentes, que pudieran ser aceptadas por Gas del Estado.

Los componentes podrán reinstalarse en otro automotor, para ello deberán encontrarse en buen estado de uso y funcionamiento.

4.4 Los cilindros para GNC serán de instalación fija en el automotor. No se permitirá el uso de recipientes intercambiables.

La capacidad de llenado será indicada por la presión de un manómetro, la que no deberá exceder de 200 bar M, a la temperatura  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ .

4.5 Cualquier accesorio, componente, equipo o material usado en una instalación deber ser del tipo y capacidad aprobada para los objetivos específicos para los cuales serán empleados.

## PARTE II

### 1. Instalación de Equipos Completos para GNC en Automotores

#### 1.1 Cilindros para GNC.

1.1.1 Los cilindros para GNC a instalar en el automotor deberán:

- a) Estar contruidos para operar a una presión normal de 200 bar.
- b) Estar aprobados por el Gas del Estado.
- c) Una vez instalados, no ser modificados ni alterados.

#### 1.1.2. Equipamiento de los cilindros para GNC.

##### 1.1.2.1 Dispositivo de seguridad por alivio de presión.

Todo cilindro de acero para GNC, en función de su longitud, tendrá en uno o sus dos extremos, un dispositivo de seguridad del tipo combinado: disco estallador por presión de  $340 \pm 0$  bar y tapón fusible para que funda a  $100^\circ\text{C}$ , nominal  $\pm 4^\circ\text{C}$ .

Cuando la longitud del cilindro no sea superior a 1650 mm (no se considera la zona de boquilla) el dispositivo de seguridad estará colocado en la válvula de maniobra, con la que se provee cada cilindro.

Cuando la longitud del recipiente supere el valor antes indicado, deberá contener en un orificio calibrado practicado en el culote, una pieza roscada unida con el dispositivo de seguridad combinado ya descrito.

##### 1.1.2.2 Manómetro

- a) Todo sistema de combustible con GNC deberá estar equipado con un manómetro, que indique la presión de almacenamiento, y que responda a los requisitos especificados en la Norma No 1-117, o similar aceptada por el Gas del Estado.
- b) El manómetro se ubicará próximo a la boca de carga, de modo que resulte visible durante la operación de reabastecimiento. No se admitirán tuberías de alta presión dentro de la cabina. Todo indicador de carga que se coloque en el habitáculo deberá ser un instrumento repetidor accionado eléctricamente.

##### 1.1.2.3 Válvula de retención

El sistema de llenado del cilindro en el vehículo deberá estar equipado con una válvula de retención, la que evitará el flujo de retorno del gas, desde el cilindro a la conexión de llenado.

##### 1.1.2.4 Compatibilidad de los materiales

Los accesorios montados directamente en los cilindros deberán ser de un material compatible electroquímicamente con el correspondiente al recipiente de GNC.

#### 1.1.3. Instalación de los cilindros para GNC en los vehículos

1.1.3.1 Un recipiente para GNC no deberá ser instalado sobre el techo del vehículo ni dentro del compartimiento del motor.

1.1.3.2 Un recipiente para GNC deberá ser instalado:

- a) En forma permanente y con anclaje adecuado a efectos de evitar su desplazamiento, resbalamiento o rotación.
- b) De modo de no producir esfuerzos indebidos sobre el recipiente, y sobre accesorios vinculados a él.

- c) De manera de evitar un debilitamiento significativo de la estructura del vehículo. Si a criterio del fabricante del automotor fuese necesario reforzar aquella, deberán adicionarse los elementos establecidos, con la ubicación y características que aquel indique.
- d) De modo que la fuerza necesaria para separar el recipiente del vehículo, no sea menor que:
  - 1) Veinte veces el peso del recipiente lleno, en la dirección longitudinal del vehículo.
  - 2) Ocho veces el peso del recipiente lleno, en cualquier otra dirección.

**1.1.3.3** Los requisitos de la cláusula 1.1.3.2 se estimarán cumplidos si las instalaciones se ajusta a lo siguiente:

**a) Para recipientes de hasta 110 kg de peso**

Estar fijado al vehículo con dos flejes como mínimo, que tengan no menos de 30 mm de ancho y un espesor que le confiera una resistencia equivalente a la de una barra de acero común de 90 mm<sup>2</sup> de sección. Los bulones a utilizar serán de 10 mm de diámetro.

**b) Para recipientes de más de 110 kg de peso.**

Estar fijado al vehículo con dos flejes como mínimo, que tengan no menos de 45 mm de ancho y un espesor que le confiera una resistencia equivalente a la de una barra de acero común de 225 mm<sup>2</sup> de sección. Los bulones a utilizar serán de 12 mm de diámetro.

- c) Cuando se utilicen más de dos flejes, el área total de la sección de los mismos será por lo menos igual a la de dos flejes, de los arriba especificados.
- d) Cuando la fijación al vehículo sea por medio de ménsulas y bulones, se usaran como mínimo cuatro bulones de acero de resistencia equivalente.

1.1.3.4 Las cargas por eje resultantes del peso propio del vehículo, más el equipo completo de GNC y la carga útil (la que podrá ser variada con respecto a la original), no deberán sobrepasar la especificada por el fabricante del vehículo.

1.1.3.5 Cuando un recipiente esté localizado dentro de un compartimiento que está diseñado, o puede ser usado para el transporte de pasajeros:

- a) El recipiente deberá ser instalado de acuerdo a las cláusulas 1.1.3.2, 1.1.3.3 y 1.1.3.4.
- b) El disco de estallido deberá ventear por un tubo de acero, directamente al exterior del vehículo.

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

- a. El extremo del cilindro que contiene la válvula y demás accesorios deberá encerrarse dentro de una caja resistente, la que deberá ventear al exterior del vehículo, o bien el compartimiento deberá ser sellado con respecto al de pasajeros; y deberá tener una apertura para ventilación, con área libre no menor de 1,100 mm<sup>2</sup>, localizada en el nivel más alto posible.
- b. El recipiente deberá ser instalado de acuerdo con los requisitos de las cláusulas 1.1.3.2, 1.1.3.3 y 1.1.3.4.
- c. El disco de estallido deberá ventear por un tubo de acero, directamente al exterior del vehículo.

Como alternativa para ventear el gas hacia el exterior conforme se indica en los ítems 1.1.3.5 y 1.1.3.6:

- a) Podrán utilizarse bolsas flexibles construidas con material no inflamable o auto extingible. Las mismas deberán estar protegidas o de lo contrario instaladas en sitios que las preserven de daños provocados por objetos, la abrasión, etc.
- b) Expulsarán hacia la parte inferior del automotor el gas canalizado a través de conductos semirígidos de idéntico material al usado en a), con sección no menor de 1,100 mm<sup>2</sup>. No deberán descargar en la zona de guardabarros.

1.1.3.7 Respetando la cláusula 1.1.3.1, un recipiente localizado en el exterior del vehículo deberá:

- a. Ser instalado conforme a lo especificado en 1.1.3.2 y 1.1.3.3.
- b. No proyectarse por sobre el punto más alto del vehículo.
- c. No proyectarse por fuera de los costados del vehículo.
- d. No proyectarse por delante del eje delantero.
- e. Tener las válvulas y conexiones del recipiente protegidas contra daños debidos a contactos con objetos estacionarios u otros objetos sueltos en las rutas.
- ñ. Estar ubicado por lo menos a 50 mm del caño o sistema de gases de escapes.
- g. Cuando este instalado longitudinalmente poseer un medio adecuado para absorber y transmitir a la estructura del vehículo, cualquier embestida.
- h. No afectar negativamente las características del manejo del vehículo.

1.1.3.8 Cuando un recipiente sea instalado entre los ejes del vehículo, la distancia mínima al suelo, considerando el vehículo cargado con la máxima carga establecida, tomada desde el cilindro o desde cualquier accesorio, el que estuviese más bajo, no debe ser menor de:

- a) 175 mm para vehículos con distancia entre ejes menor o igual a 3,175 mm.
- b) 225 mm para vehículos con distancia entre ejes mayor de 3,175 mm.

1.1.3.9 Cuando un recipiente está instalado detrás del eje trasero y por debajo de la estructura, la distancia mínima al suelo considerando el vehículo cargado con la máxima carga establecida tomada desde el cilindro o desde cualquier accesorio, el que estuviese más bajo, no debe ser menor de:

- a) 200 mm y para vehículo con saliente trasera de hasta 1,125 mm.
- b) y 0,18 veces la distancia entre la línea central del eje posterior y la línea central del fondo del recipiente, cuando este está instalado a más de 1,125 mm detrás de la línea central del eje trasero.

#### **1.1.4 Tuberías, cañerías y mangueras del sistema de carburación**

1.1.4.1 Deberán construirse de modo que toleren una presión de:

- a) 4 (cuatro) veces la presión de trabajo, cuando se hallen ubicadas aguas arriba de la primera etapa de regulación.
- b) 5 (cinco) veces la presión de trabajo cuando se hallen ubicadas aguas abajo de la primera etapa de regulación.

1.1.4.2 El material de construcción a emplear, deberá ser resistente a la acción química del gas y a las condiciones de operación responderán a la Norma ANSI B 31-3 ó similar.

1.1.4.3 Serán del tamaño adecuado a efectos de proveer el flujo de gas requerido conforme a las características del automotor en el que se implemente el sistema.

1.1.4.4 Las cañerías y accesorios deberán estar limpias y libres de recortes, residuos de la operación de fileteado, escamas u otro tipo de suciedad o defecto.

1.1.4.5 Los bordes extremos de cañerías y tuberías deberán estar prolijamente escariados.

1.1.4.6 Las cañerías y accesorios deberán ser montados en forma segura y soportadas para compensar vibraciones por medio de abrazaderas de metal, protegidas por galvanizado u otro sistema o tratamiento equivalente. Podrán estar amarradas por bandas de nylon u otro producto de idéntica resistencia y reacción neutra.  
La distancia entre piezas de amarre no será mayor de 600 mm.

**1.1.4.7** Las tuberías para la conducción de GNC deberán seguir el recorrido práctico más corto, entre los cilindros y el mezclador, compatible con su flexibilidad; y deberán estar protegidas contra daños o roturas debido a choques, esfuerzos excesivos o desgaste por rozamiento.

Deberán ser encamisadas cuando resulte necesario.

1.1.4.8 No estarán ubicadas en canales que contenga la tubería de gases de escape y los materiales serán resistentes a la corrosión o deberán tener un tratamiento adecuado que garantice su comportamiento en medios corrosivos.

#### **1.1.4.9 Juntas y conexiones**

- a. Rosca en boquilla de cilindros de acero. Será hembra, cónica interna del tipo métrica según N/DIN 477 ó N/UNI 339 ó N/BS 341 ó del tipo no métrico según N/ANSI B-57.1.
- b. Rosca en válvula para roscar en boquilla de cilindros de acero. Será macho, cónica, externa de tipo métrico según N/DIN 477 ó N/UNI 339 ó N/BS 2539 ó del tipo no métrico según N/ANSI B-57.1.
- c. Rosca en cilíndrica, inferior boca salida de válvula indicada en b) será hembra, 12 mm x 1 según N/DIN 2353 ó UNI 4535-64 ó SAE J 403 H con buje rosca externa, macho y orificio de diámetro acorde al tubo usado y pieza bicono intermedia.
- d. Rosca en boquilla de cilindros de Aluminio. cumplirá la Norma C.G.A. 1125-12 UNF-2A.

1.1.4.9.1 El sellante, cuando resulte necesario su uso, deberá aplicarse solamente en la rosca macho de la cañería; y deberá estar aprobado respondiendo a los requisitos de una norma de reconocido prestigio internacional.

#### **1.1.4.10 No está permitido realizar:**

- a) Conexiones ubicadas en lugares poco accesibles.
- b) La ubicación de tuberías o cañerías donde pueda acumularse gas por pérdidas no detectadas.
- c) El enchufe de manguitos, y utilizar materiales diferentes al bronce o al acero.

- d) Uniones utilizando cañerías o tuberías que contienen rosca derecha e izquierda en la misma pieza.
- e) El curvado de cañerías o tuberías, donde dicha operación debilite a aquellos elementos.
- f) Empalmes utilizando nicles cerrados o muy próximos unos de otros.
- g) Cortes en la estructura, reduciendo su resistencia, con el propósito de instalar cañerías, tuberías o mangueras y desviándolos del objetivo para el cual fueron diseñadas.
- h) Reparaciones de defectos en la línea que canaliza el GNC. Todo elemento con fallas deberá ser reemplazado.

### **1.1.5 Componentes del sistema de carburación**

Las válvulas de cierre manual, los selectores para combustible, las válvulas solenoides, las válvulas de retención, la de entrada para la recarga, las de cierre automático, los reguladores de presión y los mezcladores / carburadores empleados como componentes del sistema de carburación con GNC, cumplir con los requisitos especificados en la Norma GE N° 1-117, u otra norma equivalente, que resulte aceptada por Gas del Estado.

- 1.1.5.1 Debe instalarse una válvula de cierre manual en un lugar que permita aislar del cilindro (o cilindros), el resto del sistema; y deberá estar protegida contra golpes o choques.
- 1.1.5.2 Una válvula automática debe ser instalada aguas debajo de la válvula de cierre manual, a fin de que aquella evite el flujo de gas al carburador cuando motor cesa de funcionar o no esté vinculado el encendido.
- 1.1.5.3 Cuando se trata de vehículos duales, el medio para seleccionar el combustible deberá ser instalado tan próximo como resulte práctico, al punto de inyección; y para operarlo deberá estar fácilmente accesible desde el asiento del conductor.
  - 1.1.5.3.1 Para dichos vehículos, deberá instalarse en la línea para la nafta, una válvula accionada eléctricamente, que cierre evitando el flujo de líquido al carburador cuando la línea de este ha sido conectada con el suministro de GNC.
  - 1.1.5.4 Un regulador de presión debe ser instalado en forma segura y en lugar accesible. Debe estar protegido de golpes, de excesivo calor y de equipo e instalaciones eléctricas.

## **1.2. Ensayos a realizar**

### **1.2.1 A cargo de los productores de equipos completos**

Los productores de equipos realizarán los ensayos que se indiquen en el ítem 3.5.1. de la GE N° 1-115.

### **1.2.2 En los talleres de montaje**

- 1.2.2.1 Realizando el equipo completo sobre el automotor, Sistema eléctrico conforme lo indica en el esquema correspondiente al productor del equipo, se realizará una verificación por prueba neumática a 200 bar, empleando aire o gases inertes hasta la salida regulador a efectos de comprobar si no hay fugas a través de las conexiones en el tramo de baja presión se realizará la verificación al doble de la presión regulada.
- 1.2.2.2 Verificada la estanquidad de las conexiones el encargado del taller procederá a cargar el o los cilindros con GNC, previa purga de aire en el sistema con gas inerte y realizará una demostración de manejo para instruir al usuario. Obviamente procederá a poner en marcha, variar regímenes de marcha acelerando en repetidas oportunidades e igualmente efectuando el cambio alternativo de combustible gaseoso líquido a viceversa.

NOTA: para ítem 1.1.2.1 es válido lo indicado en 3.6.2.1 a) de GE N° 1-115.



**Unidades derivadas expresadas en términos de unidades de base del sistema Internacional de Unidades.**

<b>Magnitud Física</b>	<b>Designación o nombre</b>	<b>Símbolo internacional</b>
Superficie o área	metro cuadrado	m <sup>2</sup>
Volumen	metro cúbico	m <sup>3</sup>
Densidad	Kilogramo por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
Velocidad	metro por segundo	m/s
Aceleración	metro por seg. al cuadrado	m/s <sup>2</sup>
Viscosidad cinemática	metro al cuadrado por seg.	m <sup>2</sup> /s
Fluido de partículas ionizantes	Uno por segundo	s <sup>-1</sup>
Concentración molar	mol por metro cúbico	mol/m <sup>3</sup>
Densidad lineal	Kilogramo por metro	kg/m
Densidad superficial	kilogramo por metro cuadrado	kg/m <sup>2</sup>
Volumen específico	metro cúbico por kilogramo	m <sup>3</sup> /kg
Flujo de masa	Kilogramo por segundo	kg/s
Momentum	Kilogramo metro por segundo	kgm/s
Momento de Inercia	Kilogramo por metro cuadrado	kg/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión lineal	uno por kelvin	k <sup>-1</sup>
Molalidad	mol por kilogramo	Mol/kg
Masa molar	kilogramo por mol	kg/mol
Volumen molar	Metro cúbico por mol	M <sup>3</sup> /mol
Fuerza, peso	Newton	N
Modulo de elasticidad	Pascal	Pa
Energía, trabajo, cantidad de calor	Joule	J
Temperatura Celsius	Grado Celsius	°C
Momento de fuerza	Newton metro	N-m
Viscosidad dinámica	Pascal segundo	Pa*s
Entalpía específica	Joule por kilogramo	J/kg

**Comparación de las propiedades del gas con la gasolina**

<b>Propiedades</b>	<b>GLP</b>			<b>GNC</b>			<b>Gasolina</b>
	<b>Etano</b>	<b>Propano</b>	<b>Butano</b>	<b>Metano</b>	<b>Hidrogeno</b>	<b>Oxido de carbono</b>	
* Densidad en estado liquido, Kg/l	0,446	0,509	0,582	-	-	-	0,720
* Densidad en estado gaseoso, Kg/m <sup>3</sup>	1,273	1,867	2,460	0,717	0,090	1,250	5,06
* Poder calorífico, MJ/m <sup>3</sup>	60,085	85,832	111,785	33,885	10,236	12,046	212,852
* Poder calorífico, MJ/kg	47,197	45,970	45,440	49,850	120,000	10,408	44,000
* Poder calorífico mezcla carburante, MJ/m <sup>3</sup>	3,403	3,460	3,500	3,230	3,029	3,561	3,560
* Cantidad estequiométrica aire, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	16,66	23,91	30,95	9,52	2,38	2,38	58,6
* Temperatura de encendido. °C.	650...	510...	475...	680...	500...	625....	470...
	580	580	510	750	600	575	530
* Número de octanaje	125	120	93	110	70	100	76

### Equivalencias Prácticas Referentes al Gas

Unidad	Multiplicada por	Se obtiene
Metros cúbicos de gas	35	Pies <sup>3</sup> gas
BTU	0.001	Pies <sup>3</sup> gas
Pies cúbicos gas	0.02832	Metros <sup>3</sup> gas
Kilo caloría	4183	Joules
Kilo caloría	3.9683	BTU
BTU	252	Calorías
Barril Petróleo N°6	6000	Pies <sup>3</sup> gas
Barril Petróleo	6x10 <sup>6</sup>	BTU
Galón Petróleo	140000	BTU
Joule	0.000948	BTU
Barriles de Petróleo	42	Galones de Petróleo
Tonelada de carbón	27.3	Millones de BTU
Tonelada de carbón	27300	Pies <sup>3</sup> gas

Cuadro comparativo del comportamiento de un motor de encendido por chispa con gasolina y con gas.

Parámetros de comportamiento del motor	Tipos de combustible		
	Gasolina	GLP	GNC
* Presión en el sistema de alimentación, Mpa	0,03	<1,6	20
* Numero de octanaje	84-97	110	110
* Calor de combustión específico de la mezcla, KJ/Kg.	111	110	108
* Disminución de la potencia del motor sin variar la compresión %	-	5-7	15-18
* Adelanto de la chispa eléctrica	-	4-6 °	5-7 °
* Cantidad de aire teóricamente necesaria para la combustión ( en estado gaseoso ), m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	58,6	24	5

### PROPIEDADES DEL GAS NATURAL COMPRIMIDO A 15° C Y 101.3Kpa (760 mm Hg).

Composición y propiedades.	Metano <i>CH<sub>4</sub></i>	Hidrógeno libre <i>H<sub>2</sub></i>	Oxido de Carbono <i>CO<sub>2</sub></i>	Gasolina <i>C<sub>8</sub>H<sub>18</sub></i>
-Masa del gas en estado gaseoso respecto del aire, kg/m <sup>3</sup> .	0,554	0,0695	0,967	3,94
<b>-Densidad.</b>				
En estado gaseoso, kg/ m <sup>3</sup> .	0,717	0,090	1,250	5,08
En estado líquido, kg/l.	-	-	-	0,740
-Temperatura de ebullición, °C.	-161,6	-252,7	-	No menor de 35,0
-Poder calorífico inferior, MJ/m <sup>3</sup> .	33,869	10,236	12,046	212,852
-Poder calorífico inferior, MJ/kg	49,850	120,000	10,408	43,995
-Poder calorífico de la mezcla carburante, MJ/m <sup>3</sup> .	3,230	3,029	3,561	3,56
-Número de octanaje.	107...120	45...90	100	76
-Temperatura de encendido, °C.	680...750	500...600	625...675	470...530
-Cantidad de aire teóricamente necesaria para la combustión (en estado gaseoso), m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .	9,52	2,38	2,38	58,6