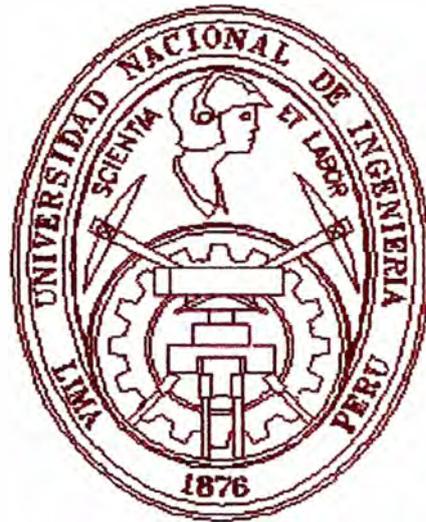


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN  
GASOCENTRO DE USO VEHICULAR”**

**INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TITULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO**

**JOSÉ LEONEL HIPÓLITO RODRÍGUEZ**

**PROMOCION 1999-II**

**LIMA - PERU**

**2004**

**“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN  
GASOCENTRO DE USO VEHICULAR”**

*A mis padres Justo y Julia por darme la vida, por los valores que me inculcaron, por la educación que me brindaron y por su apoyo en todo momento.*

## CONTENIDO

Prologo .....	1
INTRODUCCION.....	3
2 GENERALIDADES SOBRE GAS NATURAL .....	6
2.1 Formación .....	6
2.2 Reservas de Gas Natural y de Petróleo .....	7
2.3 Características: .....	8
2.4 Componentes y Tipos de Gas Natural.....	9
2.5 Producción, Procesamiento Tratamiento del gas natural .....	11
2.6. Transporte Distribución y Uso de Gas Natural.....	13
2.7 Uso Industrial del Gas Natural.....	14
2.8 Beneficios del uso del Gas Natural en la Industria .....	17
2.9. Ventajas del uso del Gas Natural .....	17
2.10. Ventajas Operacionales.....	20
3 BENEFICIOS DEL GAS NATURAL EN USO VEHICULAR .....	21
3.1. El GNC Automotor.....	22
3.2. Propiedades del Gas natural .....	25
3.3. Gas Natural Comprimido en Vehículos .....	26
4 TEORIA DE LA COMBUSTIÓN .....	29
4.1 Teoría Inorgánica de la Combustión Industrial.....	29
4.2 La Llama como manifestación visible de la combustión.....	35

4.3.	Características de Combustión de los Gases.....	39
5	EQUIPAMIENTO DE UN GASOCENTRO .....	47
5.1.	Componentes de un Gasocentro.....	47
5.2	Detalle de Instalación de una Estacion de GNC .....	48
5.3.	Dimensionamiento de los surtidores.....	52
5.4.	Características y Funcionamiento de una Estación de GNC .....	56
6	DISEÑO GENERAL .....	60
6.1.	Estudio de Demanda .....	60
6.2.	Costo de instalación de un equipo de GNC .....	62
6.3.	Costo de instalar una estación de carga (gasocentro) .....	63
6.4.	Rentabilidad y Periodo de pago de la Inversión en la Estación de Servicio .....	64
6.5.	Esquema de Financiamiento de una Estación de GNC.....	68
7	NORMATIVA EN GNC .....	69
7.1.	En Chile Normas en GNC.....	69
7.2.	En México. Normas en Estaciones Duales .....	71
7.3.	Internacional. ....	73
8	SEGURIDAD .....	75
8.1.	Hoja de Datos de sustancias químicas: Gas Natural.....	75
8.2.	Composición e Información de los componentes .....	76
8.3.	Identificación de Riesgos.....	76
8.5.	Peligros de Explosión e Incendio.....	78
8.6.	Respuesta en caso de Fuga.....	82
8.7.	Precauciones para el manejo y almacenamiento.....	82

8.8.	Propiedades Físicas / Químicas .....	83
8.9.	Información Toxicológica.....	84
8.10.	Información Ecologica.....	84
8.11.	Información sobre su Transportación .....	84
8.12.	Señalización en las Estaciones de GNC.....	85
9	CONCLUSIONES .....	86
10	BIBLIOGRAFIA.....	89
11	ANEXOS.....	90

## **PROLOGO**

EL presente informe de suficiencia tiene por objetivo propiciar el desarrollo del Gas Natural en el Perú como combustible vehicular, específicamente el Gas Natural Comprimido (GNC) en cuyo caso nos ocuparemos sobre las estaciones de Expendio o Gasocentro de uso vehicular.

En el Capítulo 2 se tratan temas generales sobre Gas Natural, su formación, características, componentes, producción y procesamiento, el transporte y distribución, también describimos el uso Industrial los beneficios y ventajas que se obtienen.

En el Capítulo 3 describimos los Beneficios del Gas Natural cuando lo usamos como combustible vehicular, el beneficio medioambiental que se obtiene, las ventajas que se el vehículo obtiene comparándolo con la gasolina.

En el Capítulo 4 tratamos el tema de la Combustión, la teoría inorgánica de la combustión industrial y las características de la combustión de los gases.

En el Capítulo 5 Equipamiento de un Gasocentro describimos los componentes que tiene un gasocentro, mostramos algunas fotos y describimos las características y funcionamiento de una estación de GNC existente.

En el Capítulo 6 desarrollamos el Diseño General, hacemos un estudio de la demanda estimando la necesidad de Gasocentros proyectándonos desde el 2005 hasta el 2018 basados en la experiencia Argentina, mostramos los costos de las estaciones de GNC

En el Capítulo 7 Se exponen algunas normas sobre Gasocentros en países donde se uso como en Chile, México y otros

En el Capítulo 8 se trata el tema de Seguridad, los riesgos de su utilización, los peligros de explosión e incendio, primeros auxilios en caso de fuga, toxicología, ecología, y la señalización en Estaciones de GNC.

Finalmente se exponen las conclusiones derivadas de todo el presente trabajo y los apéndices cuyo contenido sirve de complemento para el mejor entendimiento del presente informe.

## INTRODUCCION

El gas natural es una energía eficaz, rentable y limpia, y por su precio competitivo y eficiencia, permite alcanzar considerables economías a sus utilizadores, especialmente como combustible. Por ser el combustible más limpio de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica, y es una alternativa energética que destacará en el siglo XXI por su creciente participación en los mercados mundiales de la energía.

"Ningún país del mundo que aliente expectativas de crecimiento de su economía, que cuente con reservas de gas natural y que especialmente no sea un país petrolero, no puede dejar de lado el uso intensivo del "GNC" como combustible alternativo".

La Ciudad de Lima será sin duda, el primer punto donde desarrollar el GNC, dado el alto índice de vehículos por habitantes y el crecimiento de valor ecológico de los productos que entran al mercado.

En corto tiempo, las estrictas normas de emisiones desarrolladas por las autoridades de control, serán aplicadas más severamente aun en los países en desarrollo.

Las emisiones propias de naftas y gasoil, existen limitadas en los motores a "GNC", lo que permitirá progresar en el desarrollo de los mismos.

En el mediano plazo, el énfasis se dará sobre vehículos y motores específicamente diseñados para usar "GNC". Esto permitirá el uso de motores de alta compresión, aprovechando el mayor índice de octano de este combustible que supera en un 30% a la nafta de mayor calidad, con lo que se logrará mayor potencia que el correspondiente vehículo naftero. Estos motores son y serán prácticamente inofensivos para nuestro medio ambiente, reducen las emisiones de los gases responsables del llamado "efecto invernadero", hasta en un 40%.

El mercado gasífero para automotores en el Perú comenzará a tener un gran crecimiento en el período 2005-2030 debido por lo anteriormente expuesto y por el desarrollo que ha tenido el Gas natural de Camisea.

Es evidente que uno de los principales problemas que tendrá las conversiones de vehículos a gas natural, es contar con las estaciones suficientes para carga.

Existen muchos inversionistas que están dispuestos a apostar al GNC, esto es, a construir estaciones. Sin embargo, actualmente en Lima es difícil y complicado encontrar predios idóneos para tal fin, que puedan cumplir con las Leyes y Reglamentos de Impacto Ambiental de Desarrollo Urbano y de Impacto Urbano, vigentes y por otro lado, el que tengan buenas cualidades de mercado y demanda.

La más factible y cercana posibilidad de resolver estos problemas, es la construcción de ESTACIONES DUALES. Esto significa aprovechar las mejores esquinas del área metropolitana para abrir este nicho de negocios.

El presente trabajo tiene como finalidad formular los requerimientos para la implementación de Estaciones de Servicio que expendan GNC (Gasocentro) para uso vehicular

## **CAPÍTULO 2**

### **GENERALIDADES SOBRE GAS NATURAL**

El Gas Natural está formado por un pequeño grupo de hidrocarburos: fundamentalmente metano con una pequeña cantidad de propano y butano. El propano y el butano se separan del metano y se usan como combustible para cocinar y calentar, distribuidos en balones.

El metano se usa como combustible tanto en viviendas como en industrias y como materia prima para obtener diferentes compuestos en la industria química orgánica. El metano se distribuye normalmente por conducciones de gas a presión (gaseoductos).

En 1990 se obtenía del petróleo el 38,6% de la energía comercial del mundo, aunque unos años antes, en 1974 llegó a representar el 47,4%, antes de la crisis planteada por la OPEP. Ese mismo año la proporción de energía comercial suministrada por el gas natural fue de un 21,6% y desde la crisis del petróleo de 1973 ha ido aumentando ligeramente la proporción en la que se consume.

#### **2.1 Formación**

El Gas Natural igual que el petróleo se forma cuando grandes cantidades de microorganismos acuáticos mueren y son enterrados entre los sedimentos del fondo de estuarios y pantanos, en un ambiente muy pobre en oxígeno. Cuando estos

sedimentos son cubiertos por otros que van formando estratos rocosos que los recubren, aumenta la presión y la temperatura y, en un proceso poco conocido, se forman el petróleo y el gas natural. Este último se forma en mayor cantidad cuando las temperaturas de formación son más altas.

El petróleo y el gas, al ser menos densos que la roca, tienden a ascender hasta quedar atrapados debajo de rocas impermeables, formando grandes depósitos. La mayor parte de estos combustibles se encuentran en rocas de unos 200 millones de años de antigüedad como máximo.

## **2.2 Reservas de Gas Natural y de Petróleo**

Se puede encontrar gas natural y petróleo en todos los continentes distribuidos de forma muy irregular.

Se piensa que debe haber notables reservas en las plataformas continentales, aunque por diversos problemas la mayoría de ellos no están todavía localizados y explotados. Es muy difícil estimar para cuántos años tenemos petróleo y gas natural. Es difícil hacer este cálculo porque depende de muchas variables desconocidas.

No sabemos cuántos depósitos nuevos se van a descubrir. Tampoco cuál va a ser el ritmo de consumo, porque es probable que cuando vayan escaseando y sus precios suban se busque con más empeño otras fuentes alternativas de energía y su ritmo de consumo disminuya. Por esto las cifras que se suelen dar son muy poco fiables.

En 1970 había reservas conocidas de petróleo para unos 30 años (hasta el año 2000) y de gas natural para unos 40 años. En cambio en 1990 había suficientes depósitos localizados de petróleo para otros 40 años (hasta el 2030) y de gas natural para unos 60 años; es decir, en estos años se ha descubierto más de lo que se ha consumido. Por todo esto se puede decir que hay reservas para un tiempo comprendido entre varias decenas y unos 100 años.

Otro importante problema relacionado con el petróleo es que se consume mayoritariamente en regiones donde no se produce. Así entre Estados Unidos y Europa occidental se consume casi la mitad del petróleo mundial. Los países del Golfo Pérsico que sólo consumen el 4,5% mundial producen, en cambio, el 26%.

Esta diferencia se agravará en el futuro porque la mayor parte de las nuevas reservas se están descubriendo en los países menos consumidores. Así se calcula que Estados Unidos tiene reservas para unos 10 años u Europa para unos 13, mientras que los países del Golfo acumulan el 57% de las reservas conocidas.

### **2.3 Características:**

El gas natural extraído de los yacimientos, es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire. Procede de la descomposición de los sedimentos de materia orgánica atrapada entre estratos rocosos y es una mezcla de hidrocarburos ligeros en la que el metano (CH<sub>4</sub>) se encuentra en grandes proporciones, acompañado de otros hidrocarburos y gases cuya concentración depende de la localización del yacimiento.

El gas natural es una energía eficaz, rentable y limpia, y por sus precios competitivos y su eficiencia como combustible, permite alcanzar considerables economías a sus utilizadores. Por ser el combustible más limpio de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica, y es una alternativa energética que destacará en el siglo XXI por su creciente participación en los mercados mundiales de la energía.

La explotación a gran escala de esta fuente energética natural cobró especial relevancia tras los importantes hallazgos registrados en distintos lugares del mundo a partir de los años cincuenta. Gracias a los avances tecnológicos desarrollados, sus procesos de producción, transporte, distribución y utilización no presentan riesgos ni causan impacto ambiental apreciable.

La distribución no homogénea de reservas petroleras, condiciona el crecimiento económico de un país, a la dependencia de este recurso.

## **2.4 Componentes y Tipos de Gas Natural**

### **2.4.1. Componentes**

El Gas Natural es una mezcla de hidrocarburos livianos, donde el principal componente es el metano (CH<sub>4</sub>) en un porcentaje del orden del 80%. El porcentaje restante está constituido por etano, propano, butano y otros hidrocarburos más pesados tales como pentanos, hexanos y heptanos.

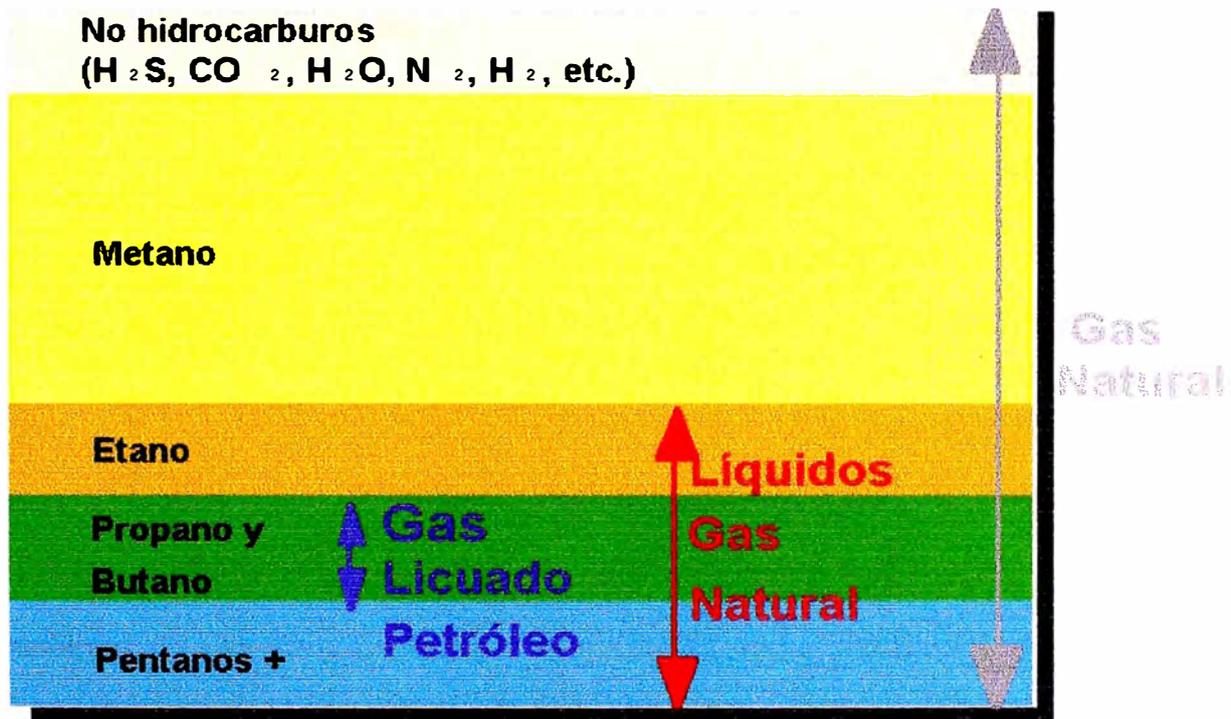


Figura N° 1 : Componentes del Gas Natural

#### 2.4.2. Gas natural seco

Viene a ser el metano con pequeñas cantidades de etano. Es el gas que se usa como combustible e insumo en la industria.

#### 2.4.3. Líquidos de gas natural (LGN)

Es una mezcla de propano, butanos, pentanos y otros hidrocarburos más pesados. Es un producto intermedio en el procesamiento del gas natural.

#### 2.4.4. Gas licuado de petróleo (GLP)

Es una mezcla de propano y butano. Se transporta en tanques y balones para utilizarse como combustible.

#### **2.4.5. Gasolina natural**

Es una mezcla de pentano, hexano y otros hidrocarburos más pesados. Se usa en las refinerías para la preparación de gasolinas de uso automotor y como materia prima para la petroquímica.

#### **2.4.6. Gas natural comprimido (GNC)**

El GNC es el gas natural seco comprimido a 200 bar. Se almacena en cilindros a alta presión y se usa como combustible alternativo en reemplazo de las gasolinas.

#### **2.4.7. Gas natural licuado (GNL)**

Es el gas natural seco que ha sido licuefactado mediante un proceso de enfriamiento, en el cual se disminuye su temperatura hasta  $-160^{\circ}\text{C}$  con una reducción de su volumen en aproximadamente seiscientas (600) veces. De esta forma el gas natural puede ser exportado a través de “barcos metaneros” a los centros de consumo.

### **2.5 Producción, Procesamiento Tratamiento del gas natural**

#### **2.5.1. Producción**

Es la operación que consiste en la extracción del gas natural de los reservorios que se encuentran en el subsuelo a profundidades que por lo general pueden variar desde los 500 m hasta los 3 000 m.

### 2.5.2. Procesamiento

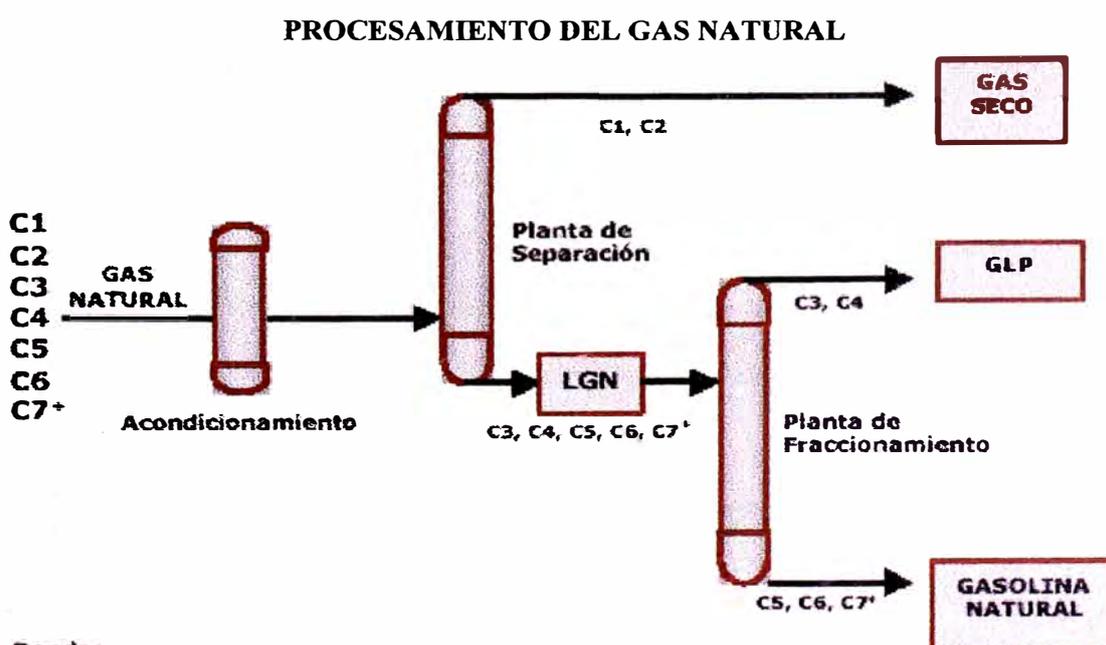
El Acondicionamiento del gas natural.- Consiste en la eliminación de las impurezas: azufre, agua, CO<sub>2</sub> y otras que no tienen valor comercial.

Separación de componentes del gas natural.- Mediante este proceso el gas se separa en:

1. Gas natural seco (metano y etano) que se transporta por gasoductos hasta los centros de consumo.
2. Líquidos de gas natural (LGN) constituido por propano, butanos, pentanos e hidrocarburos más pesados que se transportan por poliductos hasta una planta de fraccionamiento.

Fraccionamiento de componentes del LGN.- Viene a ser la separación de los líquidos de gas natural en:

1. Propano / butano (GLP).
2. Gasolina natural (pentanos e hidrocarburos más pesados).



**Donde:**

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

Figura N° 2

### 2.5.3. Tratamiento: Odorización

Es la adición de odorizantes al gas natural con la finalidad de que se pueda detectar su presencia mediante el olfato ya que el gas natural no tiene olor.

## 2.6. Transporte Distribución y Uso de Gas Natural

### 2.6.1. Transporte

El transporte de gas natural se realiza a través de gasoductos desde los lugares de producción o procesamiento hasta un punto que se le denomina “City Gate”, que viene a ser el lugar donde se realiza la reducción de presión, medición y odorización, antes de su distribución a los centros de consumo. El transporte por gasoductos se realiza a presiones que van del orden de 20 a 150 bar.

En la siguiente figura, se presenta en forma esquemática el flujo del gas natural desde el yacimiento hasta el consumidor final.

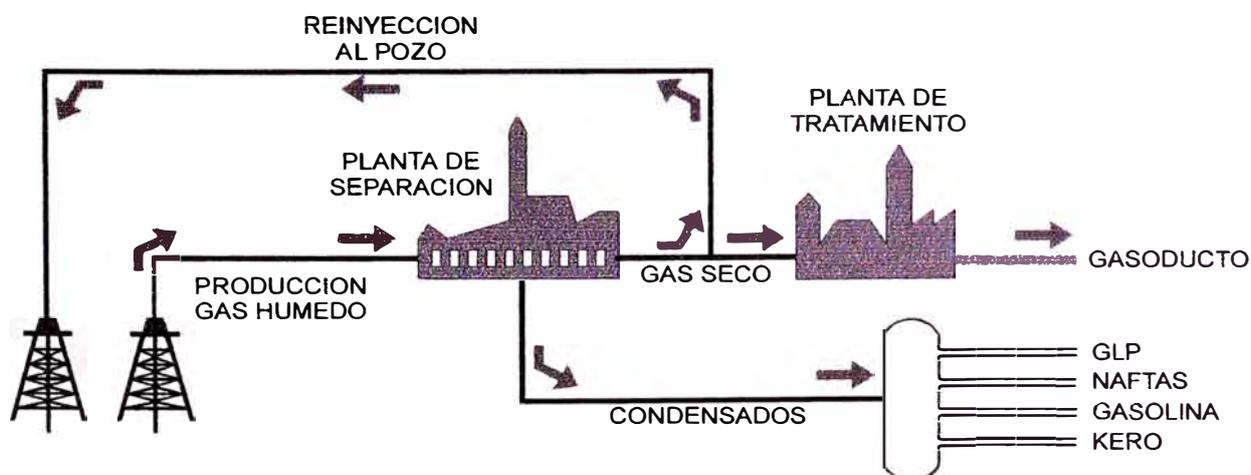


Figura N° 3

### 2.6.2. Distribución

La distribución viene a ser el suministro de gas natural a los usuarios a través de red de ductos. Por lo general empieza en el City Gate y termina en la puerta del usuario. La distribución se realiza a presiones por debajo de los 50 bar en sistemas de tubería de acero y a presiones por debajo de 6 bar en redes de polietileno.

#### Esquema de Distribución del Gas Natural

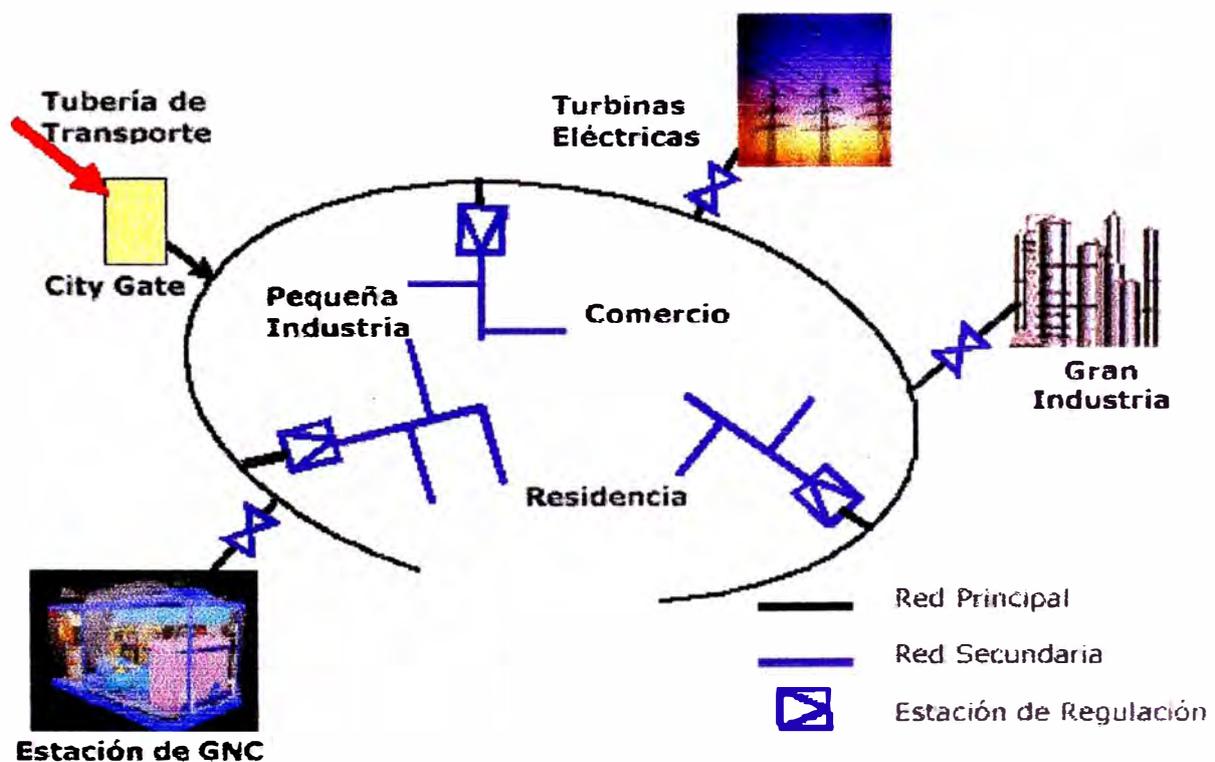


Figura N° 4

### 2.7 Uso Industrial del Gas Natural

El gas natural es el mejor combustible que pueden usar las industrias que utilizan hornos y calderos en sus procesos productivos. Por sus características reemplaza ventajosamente a otros combustibles. En la fabricación del acero es usado como reductor para la producción de hierro esponja. Es también utilizado como materia prima en la industria petroquímica.

El gas natural puede sustituir a los siguientes combustibles:

- Diesel.
- Residuales.
- Gas licuado de petróleo (GLP).
- Kerosene.
- Carbón
- Leña

### **2.7.1 Industria del vidrio**

Las propiedades fisico-químicas del gas natural han hecho posible la construcción de quemadores que permiten una llama que brinda la luminosidad y la radiación necesarias para conseguir una óptima transmisión de la energía calórica en la masa de cristal. Asimismo es importante mencionar que con el gas natural el producto final (vidrio) sale limpio.

### **2.7.2 Industria de alimentos**

En la producción de alimentos el gas natural se utiliza en los procesos de cocimiento y secado. El gas natural es el combustible que permite cumplir las exigencias de calidad ISO, que son requerimientos para ciertos productos de exportación.

### **2.7.3 Industria textil**

El gas natural permite el calentamiento directo por convección en sustitución del tradicional sistema de calentamiento mediante fluidos intermedios, con el consiguiente ahorro energético (entre el 20 y el 30%).

### **2.7.4 Industria de cerámicas**

El uso del gas natural en esta industria es muy ventajoso debido a que se consigue un ahorro económico y permite la obtención de productos de mejor calidad. Cabe indicar que los productos acabados de esta industria requieren de mucha limpieza y con el gas natural se consigue esta exigencia.

### **2.7.5 Industria del cemento**

Los hornos de las cementeras que utilizan gas natural son más eficientes y tienen mayor vida útil; no requieren de mantenimiento continuo y los gases de combustión no contaminan el ambiente como los demás combustibles.

### **1.7.6 Fundición de metales**

El gas natural ofrece a la industria metalúrgica variadas aplicaciones. Sus características lo hacen apto para todos los procesos de calentamiento de metales, tanto en la fusión como en el recalentamiento y tratamientos térmicos.

### **2.7.7 Generación de electricidad**

El gas natural es el combustible más económico para la generación de electricidad y el que produce menor impacto ambiental. Estas ventajas pueden conseguirse tanto en grandes como en pequeñas centrales termoeléctricas.

La generación de electricidad con gas natural es posible mediante turbinas.

### 2.7.8 Hierro esponja

De manera resumida se puede definir al Hierro Esponja como la reducción de un óxido en estado sólido elevando su temperatura pero sin llegar a la de fusión, utilizando para ello un elemento reductor que puede ser gas natural convertido a gas de síntesis.



## 2.8 Beneficios del uso del Gas Natural en la Industria

- Ahorros en mantenimiento y en inversiones.
- Mínima emisión de contaminantes.
- Mayor eficiencia de combustión.
- Reducción de costos de operación.
- Conexión simple a través de tuberías y facilidad de suministro.
- No requiere inventarios (almacenamiento).

## 2.9. Ventajas del uso del Gas Natural

### 2.9.1 Ventajas Ambientales

El gas natural es un combustible muy limpio comparado con los combustibles tradicionales lo que facilita el cumplimiento de exigentes normas ambientales. Una de las grandes ventajas del gas natural respecto a otros combustibles, es la baja emisión de contaminantes en su combustión.

*Emisión de contaminantes de combustibles (en términos del consumo energético) Para entender mejor sobre las emisiones producidas por los combustibles se presenta el siguiente cuadro comparativo.*

**Cuadro N° 1**  
año 2002

Combustible	MP Material Particulado	SO <sub>x</sub> Óxido de Sulfuro	NO <sub>x</sub> Óxido de Nitrógeno
Gas Natural	1	1	1
GLP	1,4	23	2
Kerosene	3,4	269	1,5
Diesel	3,3	1 209	1,5
Residual N° 5	15	4 470	4
Residual N° 6	39,4	4 433	4
Carbón	157	5 283	6

Fuente: Innergy soluciones.

En la generación de una determinada cantidad de energía calorífica, el gas natural es el que tiene menos emisiones.

**Cuadro resumen de efectos de distintos contaminantes sobre la salud de las personas y en el ambiente**

CONTAMINANTE	EFECTOS SOBRE	
	Las personas	El ambiente
<b>MP</b> <b>(Material Particulado)</b>	Disminución de la visibilidad. Aumento de afecciones respiratorias crónica, ronquera. Síntomas respiratorios nocturnos bronquitis. Acceso de asma bronquial.	Daño directo a la vegetación (dificultad en la fotosíntesis).
<b>SO<sub>2</sub></b> <b>(Dióxido de Sulfuro)</b>	Altamente nocivo en presencia de humedad.	Lluvia ácida.
<b>NO<sub>x</sub></b> <b>(Óxido de Nitrogeno)</b>	Irritante. Potencialmente cancerígeno.	Lluvia ácida Efecto invernadero.

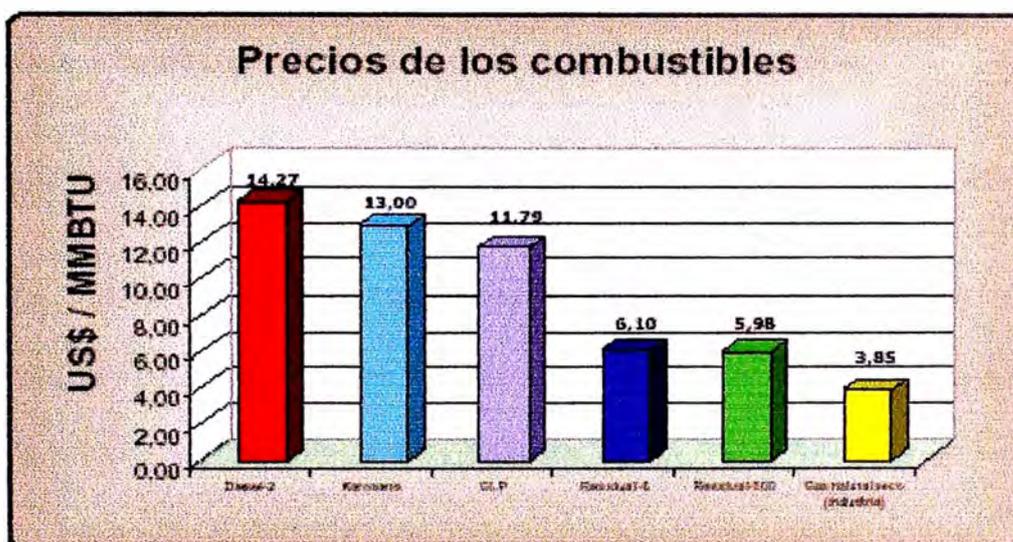
Según el estudio del Banco Mundial "World Development Report".

**Cuadro N° 2**

## 2.9.2 Ventajas Económicas

El gas natural es el combustible de menor precio y permite obtener importantes ahorros en relación con otros combustibles.

### PRECIOS EQUIVALENTES DE LOS COMBUSTIBLES



MMBTU: Millones de BTU.

Cuadro N° 3

Combustible	Poder calorífico (BTU/gal)	Precio* (US\$/gal)	Precio equivalente (US\$/MMBTU)
Diesel	131 036	1,87	14,27
Kerosene	127 060	1,65	13,00
GLP	97 083	1,14	11,79
Residual-6	143 150	0,87	6,10
Residual-500	143 421	0,86	5,98
Gas natural seco**	1 000 Btu/ie <sup>1</sup>		3,85

\* Precio Ex - Planta Petroperu (vigente al 31-12-02).

\*\* Precio Estimado - Osinerg (precio del gas + servicio de transporte y distribución).

Tipo de cambio : S/. 3,53/ US\$.

## **2.10. Ventajas Operacionales**

El gas natural está disponible en forma continua, no requiere tanques de almacenamiento disminuyendo los riesgos que ello implica y también los costos financieros.

No requiere preparación previa a su utilización, como por ejemplo, calentarlo, pulverizarlo o bombearlo como ocurre con el petróleo o el carbón.

Los equipos y quemadores de gas natural son fáciles de limpiar y conservar.

La combustión del gas natural puede finalizar instantáneamente tan pronto como cese la demanda de calor de los aparatos que lo utilizan, lo cual es muy adecuado para cargas variables e intermitentes.

La regulación automática es sencilla y de gran precisión, manteniendo constante la temperatura o la presión al variar la carga.

El rendimiento del gas natural en la combustión es superior al de otros combustibles.

## **CAPÍTULO 3**

### **BENEFICIOS DEL GAS NATURAL EN USO VEHICULAR**

El gas natural comprimido ( GNC ) y el gas licuado de petróleo ( GLP ) representan combustibles muy atractivos para los motores de combustión interna. Actualmente, en todo el mundo funcionan aproximadamente 1200 mil vehículos con GNC y 3,9 millones con GLP.

El gas natural ( GN ) 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 costos medioambientales del transporte de las ciudades tienen una trascendencia especial. Se calcula que el transporte urbano es el causante del:

- ❖ 12% de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- ❖ 64% de las emisiones de monóxido de carbono (CO)
- ❖ 69% de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- ❖ 49% de los compuestos orgánicos volátiles (COV)
- ❖ 33% de las partículas
- ❖ 30% del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- ❖ La principal fuente del ruido

En este marco se hace necesario una concepción ecológica del transporte urbano, en la que los denominados combustibles alternativos ofrecen sus principales ventajas.

### **3.1. El GNC Automotor**

El Gas Natural Comprimido (G.N.C.) utilizado como COMBUSTIBLE para automoción es el gas natural seco comprimido a una presión de 200. Se almacena en cilindros de alta presión y se usa como combustible alterno en reemplazo de las gasolinas. Su disponibilidad está asegurada mientras lo esté los yacimientos de gas natural.

El GNC es atractivo por 2 razones fundamentales: bajo costo en comparación con los combustibles automotores convencionales y menores emisiones contaminantes en los gases de combustión.

El costo de transformación de un vehículo al sistema dual gasolina - Gas Natural es de aproximadamente 1,800 a 2500 dólares, lo que definitivamente será una barrera de entrada muy fuerte para la migración masiva hacia el GNC una vez que se tenga disponibilidad de este combustible en Lima. Sin embargo tiene la ventaja de tener un costo muy bajo comparado con la gasolina que puede llegar a ser la tercera parte de su precio con los adecuados incentivos tributarios. Esta ventaja, unida a la limpieza en los gases de combustión, es la que está convenciendo a muchos organismos internacionales sobre los efectos concretos en la reducción de la contaminación que se pueden obtener en el transporte público una vez que se difunda su aplicación.

El costo de la transformación sólo podrá ser financiado económicamente en aquellos vehículos de gran recorrido diario como los buses y los taxis, por lo que una adecuada política energética deberá ayudar a favorecer el consumo del gas en estos segmentos del mercado.

Es el combustible mas limpio entre los combustibles alternativos.

- ▶ 95% menos Monóxido de carbono (CO),
- ▶ 70% menos Hidrocarbonos,
- ▶ 53% menos Óxidos de Nitrógeno (NOx).
- ▶ No contiene plomo
- ▶ No emite material particulado

La seguridad ha sido contemplada en los vehículos de GNC. Debido a la presión de almacenamiento (220 bar) los tanques son pesados y de alta resistencia mecánica. Llevan una cámara hermética alrededor de la válvula del tanque para aislarla en caso de fuga. Cuentan además estos sistemas con válvula de llenado máximo y de cierre automático a la parada del motor.

Su aplicación en vehículos se ha generalizado en taxis, flotas de reparto de mercancías, buses y camiones de basura. Es decir vehículos de gran recorrido y alto consumo de combustible donde se pueden ver inmediatamente los efectos beneficiosos en la reducción de las emisiones contaminantes. A continuación se presenta el desarrollo automotor en varios países:

Cuadro N° 1

PAÍS	VEHÍCULOS CONVERTIDOS	ESTACIONES DE SERVICIO	VRA	ULTIMA ACTUALIZACION
Argentina	619,705	884	1	Jan 01
Italy	320	320		Aug 00
USA	90	1,25		Aug 00
Brazil	80	100	1	Jan 01
Venezuela	32	170		Jan 01
Russia	30	202	3	Sep-00
Egypt	24,115	45		Sep-00
Canada	20,505	222	2,845	Aug 00
New Zealand	12	100	1	Aug 00
Colombia	10	28		Jan 01
India	10	11		Aug 00
China	6	70		Aug 00
Bolivia	6	17		Jan 01
Japan	5,684	107	370	Jul-00
Germany	5	110	450	Aug 00
Pakistan	4	30		Aug 00
Trinidad & Tobago	4	12		Jan 01
Malaysia	3,7	20		Aug 00
France	3,309	105	100	Aug 00
Indonesia	3	12		Aug 00
Australia	2	12	53	Nov-00
Chile	2	6		Jan 01
Sweden	1,5	22	16	Aug 00
Bangladesh	1	5		Aug 00
Great Britain	835	18	46	Aug 00
Iran	800	2		Aug 00
Holland	574	27	384	Aug 00
Spain	300	6	12	Aug 00
Belgium	300	5	60	Aug 00
Mexico	300	2	13	Jan 01
Switzerland	270	14	29	Aug 00
Burma	200			Aug 00
Turkey	189	3		Aug 00
Thailand	184	1		Mar-01
Austria	83	5	18	Aug 00
Ireland	65	1	6	Aug 00
Finland	34	5	4	Aug 00
Czech	30	11		Aug 00
Nigeria	28	2		Aug 00
Luxembourg	25	5		Aug 00
South Korea	22	1		Aug 00
Poland	20	4	13	Aug 00
Norway	18	3		Aug 00
Thaiwan	6	1		Nov-00
Denmark	5	1	3	Aug 00
Korea	4	1		Aug 00
Algeria		1		Aug 00
Hungary			14	Aug 00
South Africa			4	Aug 00
<b>TOTALS</b>	<b>1,252,997</b>	<b>3,954</b>	<b>4,393</b>	

Fuente: International Association for Natural Gas Vehicles

Una adecuada estrategia de desarrollo de esta alternativa energética ayudará, al igual que el GLP a la reducción del déficit de la Balanza Comercial Energética del país ya que permitirá el uso de las reservas de gas natural una vez que los gasoductos lleguen a las ciudades donde han de consumirse.

### 3.2. Propiedades del Gas natural

#### 3.2.1 Propiedades de Gas Natural a 15°C y 101,3 kPa ( 760 mmHg )

El principal componente del gas natural es el metano  $C H_4$ ,, cuya temperatura crítica es  $- 82$  o C. Por ello a temperaturas medio ambientales y altas presiones este gas no puede licuarse.

Cuadro N° 2

Composición y propiedades	Metano C H4	Etano C2 H6	Propano C3 H8	Butano C4H 10	Pentano C5 H12
•Composición porcentual % en volumen	81,8-99,2	0,07-10,2	0-12,6	0-7,6	0-3,6
•Propiedades:					
-Densidad:					
En estado gaseoso, kg/m3	0,67	1,273	1,867	2,46	3,05
En estado líquido, kg/l	0,415	0,446	0,51	0,58	0,626
-Temperatura de ebullición, o C	-161,6	- 88,6	-42,2	-0,5	36
-Calor de evaporación, MJ/kg	0,513	-	-0,431	0,394	-
-Poder calorífico inferior, MJ/M3	33,869	60,039	-85,766	111,699	137,913
- Número de octanaje	110	125	-120	93	-

**Cuadro N° 3 : Comparación de las propiedades del Gas con la Gasolina**

Propiedades	GLP			GNC			Gasolina
	Etano	Propano	Butano	Metano	Hidrógeno	Oxido de carbono	
•Masa respecto de la del aire, kg/m <sup>3</sup>	1,083	1,523	2,007	0,554	0,0695	0,967	3,94
•Densidad en estado líquido, kg/l	0,446	0,509	0,582	-	-	-	0,740
•Densidad en estado gaseoso, kg/m <sup>3</sup>	1,273	1,867	2,460	0,717	0,090	1,250	5,08
•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 de la mezcla carburante, MJ/m <sup>3</sup>	3,403	3,460	3,500	3,230	3,029	3,561	3,560
•Cantidad estequiométrica de 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, o C	650...	510...	475...	680...	500...	625...	470...
	580	580	510	750	600	675	530
•Número de octanaje	125	120	93	110	70	100	76

**Cuadro N° 4: Comparativo del Comportamiento de un motor encendido por chispa**

Parámetros de comportamiento del motor	Tipo de combustible		
	Gasolina	GLP	GNC
• Presión en el sistema de alimentación, Mpa	0,03	< 1,6	20
• Número 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 relación de compresión, %	-	5 -7	15 -18
• Adelanto de la chispa eléctrica	-	4 -6o	5 -7o

### 3.3. Gas Natural Comprimido en Vehículos

**Los vehículos a gas natural tienen las siguientes ventajas:**

- Costos de mantenimiento menores en un 20 - 30 % - debido a su combustión mas limpia
- Aumento de la vida util del motor en 30 -40%

- Cambios de aceite cada 15,000 - 30,000 Km. y las bujias pueden durar mas de 50,000 Km.
- El gas natural tiene un número de octano de 130, lo que permite que estos motores incrementen su performance.
- Disminución del desgaste de las piezas del grupo pistón en 1,5...2 veces.
- Disminución considerable de la toxicidad y humeado de los GE.
- Menor costo en el mercado respecto de otros combustibles.

### **Las Desventajas**

- Baja concentración de energía por unidad de volumen ( casi 1000veces menor que la gasolina ).
- Su transporte y su conservación son más complicados.

### **Cuestan mas que los vehículos convencionales**

- Entre US \$ 2,000 - 4,000 para autos nuevos
- Costo de conversión de motores a gasolina oscila entre US \$ 800 - 1,400
- Almacenado a 3000 – 3500 psi

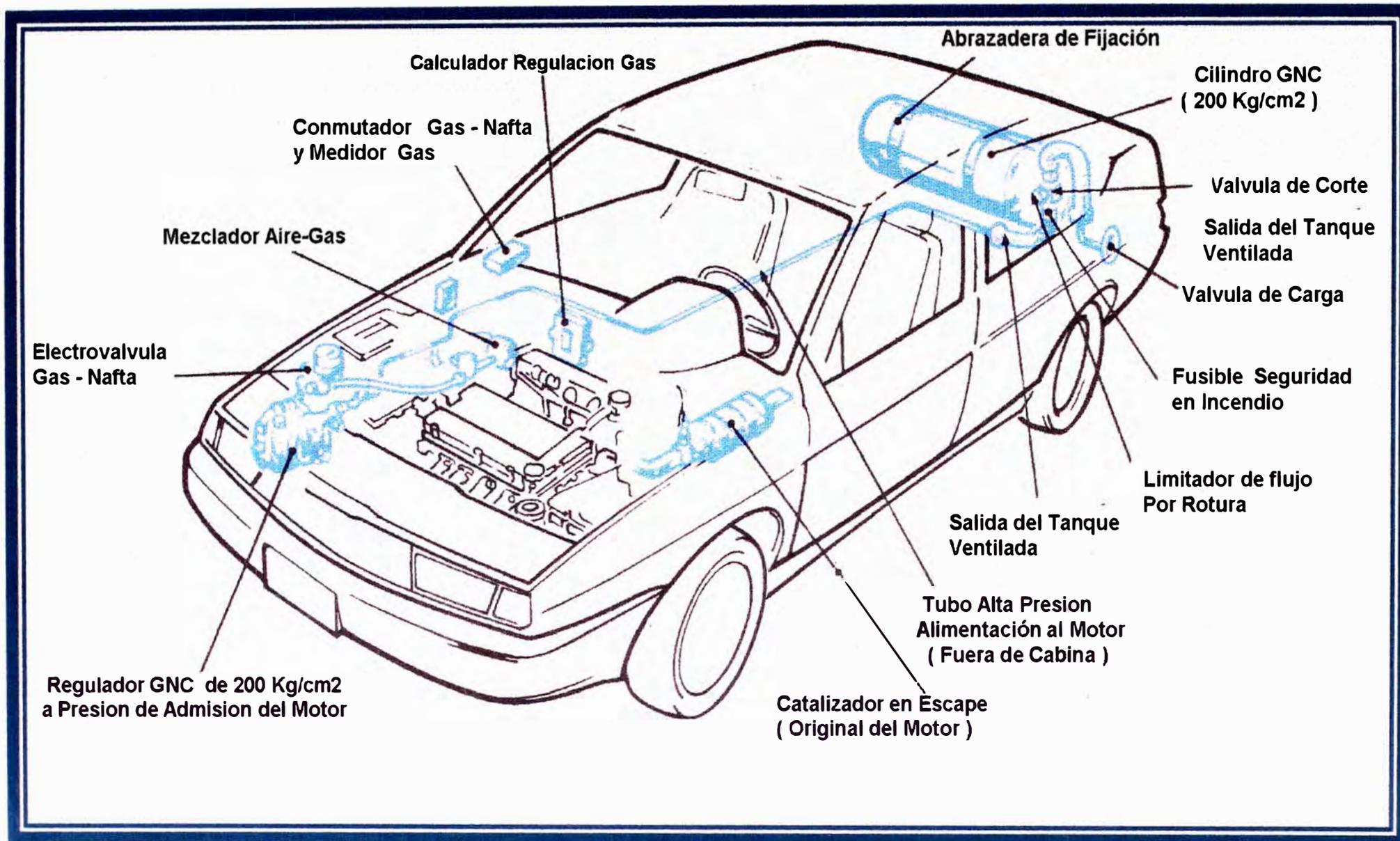


Figura N° 1

## CAPÍTULO 4

# TEORÍA DE LA COMBUSTIÓN

### 4.1 Teoría Inorgánica de la Combustión Industrial

En términos científicos, la combustión puede resultar algo extremadamente complejo y difícil de comprender, conocer y controlar.

Siendo una reacción química, la reversibilidad de la misma y las múltiples posibilidades de reacciones secundarias e intermedias, establecen una serie de fenómenos no estacionarios que sólo podrían lograrse en condiciones artificiales realizadas en el laboratorio.

Esta concepción de la combustión, aplicada a la práctica industrial, resulta inmanejable y explica los deficientes aprovechamientos del poder calorífico de los combustibles industriales, producto de una combustión ineficiente y descontrolada.

Existe un antagonismo radical entre lo técnico y lo científico; mientras lo científico y académico adquiere más valor en función de su mayor complejidad, lo técnico resulta más valioso en la medida que se simplifica. La mezcla de lo científico y lo técnico en el campo de la combustión industrial ha complicado su manejo y establecido graves limitaciones a su conocimiento y control.

La Teoría Inorgánica de la Combustión Industrial no representa solamente un intento de simplificar la tecnología de la combustión, sino que constituye la manera

correcta de interpretar la forma en que se desarrolla la combustión como reacción química y como proceso fisicoquímico en el ámbito industrial. Los postulados que definen y fundamentan esta teoría son los siguientes :

**4.1.1 POSTULADO 1 : Todos los combustibles industriales son lo mismo : combinaciones Hidrógeno-Carbono**

En su concepción más simple, la combustión puede definirse como la acción de arder o quemarse de cualquier forma de materia combustible, por efecto de la reacción de sus elementos componentes con el oxígeno, formando nuevos compuestos y liberando energía en forma de luz y calor.

Es una ley establecida por la ciencia, que la materia no se crea ni se destruye y que la energía liberada en cualquier proceso de combustión es exclusivamente exceso de energía que las nuevas moléculas formadas son forzadas a liberar, debido a su reordenamiento interno.

La gran mayoría de elementos químicos conocidos pueden combinarse con el oxígeno y casi todas las reacciones de oxidación son exotérmicas; afortunadamente, la naturaleza se ha encargado de simplificar el campo de la combustión, determinando que los combustibles industriales se encuentren constituidos fundamentalmente por carbono, hidrógeno y azufre, siendo el resto impurezas y componentes minoritarios.

El azufre, presente en pequeñas proporciones, tiene mayor importancia como formador de agentes corrosivos, por lo cual resultará conveniente considerarlo como impureza, integrar su composición a la del carbono para efectos estequiométricos y

analizar sus reacciones como problemas de post-combustión.

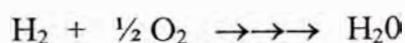
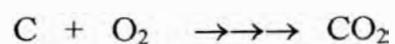
En cuanto a comburentes se refiere, únicamente nos interesa el oxígeno; principalmente el aportado por el aire, al cual también consideraremos para efectos prácticos como constituido únicamente por oxígeno y nitrógeno. En algunos casos, resultará necesario tomar en cuenta el enriquecimiento del aire como comburente aumentando su proporción de oxígeno y el empleo de oxígeno puro, pero fundamentalmente nos interesa la combustión con aire atmosférico.

Así, tenemos que las reacciones de combustión que nos interesan son única y exclusivamente las que se producen entre el carbono e hidrógeno del combustible con el oxígeno del aire.

**4.1.2 POSTULADO 2 : Todos los combustibles industriales se queman en la misma forma**

El carbono e hidrógeno contenidos en cualquier combustible sólido, líquido o gaseoso, sea cual fuere la forma química en que se encuentren combinados, se disociarán a su forma elemental antes de reaccionar con el oxígeno disponible.

En realidad, las reacciones de combustión del carbono y del hidrógeno con el oxígeno, son siempre elementales y únicas :



Sea cual fuere el compuesto químico que se encuentre en el combustible, se disociará en C y H reaccionando en la forma elemental.

El diferente comportamiento del Carbono y el Hidrógeno al reaccionar con el Oxígeno determinará la forma característica de la combustión de cada combustible en particular, en función de su relación carbono-hidrógeno y la forma de combinación que se presenten ambos en su composición original.

Mientras el Hidrógeno reacciona violentamente con el oxígeno en fase gaseosa formando directamente H<sub>2</sub>O, la reacción del carbón elemental con el Oxígeno se produce en dos etapas :

- ❖ Reacción sólido-gas entre el carbón elemental y el oxígeno formando CO.
- ❖ Reacción gas-gas entre el CO y el Oxígeno formando CO<sub>2</sub>.

En el siguiente cuadro se presentan los poderes caloríficos que corresponden a cada combustible en función de su relación carbono/hidrógeno, sus calores de disociación y el poder calorífico real producto de la diferencia de ambos, para los combustible más conocidos y utilizados en la práctica industrial.

**PODER CALORIFICO DE COMBUSTIBLES  
EN FUNCION DE LA RELACION (C/H)**

<b>Combustible</b>	<b>Relación (C/H)</b>	<b>P.C.I. (kcal/kg)</b>
Metano	3	11971
	4	11362
Propano	4,5	11094
	4,8	10944
	5	10851
Diesel 2	5,5	10476
	6,5	10079
	7,5	9706
Residual	8,1	9690

**Cuadro N° 1**

#### **4.1.3 POSTULADO 3 : La partícula elemental de carbono representa el núcleo básico de la combustión industrial**

En la práctica, la combustión del carbón resulta mucho más importante que la del hidrógeno por 2 razones fundamentales:

- ❖ La proporción del carbón respecto al hidrógeno en los combustibles es siempre sensiblemente mayor.

El combustible más liviano es el metano ( $\text{CH}_4$ ) con una relación Carbono/Hidrógeno igual a 3 lo que significa que tiene un 75% en peso de carbono.

La proporción en peso del carbono en todos los combustibles industriales varía entre 75 y 100%.

- ❖ La combustión del hidrógeno es prácticamente instantánea en cualquier condición, mientras que el tiempo de reacción de la partícula de carbón puede ser de varios segundos, efectuándose en 2 etapas: combustión heterogénea sólido gas desprendiendo CO y la de éste con el  $\text{O}_2$  para completar el  $\text{CO}_2$ .

La velocidad de propagación de la llama de hidrógeno es 50 veces mayor que la del CO, siendo ambas medidas en milésimas de segundo, mientras que la combustión de una partícula de carbón de tamaño promedio (30 micras), puede tomar varios segundos.

De esta forma, el control sobre la llama resulta casi exclusivamente dependiente de la combustión de la partícula de carbón.

**4.1.4. POSTULADO 4 : Las partículas de carbón siempre combustionan en forma elemental y heterogénea**

Para sustentar esta hipótesis resultan determinantes los altos valores de los puntos de fusión y sublimación del carbono : 3600 y 4200 °C respectivamente, temperaturas que no se alcanzan en procesos industriales.

Definida la reacción heterogénea como el punto de convergencia ineludible de todas las formas de combustión industrial y representando el factor fundamental de control del proceso, resultará de la mayor importancia conocer el mecanismo a través del cual se produce la oxidación de la partícula de carbón.

La reacción se inicia en la superficie de la partícula al ponerse en contacto los átomos de carbono y las moléculas de oxígeno, generalmente contenido en el aire, que actúa como comburente y se alcanzan las condiciones mínimas para desencadenar la reacción.

Los parámetros que permiten caracterizar la partícula de carbón en cuanto a su comportamiento durante el proceso de combustión son los siguientes:

- a) Tamaño de partícula, expresado como diámetro promedio en micras, resulta determinante de la velocidad de reacción y liberación de calor.
- b) Porosidad: Influencia la velocidad de reacción al incrementar la superficie de contacto para calentamiento y reacción heterogénea.
- c) Contenido de volátiles: Al gasificarse y quemarse con relativa facilidad, los volátiles influyen la velocidad de calentamiento de la partícula y por tanto la

cinética de la reacción heterogénea, disminuyendo el tiempo de reacción para un mismo tamaño de partícula.

- d) Reactividad: Depende de las características superficiales de la partícula y de la presencia de centros activos de reacción, caracterizados por irregularidades propiciadas por rugosidades, concentración de combinaciones del oxígeno, hidrógeno, azufre, etc.

Las características térmicas de la partícula, tales como su calor específico, conductividad térmica y su estabilidad de volumen (hinchamiento y crepitación) al calentarse, influyen directamente su reactividad en presencia de oxígeno.

#### **4.2 La Llama como manifestación visible de la combustión**

En términos teóricos, la llama es el medio gaseoso en el que se desarrollan las reacciones de combustión, produciendo radiaciones luminosas de origen tanto térmico como químico, no necesariamente en el espectro visible, que constituyen manifestaciones de las condiciones en que se efectúa la generación de calor.

En términos prácticos, podríamos definir a la llama como *"el espacio donde se realiza la combustión"*, o también, como *"la manifestación visible de la combustión"*, cuando se trata de combustibles sólidos y líquidos.

La mezcla combustible-comburente es la fuente de la llama; el quemador es su creador, vigilante y mantenedor.

La creación y mantenimiento de una llama apropiada, es un requisito previo e imprescindible para el aprovechamiento racional de la energía contenida en el

combustible y que es capaz de arder en forma de calor.

Decir que una llama es apropiada, significa que tiene un conjunto de cualidades y características de naturaleza geométrica, física y química idóneas y compatibles con la aplicación perseguida.

#### 4.2.1. Condiciones Límites para que se produzca una llama

##### a) Límites de inflamabilidad

La relación de combustible/oxígeno (aire) resulta crítica. Si esta relación es muy pequeña el combustible será muy pobre para quemarse, y si es demasiado grande, será demasiado rica para arder. Los límites de la relación combustible aire, en ambos sentidos, se llaman "*límites superior e inferior de inflamabilidad del combustible*". En el siguiente cuadro se presentan valores para algunos gases y vapores conocidos.

#### LIMITES DE INFLAMABILIDAD

Sustancia	Límite Inferior	% Volumen en aire Límite Superior
Monóxido de carbono (CO)	12,5	74,0
Hidrógeno (H <sub>2</sub> )	4,1	74,0
Metano (CH <sub>4</sub> )	5,3	14,0
Etileno (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	3,0	29,0
Etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	3,2	12,5
Propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	2,4	9,5
Butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	1,9	8,4
Pentano (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	1,4	7,8
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	1,4	6,7
Gas Natural	4,8	13,5

Cuadro N° 2

### ***b) Límites de temperatura***

Las **Temperaturas máxima y mínima**, a las que pueden encontrarse los gases de combustión, coincidentes con los instantes final y de encendido de la llama, establecen igualmente límites por sobre los cuales, no podrá mantenerse una combustión estable, por romperse el equilibrio entre la difusión térmica y la velocidad de producción de calor.

### ***c) Límites de presión***

Existen igualmente **límites de presión** que establecen un intervalo de presiones, dentro del cual puede existir una llama. Por debajo de 1 mbar absoluto las llamas tienden a extinguirse. El límite superior lo establece la peligrosidad de la mezcla a altas presiones, pudiendo estar por encima de 100 bar.

### ***d) Límites por el "efecto pared"***

Los intercambios térmicos entre la llama y las paredes del recinto, establecen un límite denominado "**efecto pared**". Incluye la propia boquilla de salida, lo cual hace que en sus proximidades no se observe llama, y la presencia de "puntos fríos" en el interior de la cámara de combustión.

## **4.2.2. Temperaturas de la llama**

Se denomina temperatura teórica de combustión, temperatura adiabática de combustión o temperatura de combustión calorífica, a la que se obtendría en una combustión estequiométrica, con mezcla perfectamente homogénea y en un tiempo brevísimo que no dé tiempo a pérdidas caloríficas con el ambiente.

Para el cálculo teórico de la temperatura adiabática de llamas se utiliza la siguiente fórmula :

$$T_a = \frac{PCI}{V_g \times C_p}$$

Donde :

$T_a$  : Temperatura adiabática de llama

PCI : Poder Calorífico Inferior

$V_g$  : Volumen de gases de combustión

$C_p$  : Calor Específico de los gases de combustión

En el siguiente cuadro se presenta la comparación de algunas temperaturas de llamas. Es importante observar que las llamas mas calientes, no son las que en teoría corresponden a una mayor liberación de energía, sino a aquellas cuyos productos finales de la combustión son más estables.

**COMPARACION DE ALGUNAS TEMPERATURAS DE LLAMAS**

COMBUSTIBLE	COMBURENTE	TEMP. °C	INDICE EXCESO AIRE n	TEORICA °C	REAL °C
Acetileno	Aire	15	1,00	2630	2320
Monóxido de Carbono	Aire	15	1,00	2470	2100
Hidrógeno	O2	15	----	2974	----
Hidrógeno	Aire	15	1,00	2210	2045
Gas Natural	Aire	15	1,00	1961	1735
Gas Natural	Aire	15	1,00	1961	1880
Metano	Aire	15	1,00	1915	1880
Etano	Aire	15	1,00	a	a
Propano	Aire	15	1,00	1980	1925
Butano	Aire	15	1,00		
Fuel oil pesado	Aire	15	1,00	2015	
Fuel oil pesado	Aire	15	1,30	1690	
Fuel oil pesado	Aire	300	1,00	2120	
Fuel oil pesado	Aire	300	1,30	1845	

**Cuadro N° 3**

Las temperaturas reales en la llama, disminuirán en función de las condiciones reales de trabajo, dependientes de algunos de los siguientes factores:

- a) Calor sensible del aire y el combustible.
- b) Exceso de aire.
- c) Características de la transferencia de calor en la cámara de combustión.
- d) Difusión molecular de reactantes.
- e) Difusión térmica de productos.

#### **4.3. Características de Combustión de los Gases**

Como comburente se emplea siempre en la práctica el aire. Sólo en casos excepcionales se utiliza el oxígeno puro. Composición del aire, en peso: 23 % oxígeno + 77 % nitrógeno. En volumen: 21 % oxígeno + 79 % nitrógeno. Prácticamente se toma siempre: 20 % oxígeno + 80 % nitrógeno.

La combustión viene siempre acompañada de un desprendimiento de calor, y este fenómeno, en la mayoría de los casos, se hace sensible a nuestra vista por la presencia de la llama, la cual constituye la fuente de calor.

Para que la combustión pueda iniciarse y propagarse es necesario que se cumplan simultáneamente dos condiciones:

- El combustible y el comburente deben mezclarse en ciertas proporciones;
- La temperatura de la mezcla debe ser localmente superior a su temperatura de inflamación.

Otras dos condiciones suplementarias son precisas para que la combustión prosiga:

- Los productos de la combustión tienen que evacuarse a medida que se produzcan;
- La alimentación del combustible y comburente deben asegurarse de forma que satisfagan a las dos primeras condiciones.

Para que la combustión se realice en buenas condiciones, es necesario que:

- La cantidad de aire sea la mínima conveniente para obtener una combustión completa;
- Se cumplan determinadas exigencias de tiempo, turbulencia y temperatura.

Resumiendo: Los principios de una buena combustión se reducen a *«Suministrar al combustible la adecuada y correcta proporción de aire, en el lugar apropiado, facilitando las debidas condiciones de tiempo, turbulencia y temperatura, a fin de que las reacciones de la combustión puedan efectuarse de la manera más completa posible en la cámara de combustión o en el laboratorio del horno».*

#### **4.3.1. Aire teórico**

Se entiende por aire teórico la cantidad de aire necesaria y suficiente para asegurar la combustión completa de un metro cúbico de gas. Se expresa en metros cúbicos normales de aire por metro cúbico normal de gas.

Cuando un metro cúbico normal de gas está mezclado con un volumen de aire

igual al teórico, se define como mezcla estequiométrica o teórica. A la cantidad de aire teóricamente necesaria a la combustión se le llama también «poder comburívoro».

#### **4.3.2. Poder fumígeno**

Se define como el volumen, expresado en condiciones normales, de productos obtenidos en la combustión completa de un metro cúbico normal de un gas asociado a la cantidad de aire igual a la teórica.

Dado que el agua resultante de la combustión puede considerarse en estado líquido o de vapor, se distinguen dos poderes fumígenos: el seco (denominado comúnmente volumen de humos secos), en el que el agua de combustión está en estado líquido (condensada), y el húmedo (o volumen de humos húmedos), que es el volumen de productos de combustión efectivamente a evacuar, en el cual el agua está en estado de vapor.

El poder fumígeno se expresa en metros cúbicos normales de humos por metro cúbico normal de gas.

Con el poder fumígeno seco, se acostumbra a indicar la concentración máxima de anhídrido carbónico resultante de la combustión, expresada en tanto por ciento.

#### **4.3.3. Exceso de aire - Coeficiente de suministro**

En la práctica es imposible obtener una combustión completa suministrando la cantidad teórica de aire a la combustión, ya que siendo ésta una reacción química

de oxidación, es prácticamente imposible que todo el oxígeno del aire se combine con las sustancias combustibles hasta completar la reacción. Como en todas las reacciones químicas, es necesaria una concentración de los reactivos y un determinado tiempo y condiciones para que la reacción se complete. Si queremos que todo el oxígeno se combine, será necesario un exceso de combustible que, naturalmente, dará una pérdida importante en el rendimiento térmico. Por ello es preferible que haya exceso (mínimo) de aire para que arda la totalidad del combustible. Ello provocará, naturalmente, una dilución de los productos de la combustión y una pérdida térmica por los humos, la cual será siempre inferior a la pérdida por inquemados. A este exceso de aire se le conoce por coeficiente de suministro de aire  $K$ . Dicho coeficiente tiene los siguientes valores para los distintos combustibles: para combustibles sólidos,  $K$  1,4 a 2,5 (exceso de aire de 40 a 150 %); para combustibles líquidos,  $K$  1,25 a 1,6 (exceso de aire de 25 a 60 %); para combustibles gaseosos,  $K$  1,1 a 1,4 (exceso de aire de 10 a 40 %). Este coeficiente, relativamente bajo para el gas natural comparado con el de los combustibles sólidos y líquidos, representa una importante mejora en el rendimiento térmico de la combustión, a consecuencia de una pérdida más baja en la chimenea y una temperatura más alta de combustión.

A pesar del empleo de exceso de aire en la combustión, en la práctica se encuentran casi siempre, en el análisis de los humos, pequeñas proporciones de CO y H<sub>2</sub>.

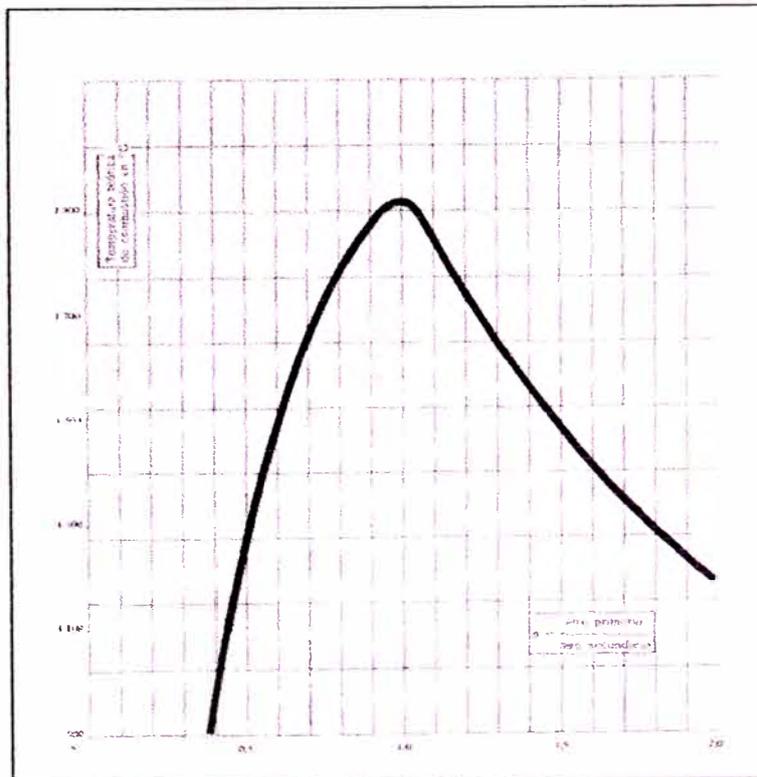
#### 4.5.4. Temperatura teórica de combustión

La temperatura teórica de combustión es aquella que alcanzarían los productos de la misma, si todo el calor de la reacción fuese empleado en su calentamiento. La temperatura teórica de combustión del gas natural en el aire es de 1 900 °C. Como siempre existen pérdidas de calor, esa temperatura no se alcanza en la práctica. La curva de la figura siguiente indica la temperatura teórica de combustión del metano puro para las diferentes relaciones

$$n = \frac{\text{Aire primario}}{\text{Aire teórico}}$$

Dicha temperatura puede sobrepasar los 2 500 °C, enriqueciendo el aire con oxígeno.

**Temperatura teórica de combustión del metano teniendo en cuenta la disociación en función del factor de aire (n)**



#### **4.3.5. Temperatura de ignición**

Es la temperatura mínima que debe alcanzarse para que pueda iniciarse y propagarse la combustión en un punto de una mezcla inflamable de aire y gas. El auto-encendido de una mezcla de gas natural y aire, comprendida dentro de los límites de inflamabilidad, tiene lugar a una temperatura del orden de 650 -750 °C.

#### **4.3.6. Límites de inflamabilidad**

Son los límites de la composición de la mezcla aire-gas para que la combustión pueda iniciarse y propagarse. Se expresan en tanto por ciento de contenido de gas combustible en la mezcla aire-gas.

Por debajo del límite inferior de inflamabilidad, la mezcla no es suficientemente rica en combustible para quemar; por encima del límite superior de inflamabilidad, la mezcla es pobre en comburente.

#### **4.3.7. Velocidad de deflagración**

Una llama estable de una mezcla aire-gas, comprendida entre los límites de inflamabilidad, se propaga a una cierta velocidad, que depende de variables físicas y químicas, composición de su mezcla con el aire de combustión, temperatura, presión, forma y dimensiones del quemador. Para el gas natural, la velocidad de deflagración o de propagación es del orden de 0,3 m/s

#### **4.3.8. Velocidad crítica de retorno de llama**

Se designa así el límite inferior de velocidad de salida en la cabeza de un quemador con mezcla previa de aire-gas, compatible con una llama estable; si la

velocidad de salida es inferior a la velocidad crítica, la llama se propaga al interior del quemador en la mezcla gas-aire (el quemador se dice que «se cala»).

#### **4.3.9. Velocidad de desprendimiento de llama**

Es el límite superior de la velocidad de salida a la cabeza del quemador compatible con una llama estable: si la velocidad de salida es superior a la velocidad de propagación de la llama, ésta se desprende del quemador.

#### **4.3.10. Rendimiento de combustión**

Se entiende por rendimiento de combustión la relación entre la cantidad de calor cedida por la combustión, respecto a la cantidad de calor suministrada por el combustible. Se expresa por:

$$R_c = \frac{\text{Calor suministrado} - \text{Calor arrastrado por los humos}}{\text{Calor suministrado}} = \frac{Q - q}{Q}$$

El calor suministrado es la cantidad de calor aportada por la combustión, que comprende:

- el calor latente del combustible, que en el caso de un gas es su poder calorífico. Como en la combustión de gases el calor de condensación del vapor de agua no se recupera en la práctica industrial, es corriente referir los cálculos al poder calorífico inferior;
- el calor sensible del gas, si éste está precalentado; en la práctica, los gases de poder calorífico elevado se utilizan siempre a temperatura ambiente;
- el calor sensible del aire de combustión.

En el caso en que el aire y el gas se utilicen a la temperatura ambiente, se desprecian los calores sensibles correspondientes, y se efectúan los cálculos tomados como temperatura de origen 0°C.

El rendimiento de combustión en los gases toma entonces la forma:

$$R_c = \frac{P.C.I. - \text{Calor de los humos}}{P.C.I.}$$

## CAPITULO 5

### EQUIPAMIENTO DE UN GASOCENTRO

Las estaciones de servicio se clasifican como:

Tipo I Estación de llenado rápido

Tipo II Estación de llenado lento

Tipo III Estación dual

Tipo IV Estación residencial

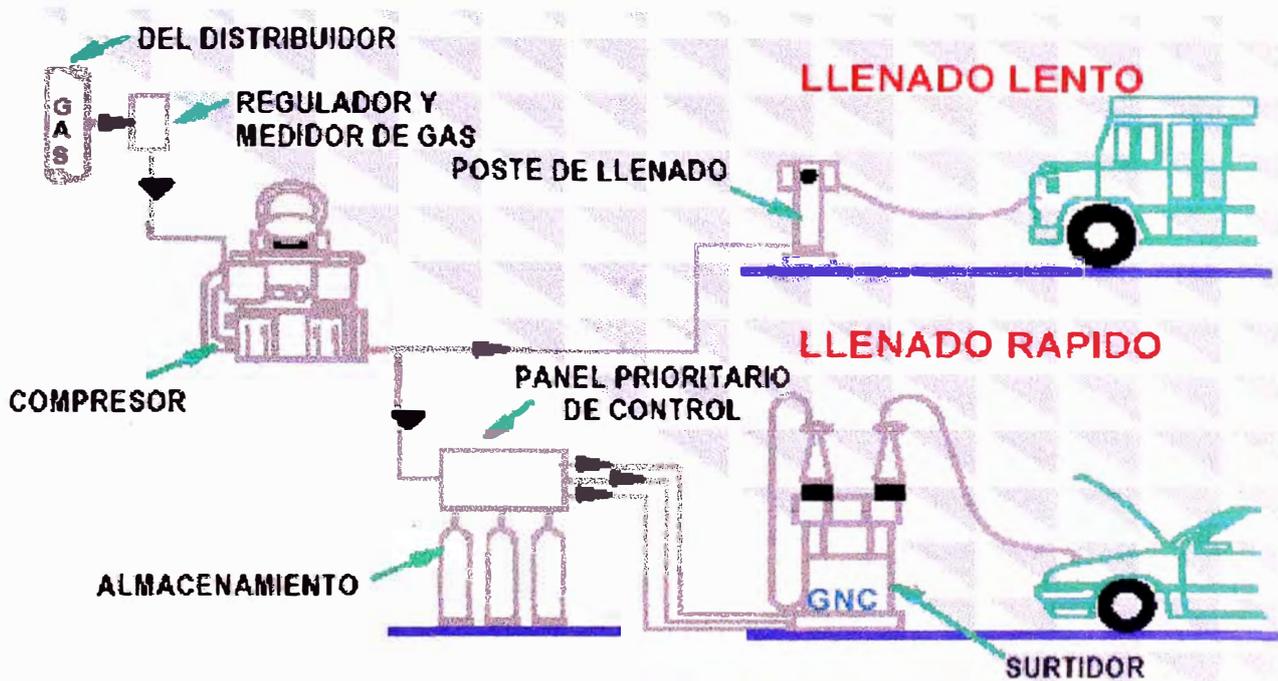
#### 5.1. **Componentes de un Gasocentro**

Las estaciones están constituidas por los siguientes componentes:

- Estación de regulación y medición
- Sistema de compresión
- Panel prioritario
- Almacenamiento
- Surtidor o poste
- Panel secuencial
- Secador de gas
- Sistema de paro de emergencia
- Filtro a la entrada y salida del compresor
- Sistema de compensación de carga
- Sistema de seguridad contra incendio

- Componentes de seguridad de alarma
- Odorizador

### Componentes de las Estaciones de servicio



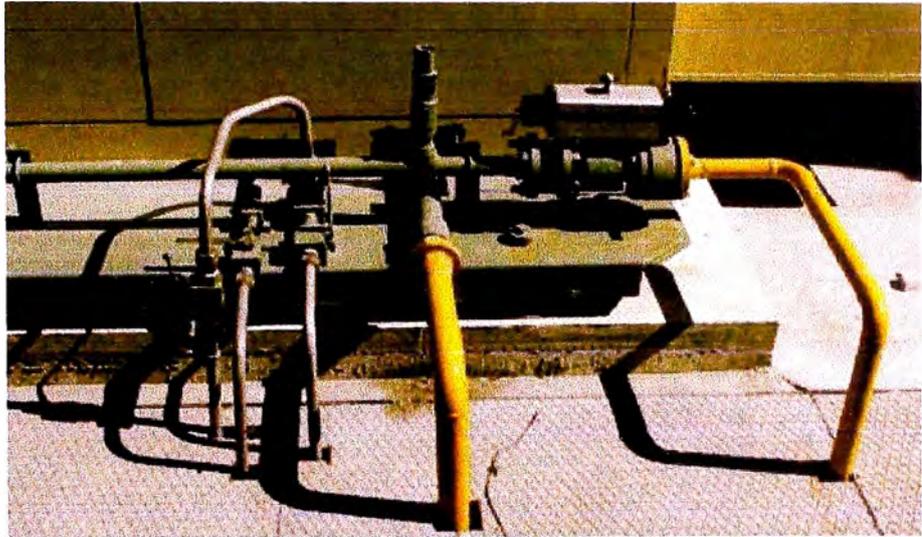
Esquema típico de una estación de llenado rápido y lento

Figura N° 1

### 5.2. Detalle de Instalación de una Estación de GNC

A continuación presentaremos unas fotografías de los detalles de la Instalación de Estación de GNC, dicha Instalación esta ubicada en el parque de recogida de basuras de Aguacate (Madrid), consta de dos compresores Cubogas , y 8 surtidores dobles pudiendo repostar a la vez a un total de 16 camiones , además esta plenamente automatizada tanto a nivel de surtidores como de camiones.

**Regulador de presión  
de almacenamiento  
externo**



**Figura N° 2**

**Sistema de  
almacenamiento  
Externo**



**Figura N° 3**



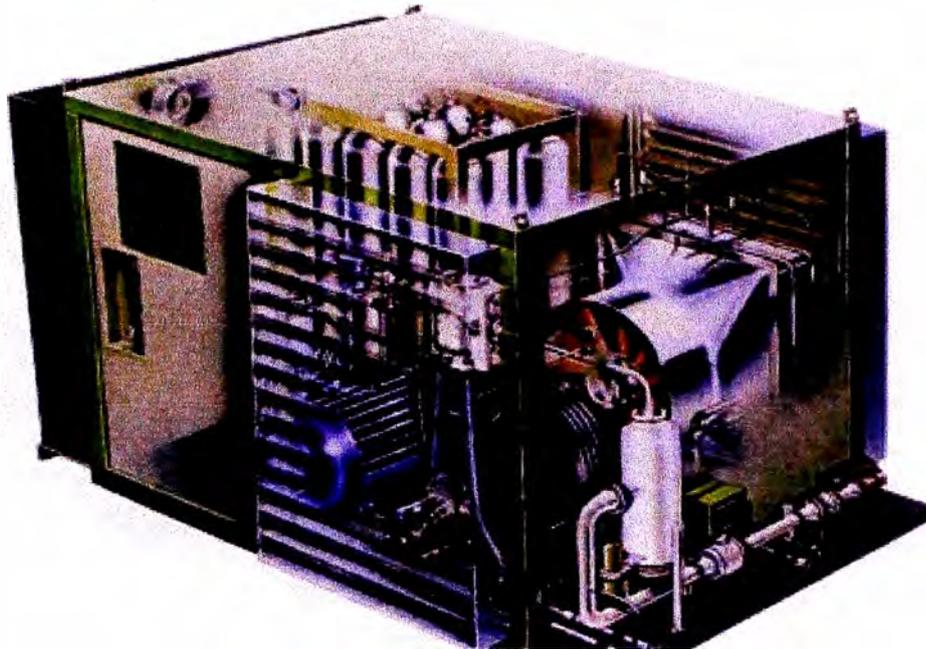
**Deposito pulmon a la entrada de compresores e  
Instalación de los Cubogas**

**Figura N° 4**



***Cubogas N°2 Instalado en FCC Pozuelo (Madrid)***

**Figura N° 5**



**Figura N° 6** *Vista Interior de un Cubogas*

***Distribuidor de Gas Natural Comprimido***

Presión Máxima : 220 bar  
Alimentación: 220 V.  
Caudal máximo : 18 kg/min.  
Caudal mínimo : 0,3 kg/min.

1 o 2 Mangueras.



**Figura N° 7**

### 5.3. Dimensionamiento de los surtidores

Los surtidores deben estar montados sobre un módulo de abastecimiento, como mínimo con las características y distanciamientos que se muestran en las figuras típicas 1, 2, 3 y 4 y con protección tubular contra choques.

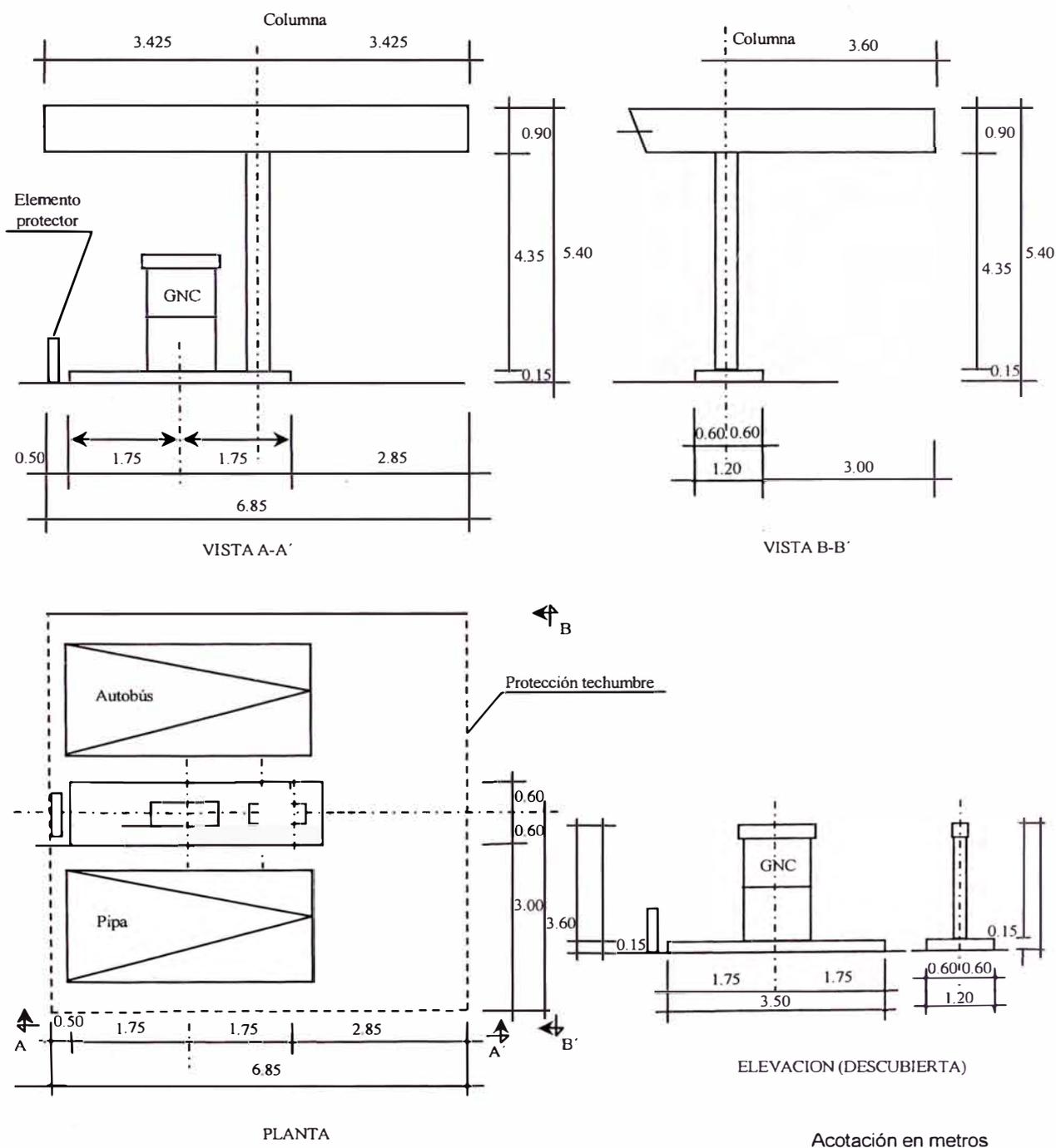


Figura 8: Techumbre, módulo de abastecimiento sencillo

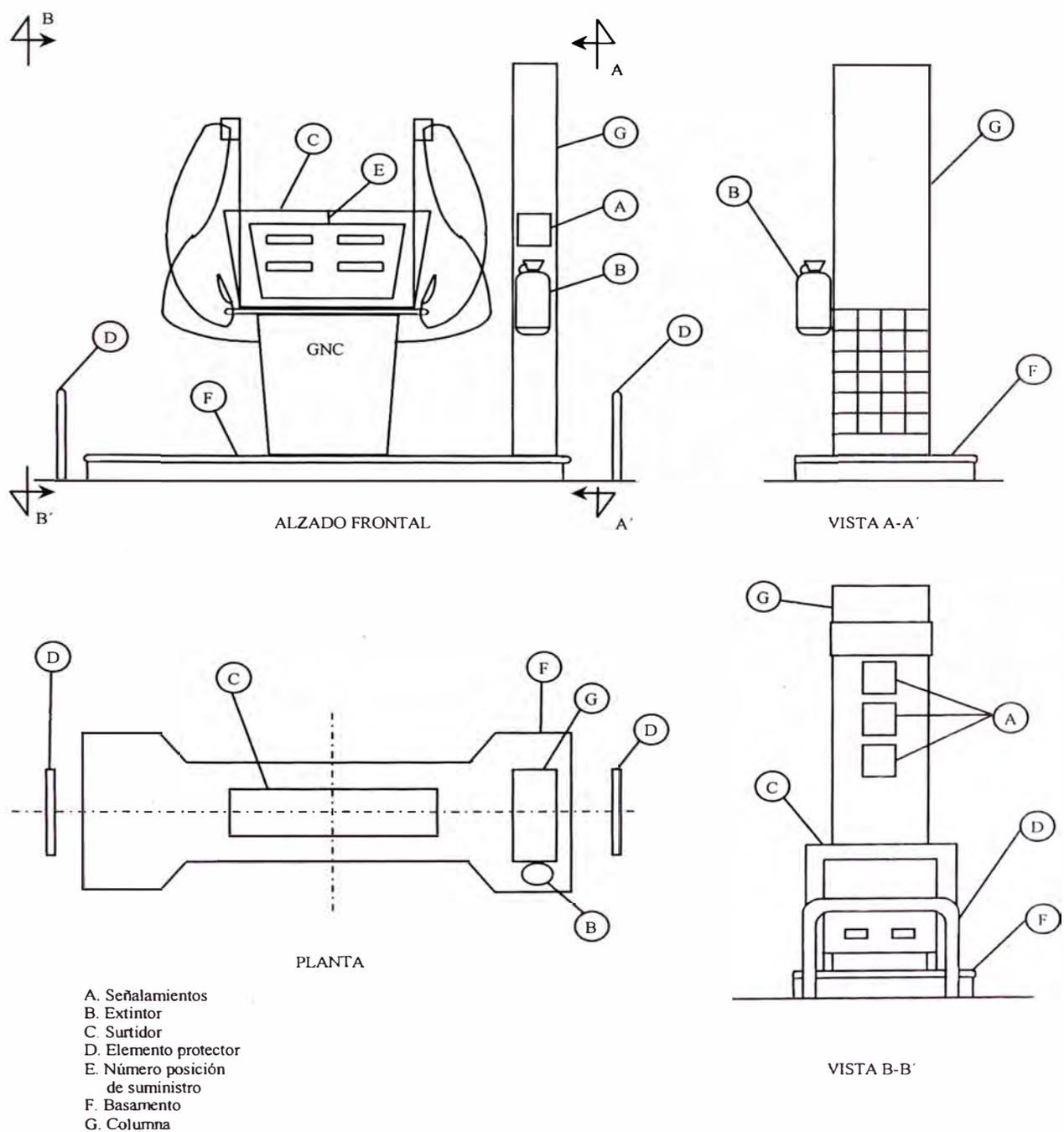
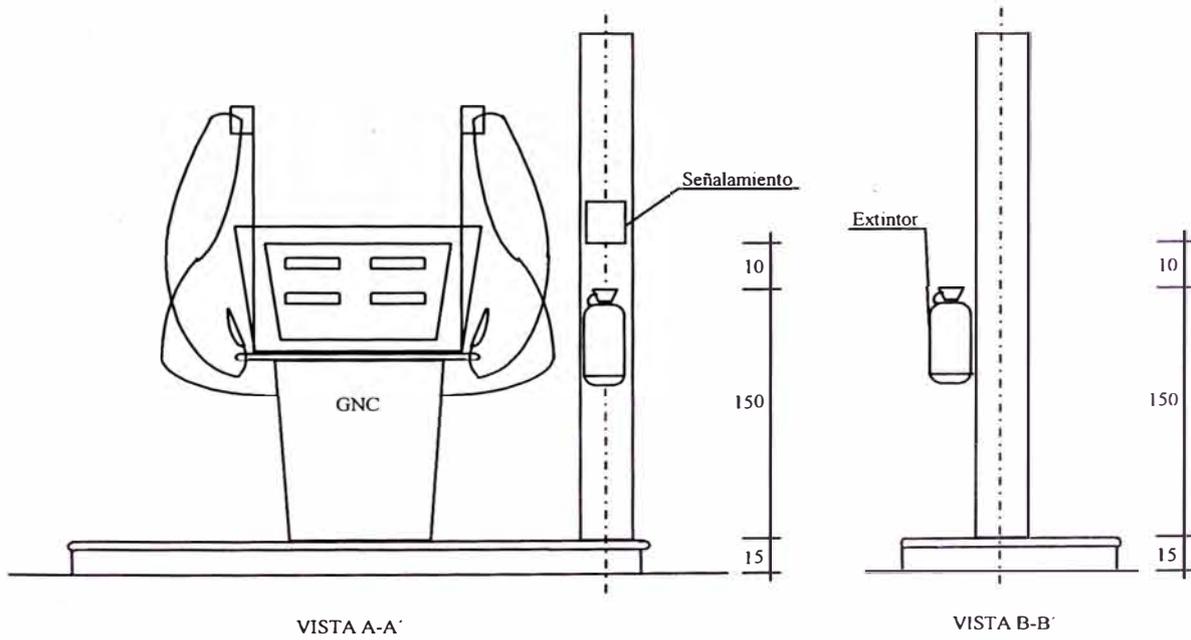
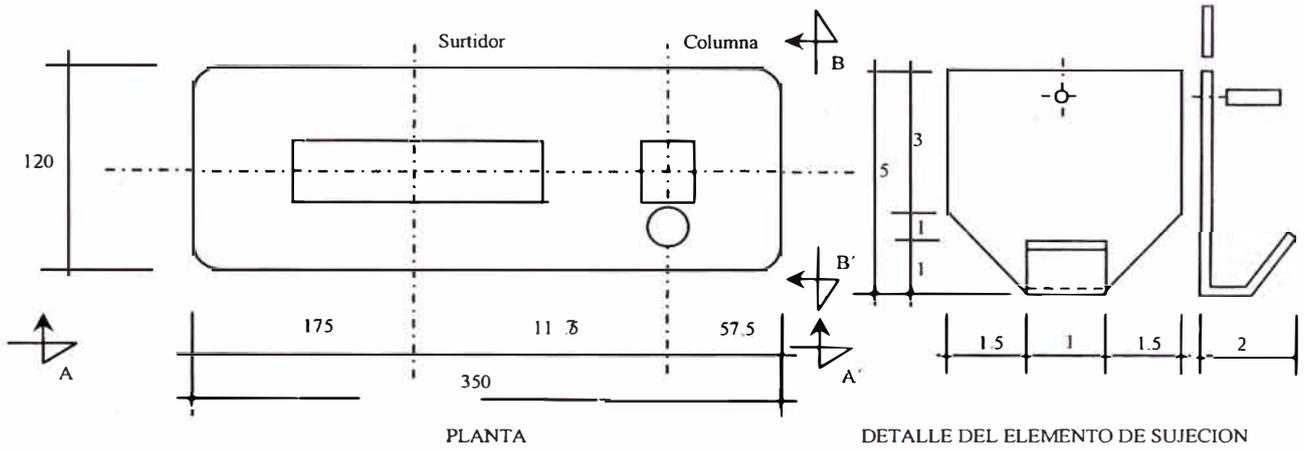


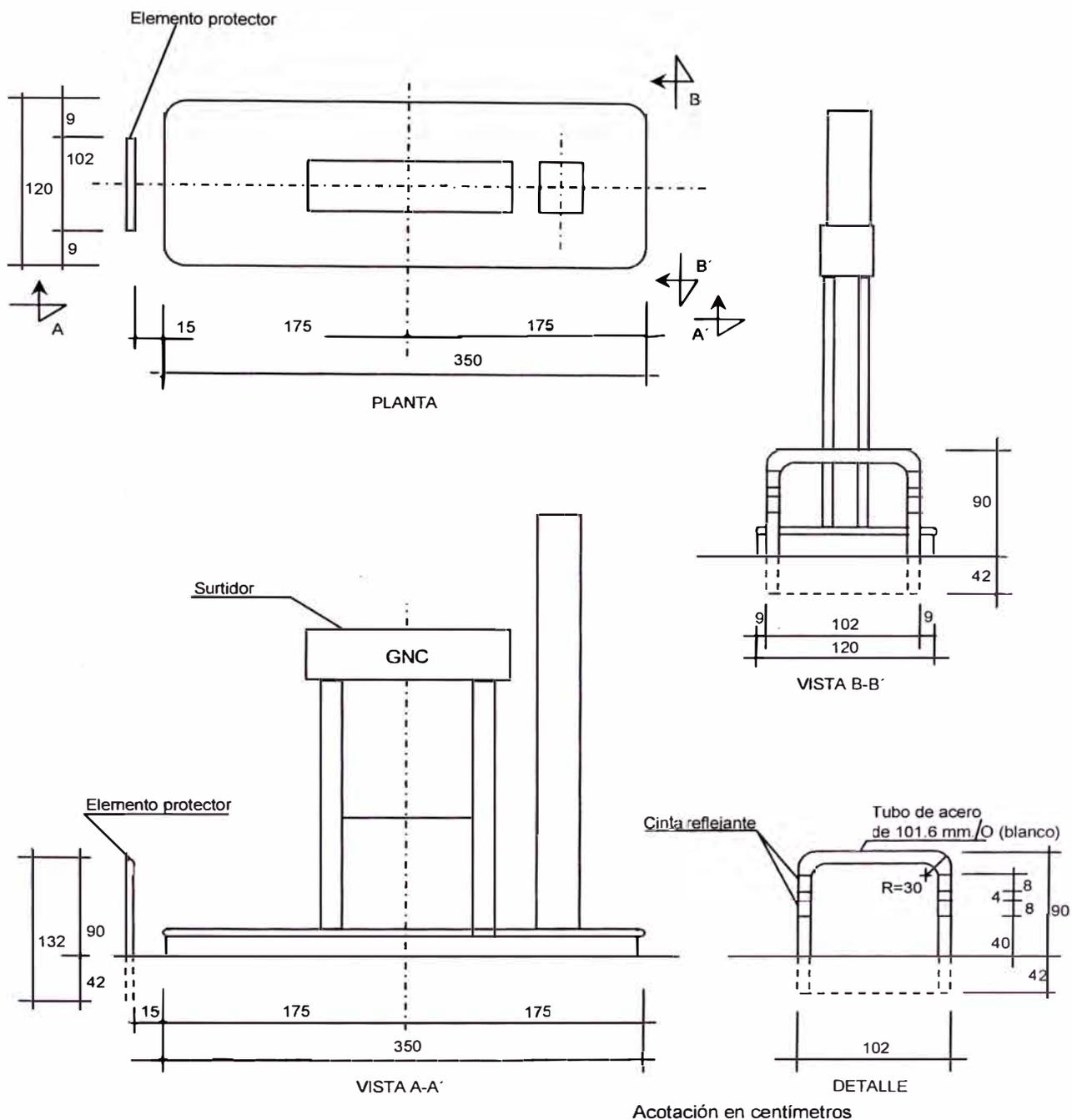
Figura 9: Módulo de abastecimiento para estaciones publicas



Acotación en centímetros

Figura N° 10

.- Localización de los surtidores sobre un módulo de abastecimiento distancias mínimas requeridas en estaciones de servicio.



**Figura N° 11** Protección para módulo de abastecimiento para todo tipo de estaciones de servicio de GNC y distancias mínimas requeridas.

#### **5.4. Características y Funcionamiento de una Estación de GNC**

La estación construida consta básicamente de una instalación receptora (GNC), otra de aire comprimido e infraestructura eléctrica y civil asociada.

La referida estación tiene como objeto comprimir el gas natural procedente de la línea hasta 200 bar y distribuirlo en un módulo de llenado con capacidad para 20 vehículos de forma simultánea.

Los autobuses realizan el llenado de GNC a sus tanques durante su aparcamiento nocturno.

La Instalación receptora de gas consta de una acometida interior, un módulo de filtraje y contaje, un módulo de succión, un módulo de compresión y almacenamiento, un módulo de drenaje y venteos y un módulo de llenado. Como instalaciones complementarias dispone de red de aire comprimido y red de distribución, la infraestructura eléctrica y la obra civil asociada.

El emplazamiento consta de dos niveles, separados por un muro de 5m de altura. En el nivel superior se ha colocado la acometida interior de gas, módulo de llenado y el puente de carga. En el nivel inferior están ubicados los compresores, módulos de succión drenajes, contaje y aire comprimido.

El módulo de compresión y almacenamiento que es la parte primordial de toda la instalación, consta fundamentalmente de dos compresores accionados cada uno por un motor eléctrico y dos bancos de almacenamiento asociados. Cada conjunto está instalado en el interior de una cabina.

#### **5.4.1 Características de los compresores de gas Marca Nuovo-Pignone:**

Nº de unidades:	2 Uds.
Tipo:	Vertical, no lubricado
Caudal unitario a presión de aspiración /7-10 bar):	700-980m <sup>3</sup> (n)/h
Presión de descarga:	200 bar
RPM compresor:	750
Nº de etapas:	3
Refrigeración:	Aire/agua
Lubricación: Forzada.	Cilindro no lubricado
Potencia motor eléctrico:	160kW
Arranque:	Estrelle-triángulo
Tensión:	380IIIIF+T
Ubicación:	Interior Cabina
Emisiones acústicas (exterior cabina):	70 db (A) 1 m

#### **5.4.2 Descripción del compresor**

Cada uno de los compresores está instalado en el interior de una cabina que confiere protección contra las inclemencias del tiempo y amortigua las emisiones acústicas. La cabina dispone de un sistema de ventilación natural y forzada. Dispone igualmente de iluminación interior y de un detector de gas, que en caso de fuga detiene la instalación dejándola en condiciones de seguridad.

El compresor es accionado mediante un motor eléctrico de 160 kW de potencia a través de correas trapeciales. El motor es de construcción antideflagrante.

El compresor, sistemas de almacenamiento y módulo de succión son controlados a través del panel de control instalado en el parte exterior de cada una de las cabinas.

### **5.4.3 Descripción del sistema de almacenamiento**

Consiste en la instalación de dos módulos de almacenamiento, cada uno de ellos asociado a cada compresor y ubicados en el interior de la cabina, formados por un conjunto de botellas con capacidad geométrica por banco de 850 l.

Cada botella se alimenta por la parte inferior y descarga sobre el colector por la parte superior. Las botellas son drenadas periódicamente por una válvula neumática.

Los dos bancos serán interconectados de modo que con el funcionamiento de un solo compresor se puede aprovechar la capacidad de almacenamiento de los dos bancos.

### **5.4.4 Funcionamiento de la Instalación**

El gas a media presión, 8-10 atmósferas, procedente de la red es conducido a través de la acometida interior al módulo de filtraje y contaje. En este punto se separan todas las partículas de diámetro superior a 5  $\mu$  mediante un filtro de bujía vertical y se cuenta el gas que pasa a través de un contador y un corrector. El gas continúa en dirección al vaso de succión, pasando a través de una válvula manual, una válvula antirretorno y una válvula neumática. El vaso de succión tiene una capacidad geométrica de 2.000 l y trabaja entre 7 y 11 bar. La función del vaso es la de estabilizar la presión de succión y la de permitir la descompresión de la instalación aguas abajo del mismo cuando se detienen los compresores, actuando entonces como vaso de expansión. Este vaso alimenta dos compresores ubicados,

cada uno, en el interior de una cabina que están gobernados por paneles de control independientes.

El compresor comprime el gas hasta 200 bar a través de 3 etapas. Cada una de ellas dispone de válvulas de seguridad taradas un 10% por encima de la presión máxima de trabajo.

El módulo de almacenamiento de cada módulo de compresión está formado por 14 botellas de 60 l. Todas estas botellas están conectadas a un colector de salida. Dicho colector dispone de válvula de seguridad tarada a 220 bar, instrumentación, válvula de seccionamiento manual y regulador de presión que evita que la presión de salida sobrepase en ningún caso los 200 bar. Los dos módulos de almacenamiento están conectados a través de una línea que permite aprovechar un mayor volumen de almacenamiento utilizando un solo compresor.

Los colectores de salida de los dos módulos de almacenamiento convergen en una línea que conduce el gas hasta el módulo de llenado. En este punto se ramifica en dos líneas de carga y una tercera que permite el purgado de la instalación. Cada ramal alimenta un total de 10 puntos de carga y dispone de una válvula de seccionamiento manual, un manómetro y válvula de seguridad tarada a 220 bar.

## CAPITULO 6

### DISEÑO GENERAL

#### 6.1. Estudio de Demanda

La experiencia del GNC en Argentina ha servido como marco referencial para el cálculo de la demanda.

Para poder validar la información, se ha considerado que el parque automotor apto para implementar las modificaciones en el sistema de alimentación mantiene una relación de 0,44 a 1 (cada 10 vehículos a GNC en Argentina, tendremos 4 en Perú).

El cálculo del índice de conversión aplicado surge del estudio comparativo de los siguientes macro indicadores (y sus pronósticos):

Indicadores Socioeconómicos considerados para establecer el índice de conversión (método de ponderación relacional)

**Cuadro N° 1**

	ARGENTINA	PERU	RELACION
POBLACIÓN-1992	33100000	22500000	0,68
POBLACIÓN-1998	36123000	25232000	0,69
POBLACIÓN-2010	40200000	31000000	0,77
POBLACIÓN-2025	45500000	37400000	0,82
CARRETERAS	208350 KM	72800 KM	0,349
PARQUE VEHICULAR-1992	3857000	337400	0,08

PARQUE VEHICULAR-1999	7582000	2687000	0,354
PBI PER CAPITA-1995	8030	2310	0,2876
INDICE A APLICAR-2010 ((P+C+PV+PBI)/4)			0,44

### 6.1.1 Estimación de demanda años 2005 a 2018

Referencias aplicables al Cuadro Anterior:

**Período** = expresa años sucesivos / **Año Arg** = Años considerados en Argentina / **Ea** = número de estaciones de expendio de GNC en Argentina / **Carg** = Número de unidades de vehículos convertidos en Argentina / **Año Perú** = Años equivalentes para Perú / **Ep** = número estimado de estaciones de expendio de GNC en Perú / **Cperú** = Número estimado de unidades de vehículos a convertir en Perú.

Período	Año Arg	E a	Carg	Año Perú	E p	Cperú (índice 0,44)
1	1984	1	64	2005	1	28
2	1985	3	2065	2006	2	908
3	1986	8	5442	2007	4	2394
4	1987	26	13313	2008	12	5857
5	1988	49	20716	2009	21	9115
6	1989	70	35648	2010	31	15685
7	1990	93	67559	2011	41	29725
8	1991	165	108596	2012	73	47782
9	1992	341	149058	2013	150	65585
10	1993	423	201817	2014	186	88799
11	1994	463	269096	2015	203	118402
12	1995	485	317153	2016	213	139547
13	1996	528	376800	2017	232	165792
14	1997	580	427000	2018	255	187880

\*Fuente: Prensa Vehicular Mayo 1998

Cuadro N° 2

La siguiente grafica muestra la proyección de necesidad de Estaciones de servicio de acuerdo a la conversión estimada de vehículos, según la experiencia Argentina:

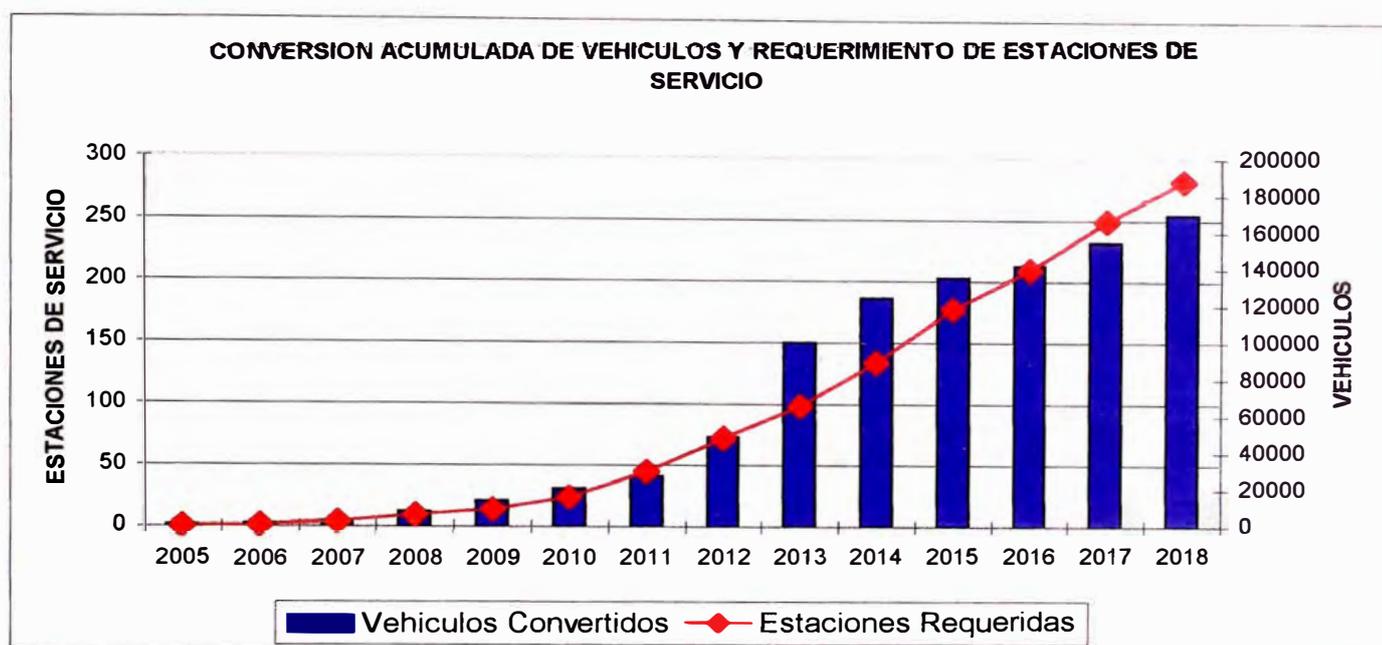


Figura N° 1

## 6.2. Costo de instalación de un equipo de GNC

El costo de instalación de un equipo de GNC varía de acuerdo al tipo de automóvil, si utiliza carburador, o tiene un sistema de inyección.

Varía también de acuerdo con la capacidad del / los tanques que se instalan.

En la siguiente tabla se puede apreciar el costo referencial de una instalación de un equipo de GNC (en dólares).

Tipo de auto	Costo con tanque de 65 lt.
Carburador	\$1,180
Inyección Monopunto	\$1,340
Inyección multipunto	\$1,450

Cuadro N° 3 Con un tanque de 34 lt., los precios varían desde US\$ 790.

En suma, al analizar el ahorro conseguido por un transportador a través del uso de GNC en lugar de Gasolina Corriente, se obtiene que el transportador paga la

inversión en el kit de conversión durante un periodo promedio de 9 meses para buses (incluyendo busetas y microbuses); y de 7 meses para los taxis. El análisis considero el precio actual de GNC en Santa Fe de Bogotá (\$542/m<sup>3</sup>) y el costo actual del equipo de conversión ( US\$3500 para buses y US\$1500 para taxis) considerando un precio constante de venta al público del GNV durante este periodo.

A partir de éste momento el transportador consigue ahorros superiores al 40% en el combustible que necesita para cumplir con sus rutas.

### **6.3. Costo de instalar una estación de carga (gasocentro)**

Dependiendo del diseño de la estación de servicio para vehículos a ser abastecidos, y los requisitos de almacenamiento de combustible, los compresores de llenado lento y equipo relacionado pueden costar desde US\$ 5.000 hasta US\$10.000 (para compresores pequeños) y US\$ 400.000 o más para estaciones capaces de abastecer cientos de vehículos. Estaciones de abastecimiento de buses, donde se requiere llenados rápidos de 3 minutos para una gran cantidad de vehículos pueden costar US\$ 1 millón o más.

#### Costos de inversión referenciales en US\$

Compresor	150 000	32%
Almacenamiento	17 000	4%
Surtidores	45 000	10%
Obras civiles	170 000	37%
Instalación de equipos	50 000	11%
Instalación eléctrica	<u>30 000</u>	6%
	462 000	100%

#### **6.4. Rentabilidad y Periodo de pago de la Inversión en la Estación de Servicio**

Como ejemplo el análisis se hace para Bogotá por ser este el mercado más importante de Colombia, bajo los siguientes supuestos:

a) Precio GNV 2001: Precio del mes de diciembre, de acuerdo a información suministrada por la empresa Gas Natural S.A. E.S.P.

b) Precio Gas Natural en Boca de Pozo: Considera el ejercicio de proyección del precio del gas de la Guajira en boca de pozo, realizado por la Upme en Enero del 2002, que aplica la Resolución 039/75 para el periodo 2002 - 2005, y a partir del 2006 establece un precio promedio en boca de pozo de 1.5US\$00/KPC de acuerdo a la valoración netback en boca de pozo para que el gas sea competitivo con el carbón en el sector industrial (precio límite mínimo), y un precio límite máximo con el que el carbón entraría a ser competitivo en la generación eléctrica a gas.

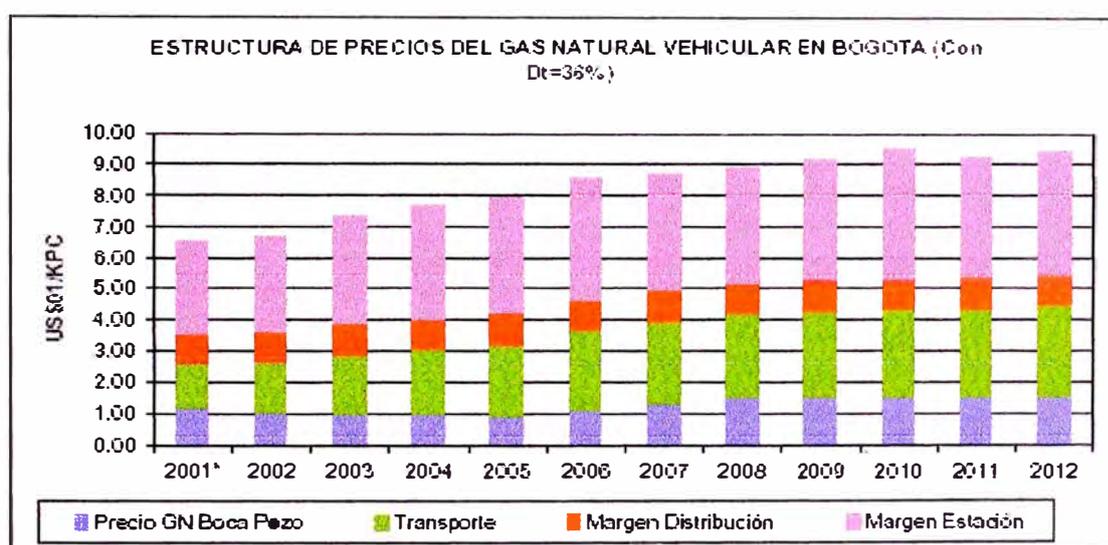
c) Transporte Gasoducto Ballena - Bogotá: Considera el 50% de la tarifa de transporte (Resolución CREG 057/96) por los gasoductos de Ecogas, que se alcanza plenamente en el año 2006; y la tarifa plena de transporte por el gasoducto de Transcogas (Cogua - Bogotá), de acuerdo a la Resolución 017 de 2001.

d) Margen de Distribución GNV: Se realizaron sensibilidades con diferentes porcentajes del margen de distribución domiciliaria, aprobado para la empresa Gas Natural.

e) Margen para la Estación de Servicio de GNV: Se calculó como la diferencia entre el precio de venta de GNV al usuario final y el precio de compra de

materia prima para la estación (precio en boca de pozo + transporte + margen de distribución).

En la siguiente gráfica se aprecian las componentes del precio de GNC distribuido en las estaciones de servicio de Bogotá (2001) y una proyección de la estructura de precios para los próximos 10 años a ser usada en el análisis de rentabilidad de una estación de servicio de GNC.



**Figura N° 2**

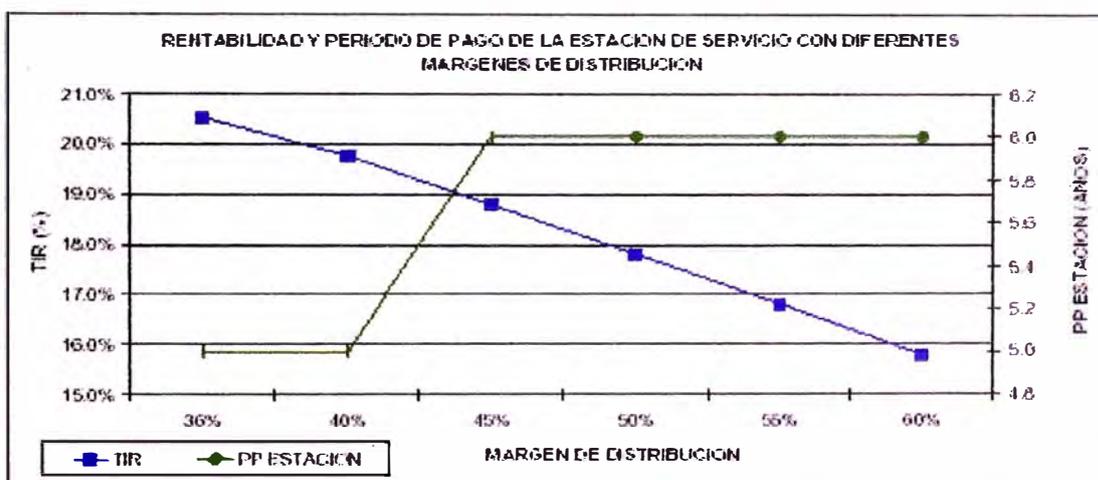
Año 2001, considera el precio para el mes de diciembre en la ciudad de Bogotá.

El margen de distribución aplicado a GNV corresponde al 36% del margen de distribución aplicado a los usuarios residenciales de gas natural.

Proyección 2002 - 2012, de acuerdo a proyecciones realizadas por la UPME.

Entonces, un análisis de los ingresos promedio de una estación de GNV (con dos islas y cuatro mangueras), muestra una Tasa Interna de retorno sobre la inversión del 21%, con un periodo de pago de la inversión en la estación de 5 años, asumiendo el margen de distribución aplicado al GNV del 36% del margen para usuarios residenciales de gas natural.

No obstante el ejercicio de sensibilidad realizado ante dichas variaciones en el margen de distribución respecto del margen de distribución para usuarios regulados (Dt), muestra que incrementos del 5% en el margen, conlleva decrecimientos porcentuales del mismo valor, 5% sobre la Tasa Interna de Retorno de la Inversión; incrementando además el periodo de pago de la inversión a 6 años, cuando el porcentaje del Dt es igual o superior al 45%.



El ejercicio considera que de todos los vehículos que entren a la estación a tanquear, el 25% de ellos serán buses (incluyendo busetas y microbuses), y el 75% taxis.

Adicionalmente supone que la estación de servicio sirve a 50 vehículos al día en su primer año de operación, hasta alcanzar un servicio de 230 vehículos /día a partir del año 5º de operación.

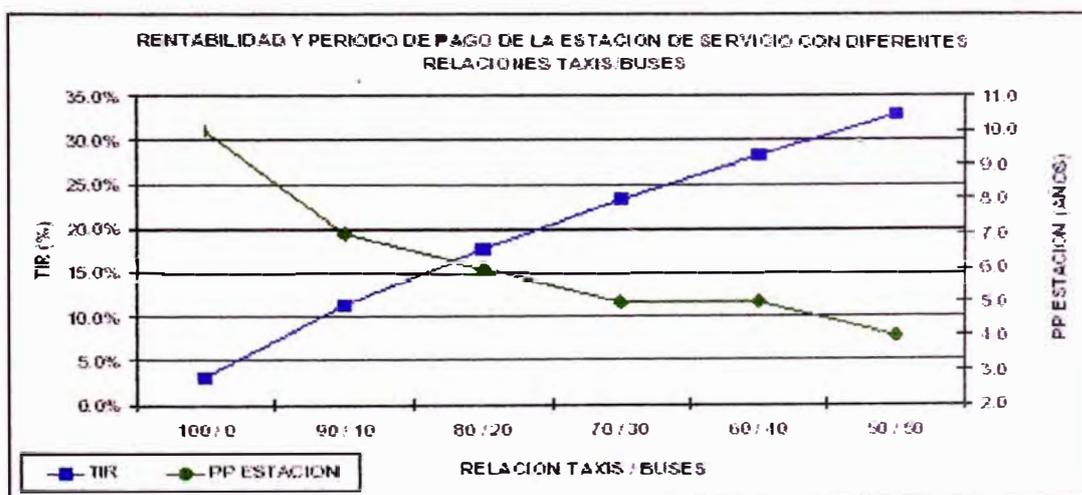
Cálculos: UPME

**Figura N° 3**

Adicionalmente, se realizaron ejercicios de sensibilidad de la tasa interna de retorno de la inversión en la estación de servicio y de su periodo de pago ante diversos escenarios de atención en el número de taxis y buses (que incluyen busetas y microbuses)<sup>20</sup>, asumiendo que el porcentaje del margen de distribución se mantiene en 36% del cargo de distribución para usuarios regulados (Dt).

Los resultados mostraron que la estación de servicio no es rentable si se considera la atención de sólo taxis, o que el 90% de los vehículos atendidos correspondan a ellos y el 10% restante a buses. En ambos casos, la Tasa Interna de Retorno es menor al 12% resultando nada atractivo para el inversionista. Adicionalmente, los periodos de pagos de la inversión en la estación de servicio resultan ser largos (en promedio 8.5 años)

Sin embargo, las relaciones de tanqueo taxis/buses del 70%/30% y aquellas que muestren una mayor participación de buses muestran incrementos importantes en la tasa interna de retorno de la inversión (TIR promedio del 30%) y cortos periodos de pago de la misma (promedio de 5 años).

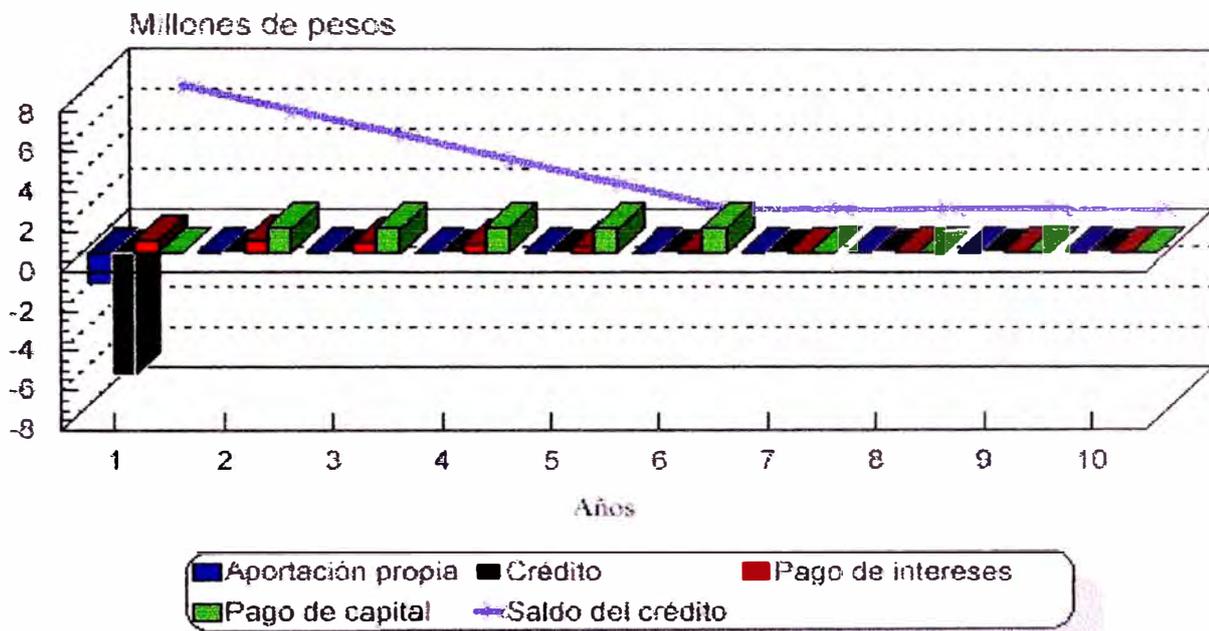


El ejercicio considera un % del margen de distribución constante del 36%.

Cálculos: UPME

Figura N° 4

### 6.5. Esquema de Financiamiento de una Estación de GNC



Tipo de Cambio MN\$ 9.25

Figura N° 5

## CAPITULO 7

### NORMATIVA EN GNC

En el Perú aun no existen normas precisas sobre GNC, están en elaboración sin embargo podemos tomar como referencia las normas de otros países Latinoamericanos

#### 7.1. En Chile Normas en GNC

NCH 2109 Gas Natural Comprimido

*Sistema para el uso de GNC como combustible de vehículos motorizados-*

#### *Requisitos mínimos de seguridad*

Alcance: Esta norma establece los requisitos mínimos de seguridad que debe cumplir un sistema para el uso de gas natural comprimido (GNC) como combustible de vehículos motorizados.

Además establece los requisitos que deben cumplir los talleres donde se instalan los sistemas, como también del personal autorizado para la instalación.

También establece las inspecciones periódicas de los sistemas GNC de los vehículos.

NCH 2110 Gas Natural Comprimido

***Estaciones surtidoras de GNC - Requisitos mínimos de seguridad***

Alcance: Esta norma establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las estaciones surtidoras de gas natural comprimido en adelante GNC. Además esta norma se aplica al proyecto, construcción, instalación y operación de las estaciones surtidoras de GNC.

NCH 2265: Gas Natural Comprimido

***Inspección periódica de cilindros de acero sin costura para uso en vehículos motorizados***

Alcance: Esta norma establece un conjunto de definiciones, los requisitos generales y los procedimientos para efectuar la inspección periódica de los cilindros para el gas natural comprimido que se especifica en norma NCH 2264.

Esta norma se aplica a los cilindros de acero, sin costura, que se utilizan para envasar gas natural comprimido de uso en vehículos motorizados con el objeto de establecer su aptitud para permanecer en servicio por el período que corresponda de acuerdo con la frecuencia de inspección que se establece en el capítulo 5 de esta norma.

NCH 2272 Gas Natural Comprimido

***Componentes del sistema de combustible de los vehículos Motorizados:  
Requisitos de fabricación y funcionamiento***

Alcance: Esta norma establece los requisitos de fabricación y de funcionamiento de los componentes, nuevos, del sistema de combustible de gas natural comprimido que se instala para producir la potencia motriz, en los vehículos con motor de combustión interna.

Esta norma se aplica a los componentes que usan el gas natural comprimido que se especifica en NCH2264.

Esta norma no se aplica a los motores estacionarios ni a las aplicaciones fuera de carretera, así como tampoco a los componentes que utilizan gas natural licuado.

Tampoco se aplica a los componentes del sistema de combustible de gas natural comprimido, incorporados en los vehículos usados que se imparten al amparo de la ley respectiva.

Esta norma no se aplica a los cilindros para combustible ni a las líneas de suministro de combustible.

## **7.2. En México. Normas en Estaciones Duales**

A la fecha, no existe una NOM sobre las Estaciones DUALES en particular.

La única norma que está vigente en México, para establecer los requisitos de seguridad de las estaciones de gas natural comprimido (GNC), es la denominada: “NOM-031-SCFI-1994, Gas Natural Comprimido, para uso automotor. Requisitos de seguridad para estaciones de servicio e instalaciones vehiculares” (publicada en el DOF del día 1º julio/1994).

En ella están dadas todas las definiciones y referencias que rodean al entorno del uso y la aplicación del GNC, a la fecha de su publicación. Establece lo siguiente:

3.18 Estación de Servicio.- Es la instalación en la que se recibe, comprime, almacena y distribuye GNC a vehículos automotores.

3.19 Estación de Llenado Rápido.- Es una estación de servicio capaz de proveer GNC, en un tiempo de carga equivalente al de una estación de gasolina.

3.42 Recinto.- Es el área delimitada con estructura, construcción o malla, en cuyo interior se encuentra: el compresor, el sistema de almacenamiento a alta presión y/o sus aditamentos y que su acceso es restringido.

EN ESTA NORMA NO SE DEFINE A LA ESTACIÓN DUAL. Sólo se establece que:

5.1.1.15 Debe existir una distancia mínima de 6 (seis metros) entre el recinto de la estación y la pared exterior más cercana, de tanques abiertos que contengan líquidos combustibles o inflamables. Esto se verifica visualmente con la ayuda de un flexómetro.

Es todo en cuanto a Normas.

El “Programa simplificado para el Establecimiento de Nuevas Estaciones de Servicios (léase Gasolineras)” acordados ante PEMEX refinación y la Comisión Federal de Competencia, dictamina en la publicación del D.O.F. Del 19 de agosto de 1994, lo siguiente:

(inciso 4) El predio propuesto, para garantizar vialidades internas, áreas de servicio al público y almacenamiento de combustibles, áreas verdes y los diversos elementos requeridos para la construcción y operación de una estación de servicio (léase gasolinería), debe de cumplir con las siguientes características”.

(subinciso C).- El predio debe de localizarse a una distancia mínima de resguardo de 30 m., con respecto a líneas de alta tensión, vías férreas y ductos que transporte productos derivados del petróleo.

El proyecto de Norma que para estos fines está estudiando la SEMARNAT, solamente corrobora y reconfirma la anterior dictaminación, excepto que en ella la llama “ductos que transporten hidrocarburos”.

El 14 de diciembre del 2000, el Jefe de Gobierno del D.F. emitió su bando informativo No. 8. En el manifiesta la expedición del Reglamento de la Ley Ambiental del D.F., en materia de Impacto Ambiental y Riesgo. Dicho reglamento cataloga a las gasolinerías y a las estaciones de gas (no especifica gas natural comprimido) como actividades de riesgo ambiental y establece los criterios para “instalar” una gasolinería o cualquier otra obra o actividad de riesgo.

### **7.3. Internacional.**

En Europa, la Norma Italiana para Estaciones de Servicio de GNC prEN-13638, no sólo no prohíbe las estaciones de carga DUALES, sino que además establece las distancias mínimas entre los despachadores de diferentes hidrocarburos líquidos y de GNC.

Existen funcionando en la actualidad, ESTACIONES DUALES en los siguientes países: Alemania, Argentina, Holanda, Italia, Japón, Suiza y EUA.

En Argentina, el mercado del GNV más desarrollado del mundo, existe y está vigente la NORMA PROVISORIA G.E. No. 1-118, -"Normas y Especificaciones Técnicas y de Seguridad para Instalaciones de Compresión, Almacenamiento y Despacho de Gas Natural Comprimido (G.N.C.)" Para establecerla, se consultaron las Normas para estaciones de carga de GNC, de Canadá (oct/1982) y de Italia (1978). En su inciso (3), ALCANCE, las cláusulas de esta NORMA son de aplicación para estaciones de carga de GNC, en:

(3.1.1.) En predios exentos de otra instalación.

(3.1.2.) En predios con instalaciones para hidrocarburos líquidos.

(3.1.3) En predios con instalaciones fabriles.

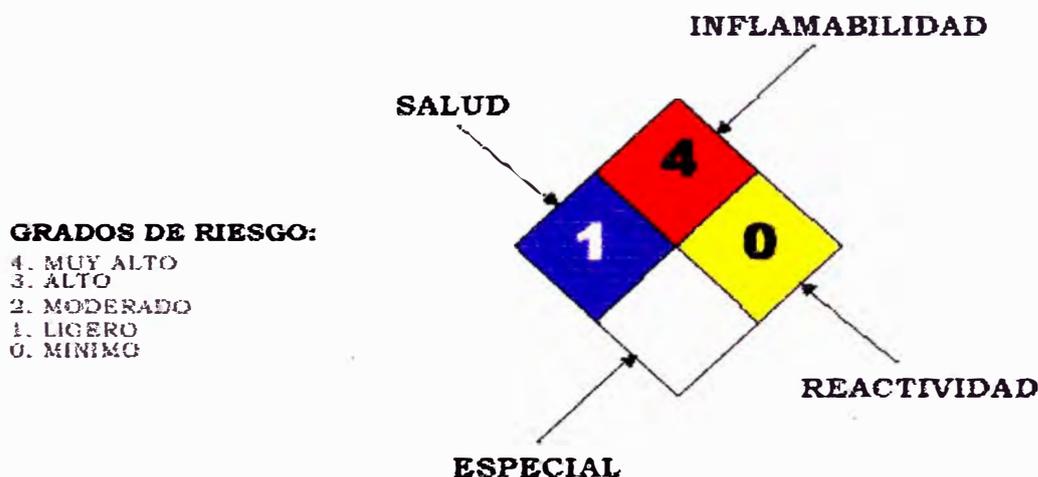
En esta NORMA se marcan las distancias mínimas de seguridad (inc. 4.1.2) de las unidades de GNC a almacenamiento de combustibles líquidos (bocas de carga y/o descarga) de acuerdo al volumen de almacenamiento de GNC. Van de 1.75 m hasta 3.75 m.

## CAPITULO 8

### SEGURIDAD

#### 8.1. Hoja de Datos de sustancias químicas: Gas Natural

### Rombo de Clasificación de Riesgos NFPA-704 <sup>3</sup>



NFPA = National Fire Protection Association, USA.

#### 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No: HDSSQ-001

Nombre del Producto

Gas Natural

Nombre Químico

Metano

Familia Química

Hidrocarburos del Petróleo

Fórmula Molecular

Mezcla (CH<sub>4</sub> + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> + C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)

Sinónimos

Gas natural licuado, gas natural comprimido, gas de los pantanos, grisú, hidruro de metilo, Liquefied Natural Gas (LNG)

## 8.2. Composición e Información de los componentes

MATERIAL	%	Número CAS (Chemical Abstracts Service)	LEP (Límite de Exposición Permissible)
Gas Natural (Metano)	88	74-82-8	Asfixiante Simple
Etano	9		
Propano	3		
Etil Mercaptano	17-28 ppm		Odorífico

El CAS del Etil Mercaptano es 75-08-01 y el ACGIH TLV: 0.5 ppm

## 8.3. Identificación de Riesgos

HR: 3 = (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

### 8.3.1. Situación de Emergencia

Gas altamente inflamable. Deberá mantenerse alejado de fuentes de ignición, chispas, flama y calor. Las conexiones eléctricas domésticas o carentes de clasificación son las fuentes de ignición más comunes. Debe manejarse a la

intemperie ó en sitios abiertos a la atmósfera para conseguir la inmediata disipación de posibles fugas. Se deberá evitar el manejo del gas natural en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar. Su olor característico, por el odorífico utilizado, puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente; sin embargo, el sentido del olfato se perturba, a tal grado, que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas.

### **8.3.2 Efectos potenciales para la salud**

El gas natural no tiene color, sabor, ni olor, por lo que es necesario administrar un odorífico para advertir su presencia en caso de fuga.

### **8.4. Primeros Auxilios**

**Ojos:** El gas natural licuado puede salpicar a los ojos provocando un severo congelamiento del tejido, irritación, dolor y lagrimeo. Aplique, con mucho cuidado, agua tibia en el ojo afectado. Solicite atención médica. Deberá manejarse con precaución el gas natural cuando esta comprimido ya que una fuga provocaría lesiones por la presión contenida en los cilindros.

**Piel:** Al salpicar el gas natural licuado sobre la piel provoca quemaduras por frío, similares al congelamiento. Mojar el área afectada con agua tibia o irrigar con agua corriente. No use agua caliente. Quítese los zapatos o la ropa y impregnada. Solicite atención médica.

**Inhalación:** No deberá exponerse a altas concentraciones de gas, en caso de lesionados, aléjelos del área contaminada para que respiren aire fresco. Si la víctima

no respira, inicie de inmediato resucitación cardiopulmonar. Si presenta dificultad para respirar, adminístrese oxígeno medicinal (solo personal calificado) Solicite atención médica inmediata. El gas natural es un asfixiante simple, que al mezclarse con el aire ambiente, desplaza al oxígeno y entonces se respira un aire deficiente en oxígeno. Los efectos de exposición prolongada pueden incluir dificultad para respirar, mareos, posibles náuseas y eventual inconsciencia.

**Ingestión:** La ingestión de este producto no es un riesgo normal

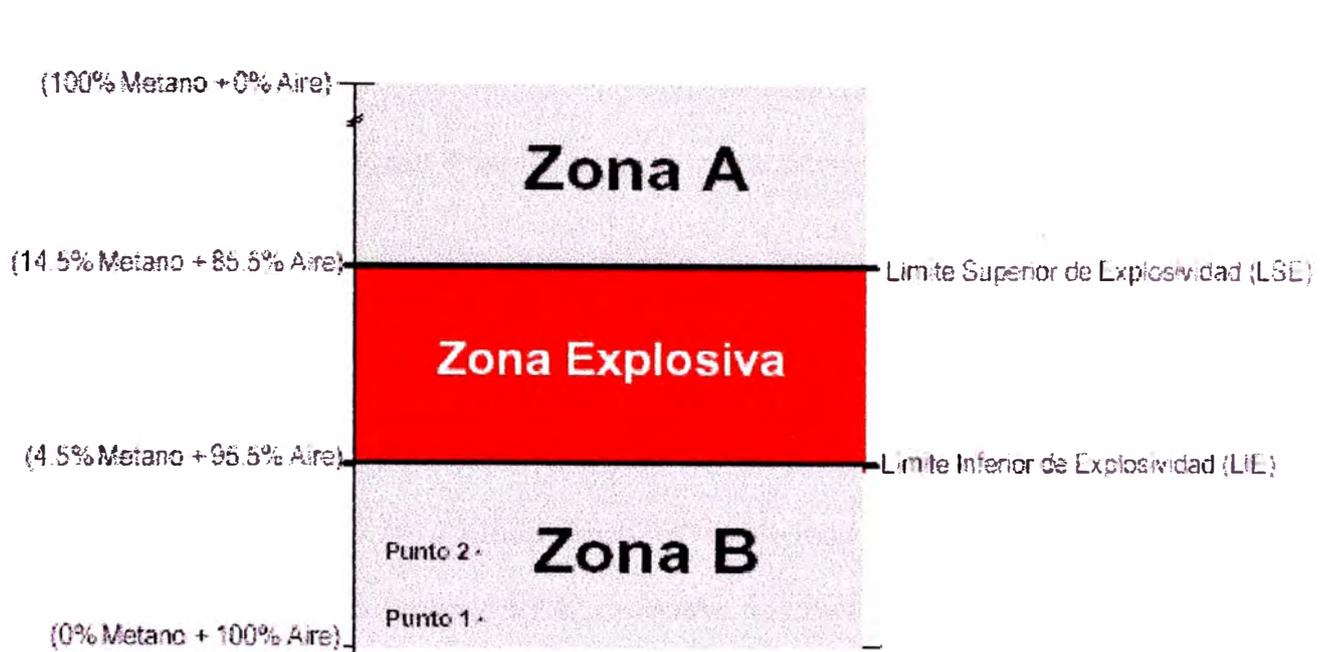
#### **8.5. Peligros de Explosión e Incendio**

Punto de Flash	- 222.0 °C
Temperatura de Auto ignición	650.0 °C
Límites de Explosividad:	
Inferior	4.5 %
Superior	14.5 %

**Punto de Flash:** Una sustancia con punto de flash de 38°C o menor se considera peligrosa; entre 38 °C y 93 °C, moderadamente inflamable; mayor a 93 °C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del gas natural ( - 222.0 °C) lo hace un compuesto sumamente inflamable

**Zonas A y B:** En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 4.5% y más de 14.5% de gas natural no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyos contenidos se acerquen a la zona explosiva.

En la **Zona Explosiva** solo se necesita una fuente de ignición para desencadenar un incendio o explosión.



### **Calibración de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas:**

Punto 1 = 20% del LIE.- Alarma visual y audible de presencia de gas en el ambiente.

Punto 2 = 60% del LIE.- Se deberán ejecutar acciones de bloqueo de válvulas, disparo de motores, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

**Extinción de Incendios:** Polvo químico seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico) bióxido de carbono y aspersión de agua para las áreas afectadas por el calor o circundantes. Apague el fuego bloqueando la fuente de fuga.

**Zona Explosiva.** Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5 % y 14.5 % son explosivas, solo hará falta una fuente de ignición para que se desencadene una violenta explosión.

### **8.5.1 Instrucciones Especiales para el Combate de Incendios:**

#### **a) Fuga de gas natural a la atmósfera, sin incendio:**

Si esto sucede a la intemperie el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición.

Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario son:

- El gas natural o metano es más ligero que el aire y por lo tanto, las fugas ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera, disipándose en el aire. Las techumbres deberán tener preventivamente venteos para desalojar las nubes de gas, de lo contrario, lo atraparán riesgosamente en las partes altas.
- Verificar anticipadamente por medio de pruebas y Auditorías que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones está en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento):
  - Especificaciones de tubería (válvulas, conexiones, accesorios, etc.) y prácticas internacionales de ingeniería.

- Detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.
  - Válvulas de operación remota para aislar grandes inventarios, entradas, salidas, etc., en prevención a posibles fugas, con actuadores local y remoto en un refugio confiable.
  - Redes de agua contraincendio permanentemente presionadas, con sistemas disponibles de aspersión, hidrantes y monitores, con revisiones y pruebas frecuentes.
  - Extintores portátiles.
- El personal de operación, mantenimiento, seguridad y contraincendio deberá estar capacitado, adiestrado y equipado para cuidar, manejar, reparar, y atacar incendios o emergencias, que deberá demostrarse a través de simulacros operacionales (falla eléctrica, falla de aire de instrumentos, falla de agua de enfriamiento, rotura de ducto de transporte, etc.) y contraincendio.

**b) Incendio de una fuga de gas natural:**

- Active el Plan de Emergencia según la magnitud del evento.
- Aún sin incendio, asegúrese que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios.

- Bloquee las válvulas que alimentan la fuga y proceda con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia mientras enfría con agua las superficies expuestas al calor, ya que el fuego, incidiendo sobre tuberías y equipos provoca daños catastróficos.

**Peligro de Incendio y Explosión:** El gas natural y las mezclas de éste con el aire ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera; en ciertas concentraciones son explosivas. En una casa, habitación, o techumbre industrial, una fuga de gas natural asciende hacia el techo, y si ésta no tiene salida por la parte más alta, se quedará atrapada como se muestra en los dibujos (abajo), parte del gas sale por las ventanas y puertas hacia la atmósfera exterior, y otra parte se queda “atrapada” en la parte inferior del techo y en el momento en que se produzca alguna chispa (al energizar algún extractor, ventilador o el alumbrado) se producirá una violenta explosión.

#### **8.6. Respuesta en caso de Fuga**

Fuga en Espacios Abiertos: Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga. El gas natural se disipará fácilmente. Tenga presente la dirección del viento.

Fuga en Espacios Cerrados: Elimine precavidamente fuentes de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas.

#### **8.7. Precauciones para el manejo y almacenamiento**

Todo sistema donde se maneje gas natural debe construirse y mantenerse de acuerdo a especificaciones que aseguren la integridad mecánica y protección de

daños físicos. En caso de fugar en un lugar confinado, el riesgo de incendio o explosión es muy alto.

**Precauciones en el Manejo:** Evite respirar altas concentraciones de gas natural. Procure la máxima ventilación para mantener las concentraciones de exposición por debajo de los límites recomendados. Nunca busque fugas con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas.

### 8.8. Propiedades Físicas / Químicas

Fórmula Molecular	Mezcla (CH <sub>4</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> + C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )
Peso Molecular	18.2
Temperatura de Ebullición @ 1 atmósfera	- 160.0 °C
Temperatura de Fusión	- 182.0 °C
Densidad de los Vapores (Aire = 1) @ 15.5 °C	0.61 (Más ligero que el aire)
Densidad del Líquido (Agua = 1) @ 0°/4 °C	0.554
Relación de Expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en Agua @ 20 °C	Ligeramente soluble (de 0.1 @ 1.0%)
Apariencia y Color	Gas incoloro, insípido y con ligero olor a huevos podridos (por la adición de mercaptanos para detectar su presencia en caso de fugas de acuerdo a Norma Pemex No 07.3.13 4

### **8.9. Información Toxicologica**

El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira. En altas concentraciones pueden producir asfixia.

### **8.10. Información Ecológica**

El gas natural es un combustible limpio, los gases producto de la combustión, tienen escasos efectos adversos en la atmósfera. Sin embargo, las fugas de metano están consideradas dentro del grupo de Gases de Efecto Invernadero, causantes del fenómeno de calentamiento global de la atmósfera (con un potencial 21 veces mayor que el CO<sub>2</sub>). El gas natural no contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono. Su combustión es más eficiente y limpia por lo que se considera un combustible ecológico que responde satisfactoriamente a los requerimientos del INE, SEMARNAP y la Secretaría de Energía, así como a la normatividad que entró en vigor a partir de 1998.

### **8.11. Información sobre su Transportación**

Nombre Comercial	Gas Natural
Identificación *DOT	1971 y 1972 (Organización de Naciones Unidas)
Clasificación de Riesgo *DOT	Clase 2; División 2.1
Leyenda en la etiqueta	GAS INFLAMABLE

\*DOT: (Departamento de Transporte de los Estados Unidos).



1971 = Número asignado por ONU al gas natural.

1972 = Número para gas natural licuado o refrigerado

2 = Clasificación de Riesgo de DOT

## **8.12. Señalización en las Estaciones de GNC**

### **8.12.1 Restrictivas**

- No fumar
- Apague motor
- No estacionarse
- 10 km/h máximo
- No flama abierta
- No celulares
- Indicador de sentidos
- Número posición de carga

### **8.12.2 Preventivas**

- Peligro descargando GNC
- Precaución, área fuera de servicio

### **8.12.3 Campo de aplicación**

La Norma aplica a los sistemas de gas natural comprimido en los vehículos automotores que lo utilizan como combustible.

## CONCLUSIONES

1. El gas natural es el combustible alternativo que tiene la combustión más limpia. Las emisiones de la descarga de vehículos GNC son mucho más bajas que las de vehículos a gasolina. Por ejemplo, las emisiones de monóxido de carbono de los Vehículos a GNC en promedio son aproximadamente un 70% menores, las emisiones de hidrocarburos no metánicos son 89 % menores y las emisiones de óxidos de nitrógeno son 87 % más bajas. Además de estas reducciones en contaminantes, los vehículos a gas natural respecto a los vehículos a gasolina también emiten cantidades significativamente menores de gases de invernadero. Los Vehículos a GNC dedicados producen muy poco o prácticamente nada de emisiones por evaporación durante el llenado del vehículo y régimen de uso.
2. Sobre la base de una equivalencia-por-litro el gas natural cuesta en promedio un 50% menos que la gasolina. El gas natural es un combustible que se quema limpiamente y reduce las necesidades de mantención del vehículo. Muchos propietarios de vehículos a gas natural indican que sus vehículos requieren cambios de aceite que varían en un rango que va de los 16.000 a los 32.000 Kms. Las bujías estándar pueden llegar a durar hasta 120.000 kms

3. En términos muy generales, mientras más pequeño el vehículo mayor será el período de amortización del costo de la inversión. Esto se debe a que el consumo de combustible - y, por lo tanto, el ahorro - del vehículo pequeño es menor y, al mismo tiempo, el costo de la conversión no disminuye mucho con el tamaño del vehículo. El costo del sistema de control de combustible se mantiene esencialmente igual y el precio de un cilindro de almacenamiento más pequeño no será mucho menor (y en vehículo pequeños es mucho más difícil encontrar espacio para el cilindro).
4. Dependiendo del diseño de la estación de servicio para vehículos a ser abastecidos, y los requisitos de almacenamiento de combustible, los compresores de llenado lento y equipo relacionado pueden costar desde US\$ 5.000 hasta US\$10.000 (para compresores pequeños) y US\$ 400.000 o más para estaciones capaces de abastecer cientos de vehículos. Estaciones de abastecimiento de buses, donde se requiere llenados rápidos de 3 minutos para una gran cantidad de vehículos pueden costar US\$ 1 millón o más. Para vehículos de flota normales, sin embargo, y como regla general, se puede gastar entre US\$ 1000 y 2000 por vehículo para instalar una estación de abastecimiento.
5. Los vehículos que operan con gas natural son más seguros que los que operan con combustibles tradicionales tal como es el caso de la gasolina. El gas natural vehicular, a diferencia de la gasolina, se disipa a la atmósfera en el evento de un accidente. La gasolina se empoza en el suelo, creando un riesgo de incendio.

6. Para hacer factible la transformación del Sector Transportes al GNC se requiere una política orientada a:
  - a. Facilitar la Conversión de las Unidades.
  - b. Facilitar la Implantación de Estaciones de Servicio a GNC.
  
7. Con el objeto de facilitar la penetración del GNC en el transporte se requiere un fondo de financiamiento para las conversiones y estaciones de servicio.
  - a. El tamaño del fondo dependerá de la política de conversiones.
  - b. Se debe fomentar la competencia en las Estaciones de Servicio y en caso necesario regular el Margen a fin de que los beneficios del GNC llegue a los clientes y permita pagar las inversiones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CASTILLO NEIRA, Percy: “Combustión Industrial de Gas Natural”
2. CACERES GRACIANI, Luis F.: “El Gas Natural”
3. COMBUSTIÓN Y ECOLOGIA: Revista
4. EXPOSICIÓN MARKOUS Ricardo: “Experiencia del desarrollo del Gas Natural en Argentina”, mayo del 2001, Lima
5. EXPOSICIÓN de Luis Espinoza Quiñones: “Camisea Retos Perspectivas Tarifas de transporte y Distribución de Gas Natural”, mayo 2001, Perú.
6. EXPOSICIÓN de Luis Espinoza Quiñónez: “Precio Estimado del Gas Natural Comprimido en Lima”, OSINERG, junio 2001, Perú
7. PINTO RIOS Salvador: “Estaciones Duales, para abastecimiento de Gas Natural Vehicular”, grupo Galileo de México
8. PERU, MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS: “Ventajas del uso del Gas Natural en la industria”.
9. MEXICO, SECRETARIA DE ENERGIA: “Gas Natural como combustible alternativo”
10. COLOMBIA, MINISTERIO DE MONAS Y ENERGIA, UPME: “Gas Natural Vehicular una alternativa para la Movilidad limpia”, Junio de 2002.
11. CARRASCO, Manolo: “Comercialización del GNC en Vehículos” Perú  
[www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com)
12. Paginas Web:
  - Adigas: [www.adigas.com.ar](http://www.adigas.com.ar)
  - Cámara Argentina del Gas Natural Comprimido [www.gnc.org.ar](http://www.gnc.org.ar)
  - Enargas: [www.enargas.gov.ar](http://www.enargas.gov.ar)
  - International Association for Natural Gas Vehicles: [www.iangv.org.nz](http://www.iangv.org.nz)
  - Grupo Galileo: [www.galileoar.com](http://www.galileoar.com)
  - <http://www.gasnaturalsdg.es/grupo/site/estructura/espanol/medioambiente.htm>

## **ANEXOS**

# EQUIVALENCIAS PRÁCTICAS PARA EL GAS NATURAL

## Relación entre Precios Equivalentes de Combustibles

Un centavo Por MMBTU	=	5.8 centavos por barril de crudo
		6.4 centavos por barril de residual
		5.2 centavos por barril de gasolina
		4.5 centavos por barril GLP (r)
		4.1 centavos por barril GLP (p)
		3.8 centavos por barril GNL

Tabla 1

## Equivalencias para Metros cúbicos de gas Natural

·10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> ( Un giga m <sup>3</sup> ) de gas Natural por año	0.04 tef gas (38 trillones de BTU) por año
	890,000 toneladas de petróleo por año
	800,000 toneladas de GLP por año
	725,000 toneladas de GNL por año
	1.4 millones de toneladas de carbón por año
	100 millones de ft <sup>3</sup> gas por día
	17,800 barriles de petróleo por día
	23,200 barriles GLP (r) por día
25,200 barriles de GLP (p) por día	
	27,200 barriles de GNL por día

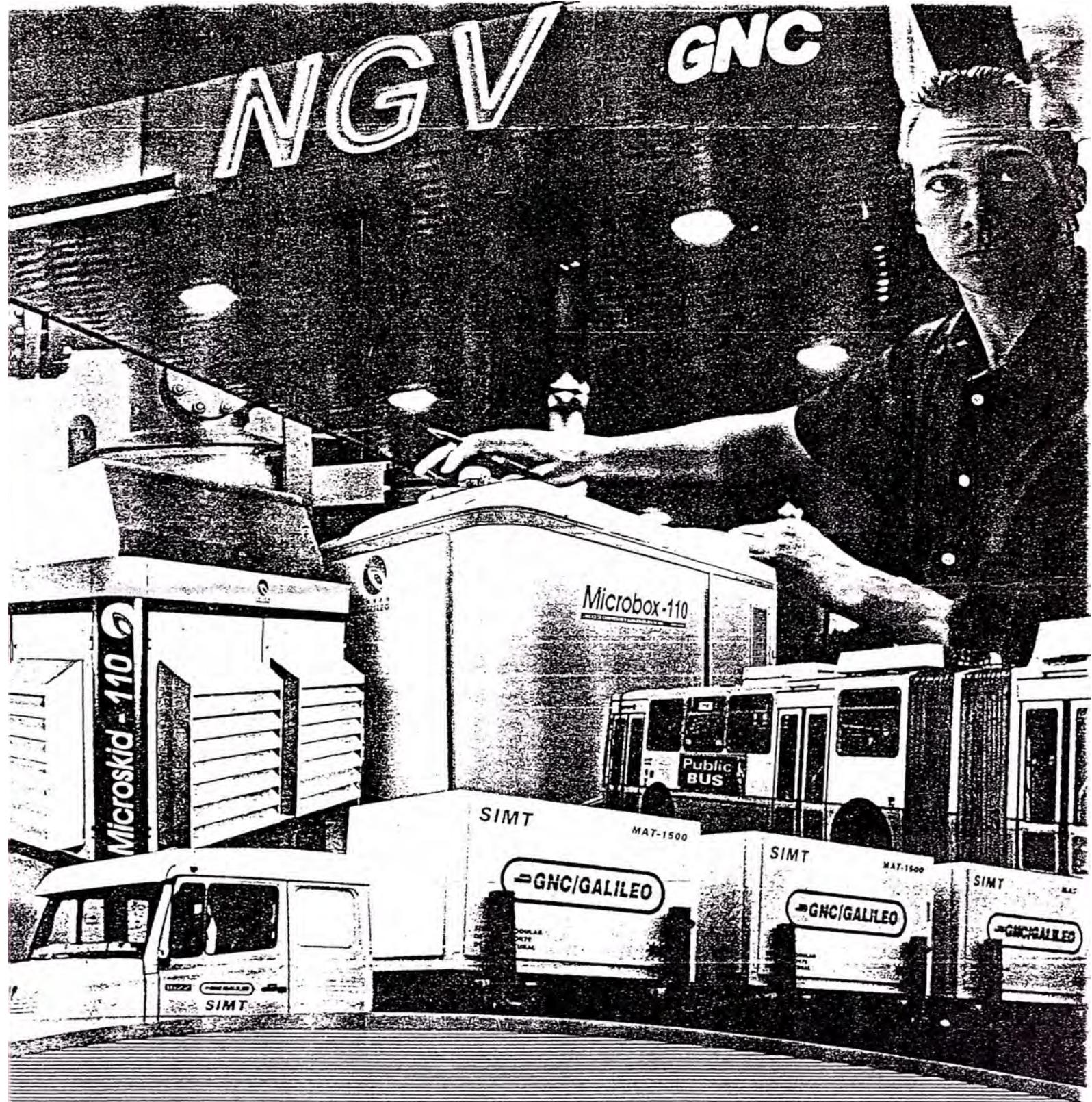
Tabla 2

## Equivalencias para ft<sup>3</sup> de Gas Natural

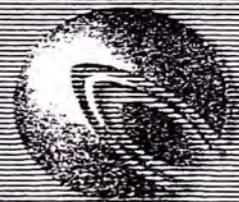
Un tef de Gas natural por año	27 giga m <sup>3</sup> gas por año
	24 millones de toneladas de petróleo/año
	37 millones toneladas de carbón / año
	27,000 millones ft <sup>3</sup> gas por día
	470,000 barriles de petróleo / día
10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> gas 100 Mmcf de gas Natural por día	0.04 tef ( 37 trillones de BTU) por año
	1 giga m <sup>3</sup> gas por año
	860,000 toneladas de petróleo por año
	770,000 toneladas de GLP por año
	700,000 toneladas de GLN por año
	1.35 millones de toneladas de carbón /año
	2.7 millones m <sup>3</sup> de gas por día
	17,250 barriles de petróleo por día
	22,300 barriles de GLP (r) por día
	24,400 barriles de GLP (p) por día
	26,300 barriles de GLN por día

Tabla 3

# NGV GNC



## SISTEMAS DE COMPRESION



GRUPO GALILEO



**GRUPO  
GALILEO**

Av. Gral Paz 265 Sáenz Peña - Provincia de Buenos Aires - B1674AOA - República Argentina  
(54-11) 4712-6002 - Fax: (54-11) 4712-6003  
E-mail: [info@galileoar.com](mailto:info@galileoar.com) - <http://www.galileoar.com>



GRUPO  
GALILEO

Sistemas de compresión

# Microbox

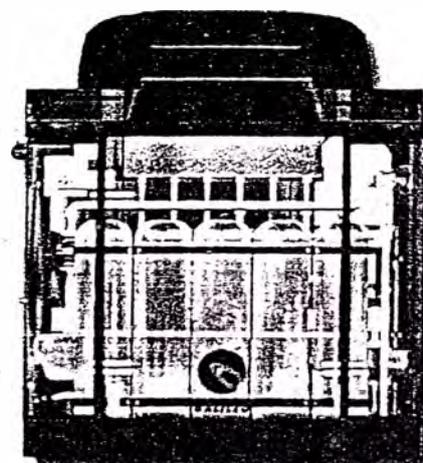
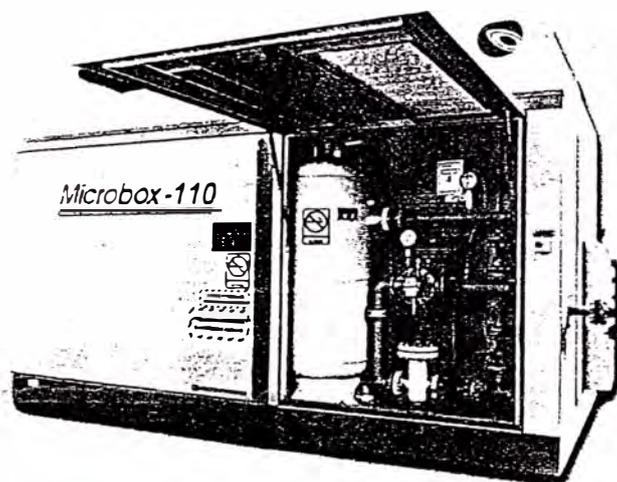
## Ventajas

### Descripción

Microbox® es una línea integral de compresores para estaciones de Microbox® es una línea integral de compresores para estaciones de GNC, intrínsecamente seguro y fácil de instalar. Este diseño original y exclusivo del Grupo Galileo, reduce al mínimo la construcción de obras adicionales y tiempos de instalación. Su modularidad, bajo peso y economicidad de traslado, hacen del mismo la solución más ágil para eventuales expansiones, cambios de radicación y obtención de créditos bancarios.

### Cada estación modular contiene los siguientes elementos

- Puente de medición incorporado.
- Blown Dow de aspiración.
- Compresor Ariel de 2 ó 3 etapas diseñado para uso pesado de acuerdo a normas API.
- Sistema de refrigeración interetapa por medio del aire.
- Sistema de amortiguación de pulsaciones interetapa.
- Sistema de purga de hidratos interetapa.
- Sistema de almacenamiento de 1000 litros de capacidad, a una presión de 250 bar.
- Sistemas de seguridad activa.
- Motor eléctrico de accionamiento del compresor principal.
- Panel prioritario de carga.
- Tablero computarizado de operación y control de la unidad.
- Sistema de detección de concentración peligrosa de gases en el área de motores.
- Cabina Insonorizada. Nivel sonoro inferior a 70 db. a1 metro de distancia.



sistemas de compresión

# Microbox

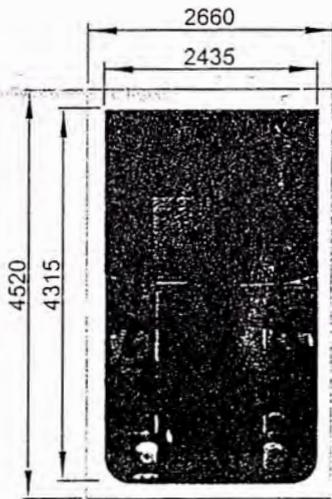
**ventajas**

menor área ocupada

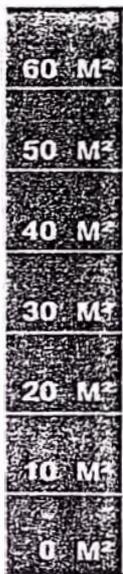
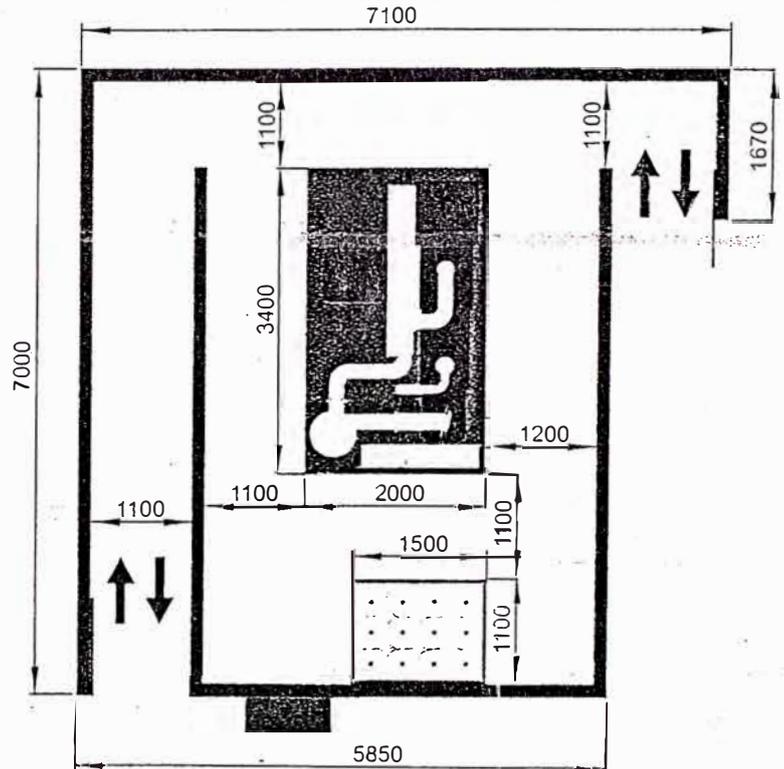
Los equipos MICROBOX, debido a sus reducidas dimensiones y por no necesitar de la instalación de bunkes perimetrales, reducen considerablemente la superficie ocupada, disminuyendo los costos de la instalación y permitiendo aprovechar los valiosos metros cuadrados ahorrados para otro tipo de aplicaciones.

Ejemplo:

**MICROBOX**



**Instalación tradicional\***



Instalación tradicional

Instalación MICROBOX

\*De acuerdo a normas argentinas



GAUSS  
GALILEO

sistemas de compresión

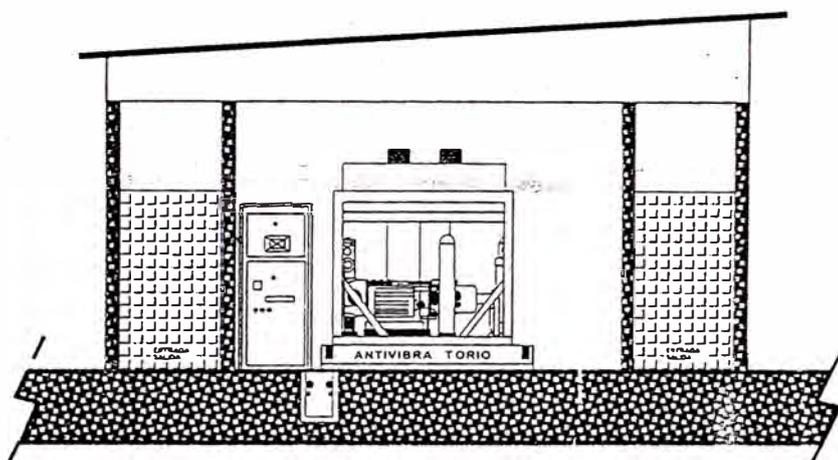
# Microbox

**ventajas**

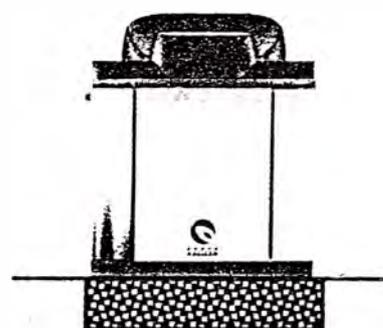
menor peso elevado

## Menor peso elevado

Las optimizaciones de peso logradas en el equipo compresor y la ausencia de necesidad de instalación de bunker de protección, así como de bases anti-vibratorias, reducen considerablemente los pesos totales de la instalación acotando sus costos e impacto estético.

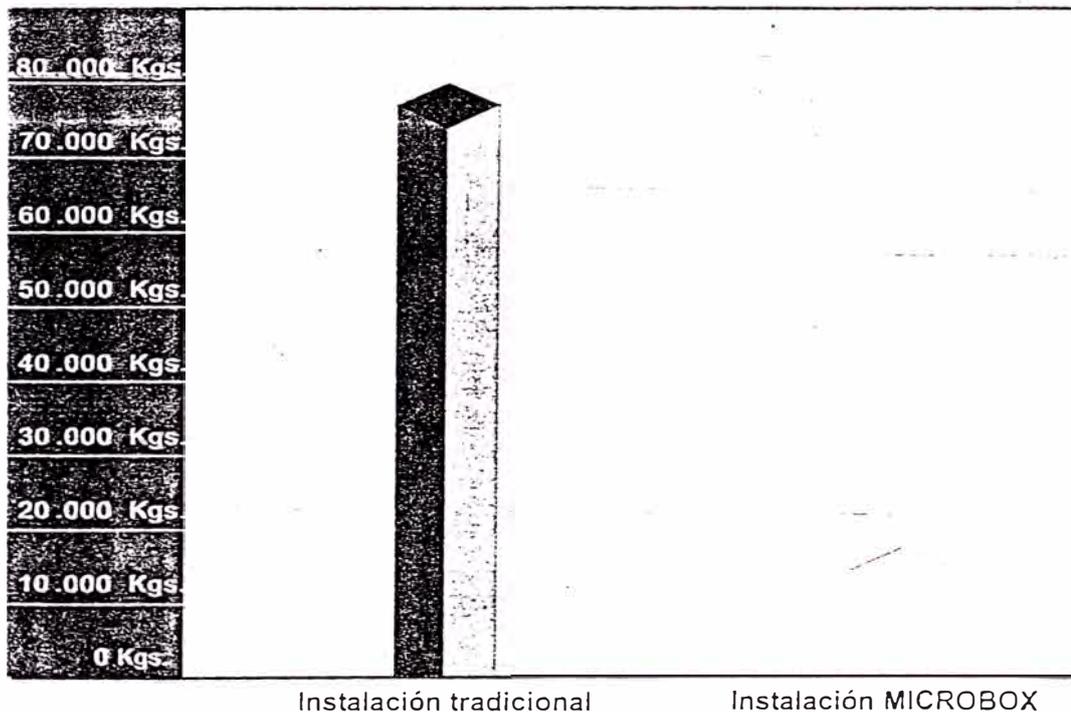


Compresor + base + almacenamiento + bunker = 73.000kg. \*



MICROBOX + base = 16.000Kg.

## Peso de la instalación



\*De acuerdo a normas argentinas

sistemas de compresión

# Microbox

menor costo de instalación

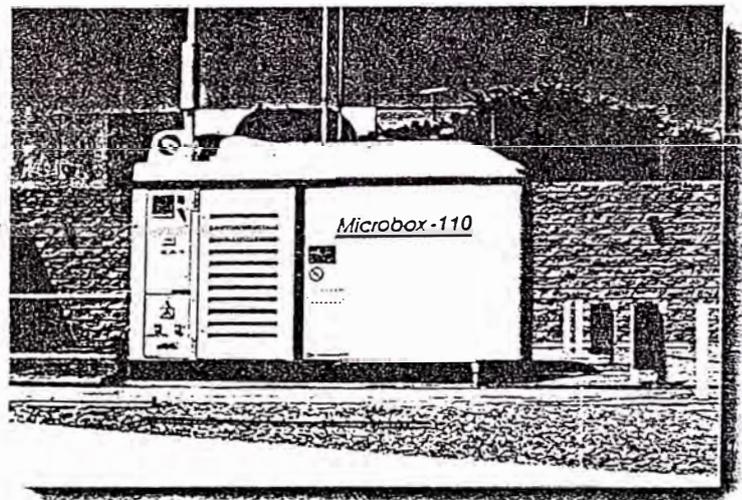
ventajas

## Rápida instalación

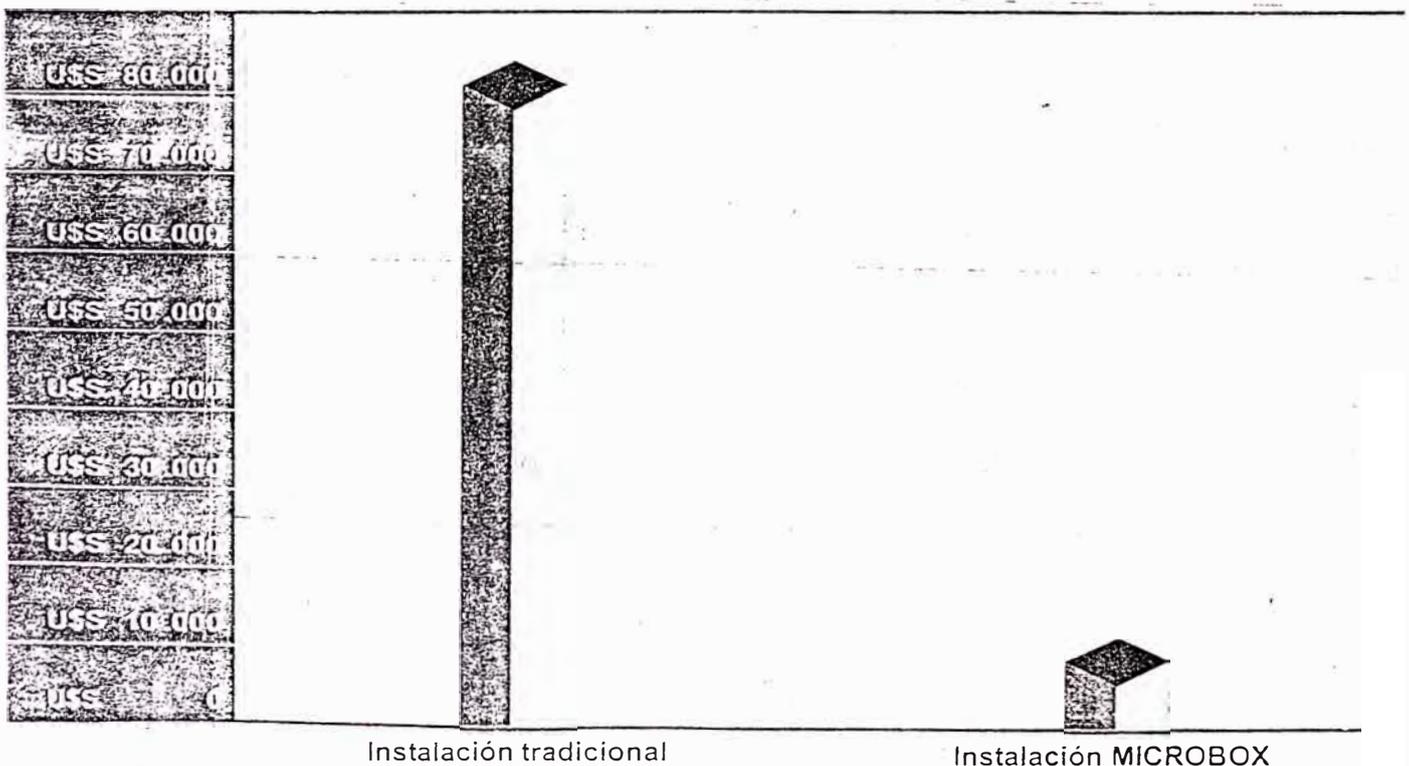
Una de las principales ventajas de Microbox es su rápida instalación, lo que reduce los tiempos de obra a sólo algunos días, permitiendo un inicio de operaciones más rápido y un menor costo de obra.

## Menor costo de instalación

El concepto innovador Microbox incorpora todos los elementos necesarios para una correcta, completa y segura instalación de GNC, convirtiéndolo en la propuesta más sencilla y económica del mercado.



El presente gráfico compara los costos de instalación.\*



\*Calculados en base al mercado argentino.

sistemas de compresión

# Microbox

**ventajas** consumo eléctrico

## Menor consumo eléctrico

El costo de la energía eléctrica es una de las variables más importantes en una estación de GNC.

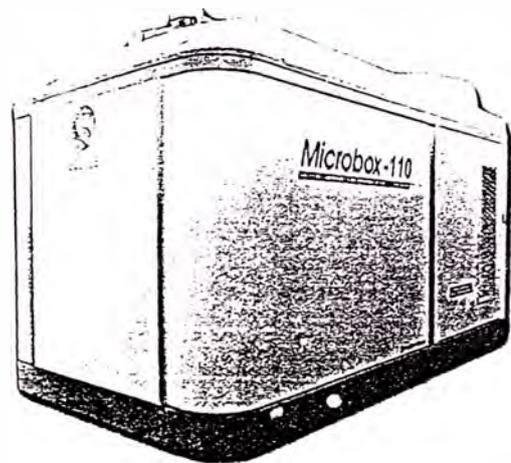
En él influyen diversas variables como ser:

**Potencia contratada:** depende de la potencia instalada y del consumo pico en arranque que tenga la unidad compresora.

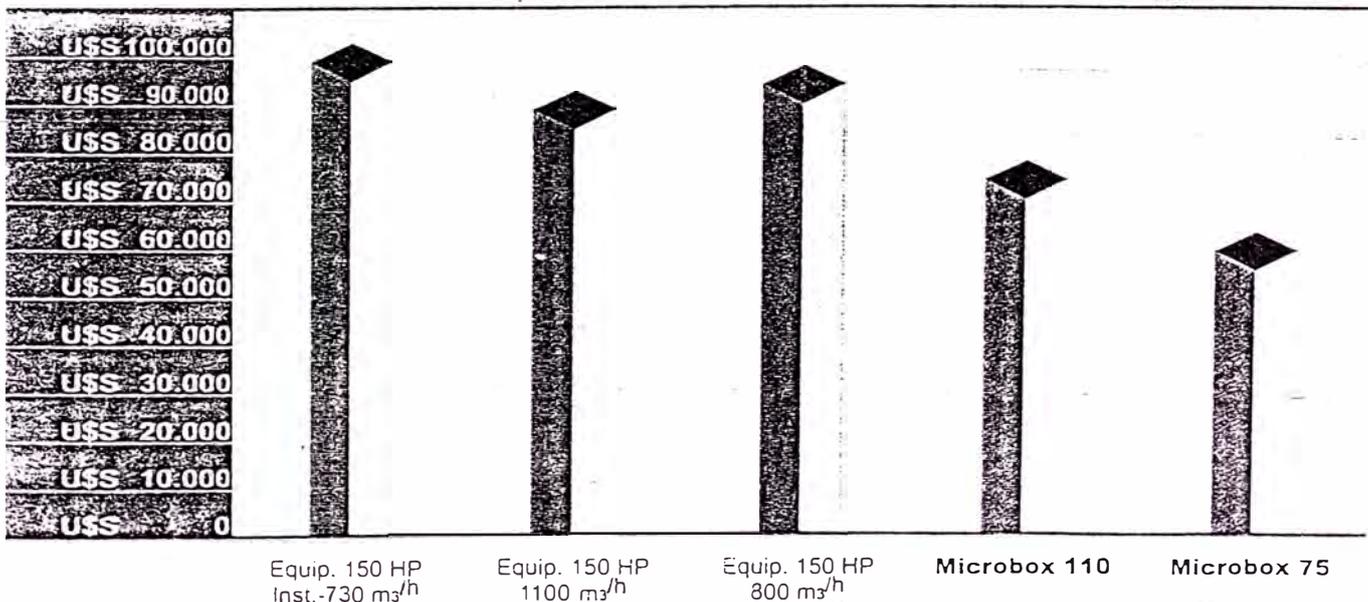
**Energía consumida:** depende del rendimiento de la unidad de compresión.

De la combinación de ambas variables dependerá el real gasto eléctrico de la estación.

En el gráfico siguiente se puede observar el monto del gasto eléctrico en 5 años de operación de distintos equipos, considerando los flujos de pagos futuros descontados a valor presente.



Como puede observarse, el ahorro energético a valor presente en 5 años de funcionamiento con distintos tipos de tecnología es del orden de los 30.000, lo cual impacta directamente sobre las utilidades de la estación.\*

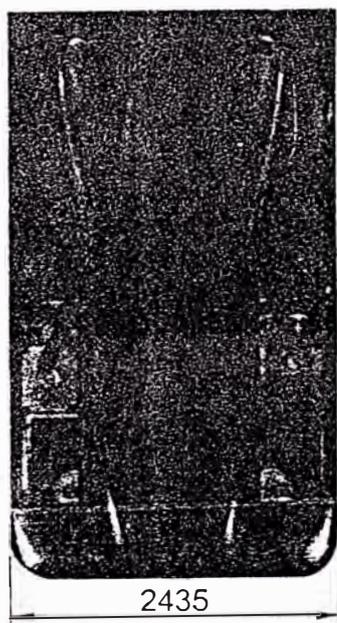
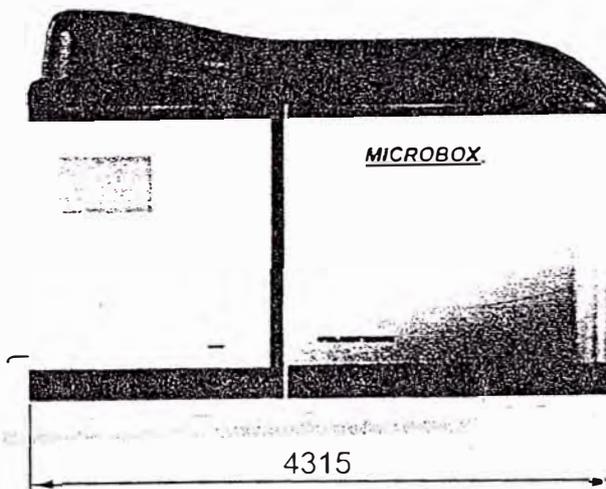
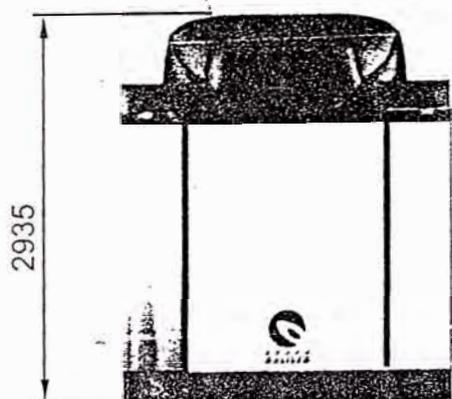


\*Calculados en base al mercado argentino.

general

# Microbox

especificaciones técnicas



## MICROBOX DIMENSIONES

### MODELOS DE COMPRESORES

MICROBOX 75  
MICROBOX 110  
MICROBOX 132  
MICROBOX 160  
MICROBOX 220  
MICROBOX 260

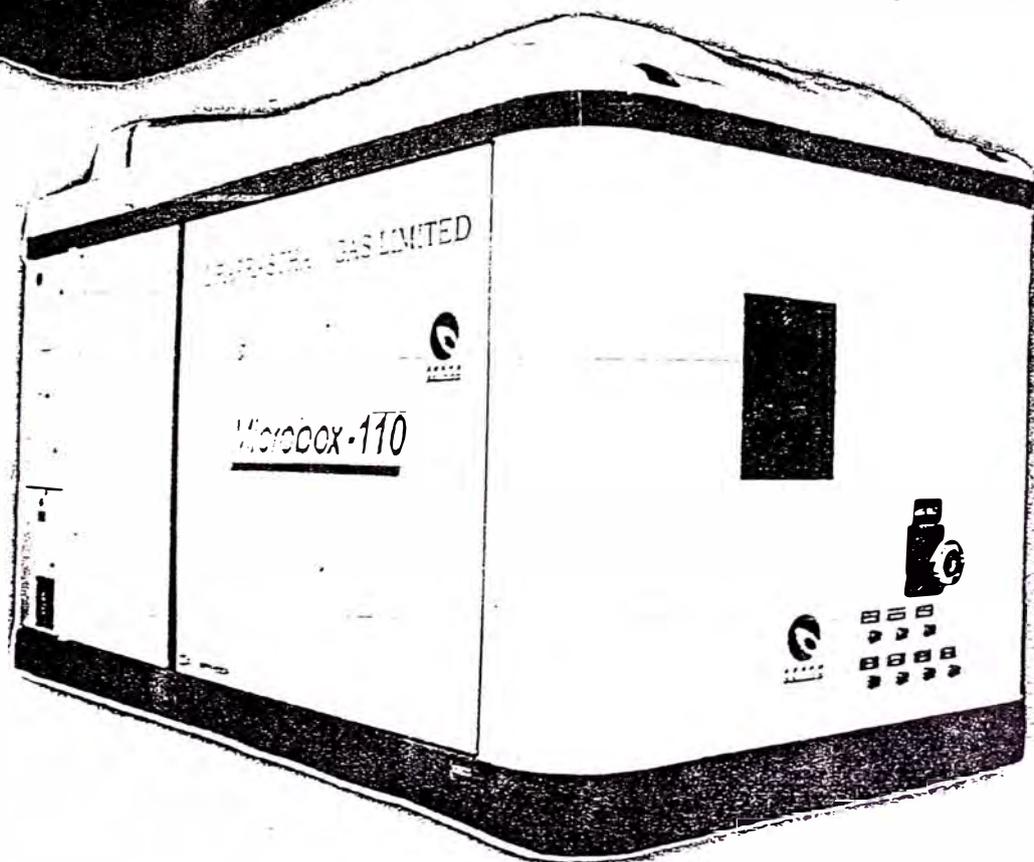
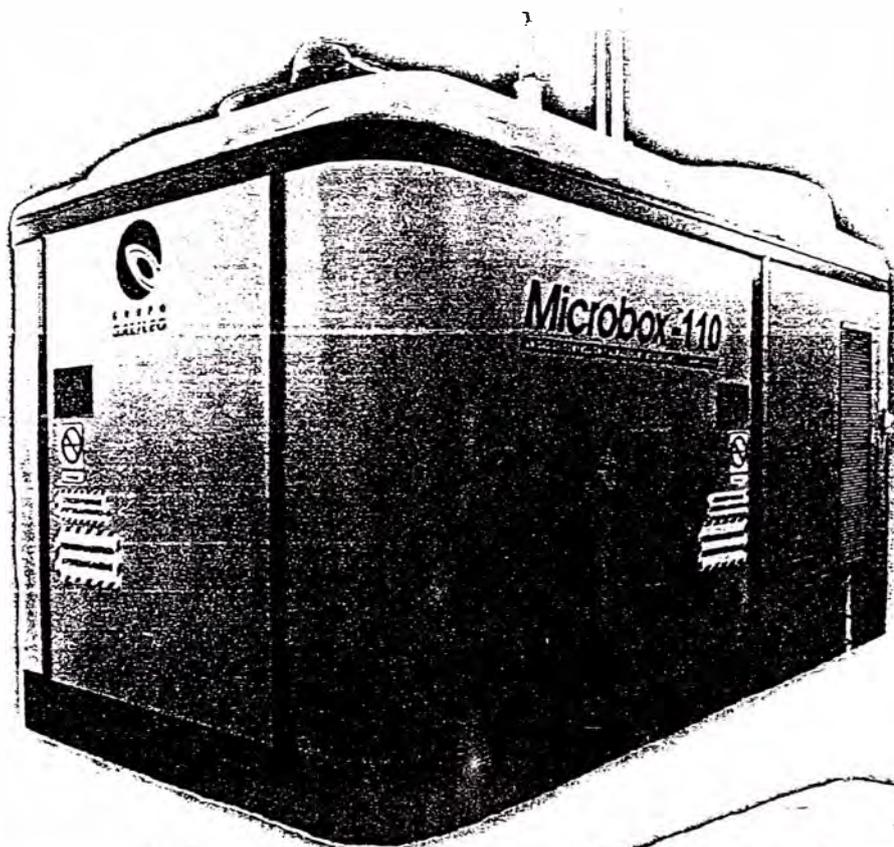
### TABLA DE CARACTERISTICAS

Modelo	Potencia [Kw]	Nº de etapas	RPM	Presión de entrada [Bar]	Caudal [Sm <sup>3</sup> /h]
MXS (Motor eléctrico)	Desde 75 hasta 260	2-3 ó 4	1200 1500 1800	Desde 0.5 hasta 60	Desde 400 hasta 2500
MXE (Motor a gas)					



GRUPO  
GALLEGO

# Microbox con motor a gas

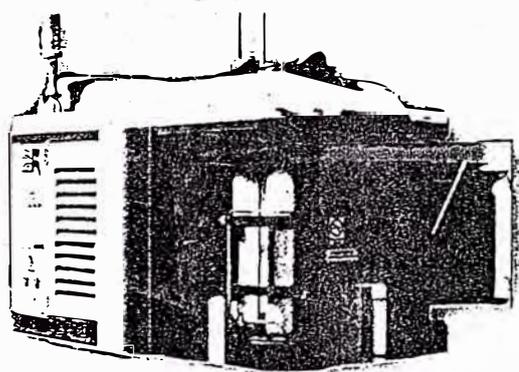


# Microbox con motor a gas

ventajas

## DESCRIPCION

Microbox con motor a gas es un sistema paquetizado de compresión de GNC, cuyo módulo contiene la totalidad de los elementos necesarios para realizar la compresión y almacenamiento.



**Donde la electricidad es  
escasa o su costo  
es elevado la opción es  
el Microbox con  
motor a gas**

## Ejemplo:

	MXE-110
Presión Nominal de operación	20 Bar
Caudal a la presión nominal	990 m <sup>3</sup> /h
Potencia del motor a gas	108 Kw (1800 R.P.M.)
Máxima potencia consumida	96 Kw (1800 R.P.M.)
Consumo específico a la presión nominal	0.027 m <sup>3</sup> gas/m <sup>3</sup> comp.
Consumo enfriadores	11 Kw

**MICROBOX** contiene los siguientes elementos:

- Puente de medición incorporado.
- Blown Dow de aspiración.
- Compresor Ariel de 2 ó 3 etapas diseñado para uso pesado de acuerdo a normas API.
- Sistema de refrigeración interetapa por medio del aire.
- Sistema de amortiguación de pulsaciones interetapa.
- Sistema de purga de hidratos interetapa.
- Sistema de almacenamiento de 1600 litros de capacidad, a una presión de 250 bar..
- Sistema de arranque del motor a gas con regulador de velocidad basado en el almacenaje existente. Rango de operación entre 1000 and 1800 R.P.M.
- Sistemas de seguridad activa.
- Panel prioritario de carga.
- Tablero computarizado de operación y control de la unidad.
- Sistema de detección de concentración peligrosa de gases en el área de motores.
- Cabina Insonorizada. Nivel sonoro inferior a 70 db. a 1 metro de distancia.



GRUPO  
GALILEO

general

# Microskid

## ventajas

### Menor área ocupada:

Los equipos Microskid, debido a sus reducidas dimensiones, reducen considerablemente la superficie ocupada, disminuyendo los costos de la instalación y permitiendo aprovechar los valiosos metros cuadrados ahorrados para otro tipo de aplicaciones.

### Menor peso:

Las optimizaciones de peso logradas en el equipo compresor y la ausencia de necesidad de instalación de bases antivibratorias, reducen considerablemente los pesos totales de la instalación acotando sus costos e impacto estético.

### Bajo consumo eléctrico:

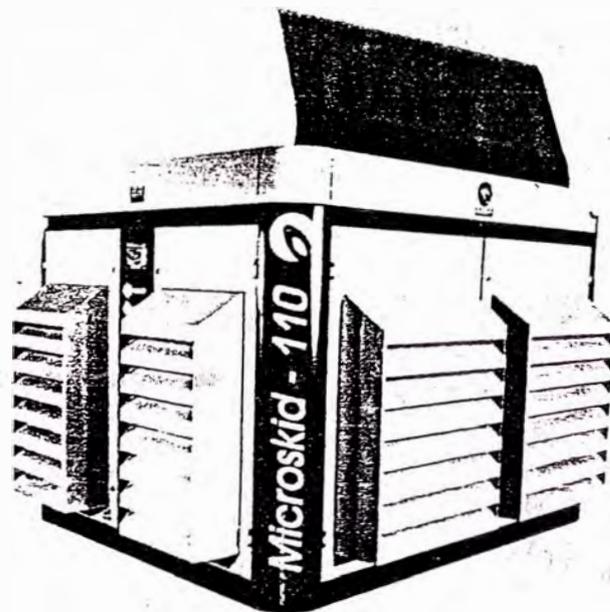
El costo de la energía eléctrica es una de las variables más importantes en una estación de GNC.

En él influyen diversas variables como ser:

**Potencia contratada:** depende de la potencia instalada y del consumo pico en arranque que tenga la unidad compresora.

**Energía consumida:** depende del rendimiento de la unidad de compresión.

De la combinación de ambas variables dependerá el real gasto eléctrico de la estación.



### Bajo costo de instalación:

El concepto innovador Microskid incorpora todos los elementos necesarios para una correcta, completa y segura instalación de GNC, convirtiéndolo en la propuesta más sencilla y económica del mercado.

### Vibraciones:

Las unidades Microskid no tienen vibraciones, razón por la cual no requieren de instalaciones antivibratorias o bases flotantes, reduciendo de esta manera los costos de instalación.

# Microskid

ventajas

## Descripción

Donde las normas no requieren un bunker antiexplosivo, o las instalaciones existentes deben ser reemplazadas, este compacto sistema de compresión es la opción recomendada.

## Características funcionales:

El presente ejemplo contempla la provisión de unidades modulares de compresión Microskid en sus versiones MSS-75 y MSS-110, las que se detallan en el siguiente cuadro:

## Ejemplo:

	MS-75	MS-110
Presión nominal de operación	20 bar	8 bar
Caudal a la presión nominal	680 Nm <sup>3</sup> /h	780 Nm <sup>3</sup> /h
Potencia del motor	75 Kw	110 Kw
Potencia consumida	69 Kw	99 Kw
Consumo específico a la presión nominal	0.101 kw/m <sup>3</sup>	0.126 kw/m <sup>3</sup>

## Microskid incorpora los siguientes elementos:

- Sistema de regulación de gas de entrada.
- Blown Dow de aspiración.
- Compresor Ariel de 2 ó 3 etapas diseñado para uso pesado de acuerdo a normas API.
- Sistema de refrigeración interetapa por medio del aire.
- Sistema de amortiguación de pulsaciones interetapa.
- Sistema de purga de hidratos interetapa.
- Sistema de almacenamiento de 1100 litros de capacidad, a una presión de 250 bar.
- Motor eléctrico de accionamiento del compresor principal.
- Panel prioritario de carga.
- Tablero computarizado de operación y control de la unidad.
- Cabina Insonorizada. Nivel sonoro inferior a 70 db. a 1 metro de distancia.

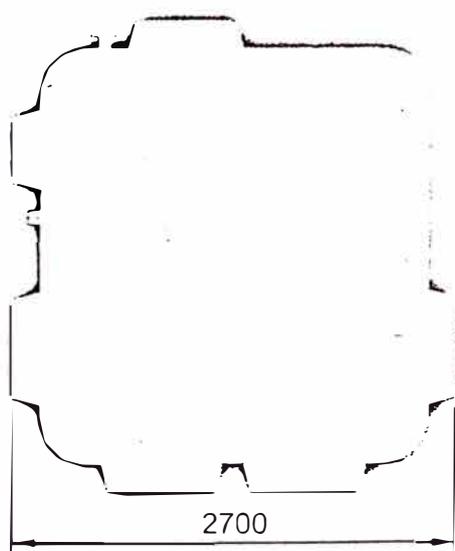
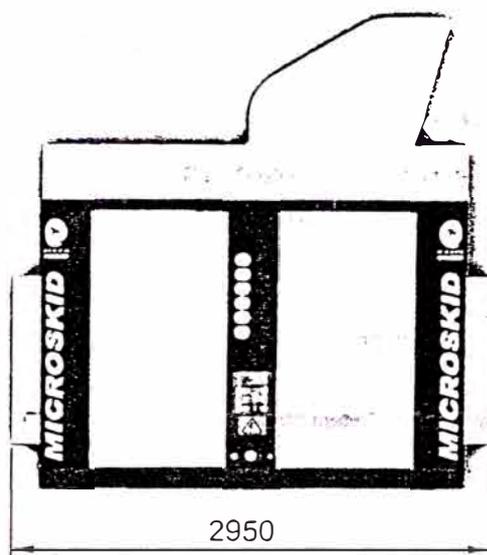
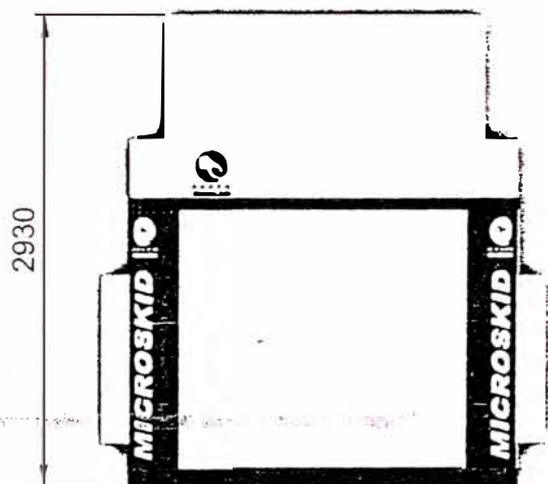


GRUPO  
GALLEGO

general

# Microskid

especificaciones técnicas



## MICROSKID DIMENSIONES

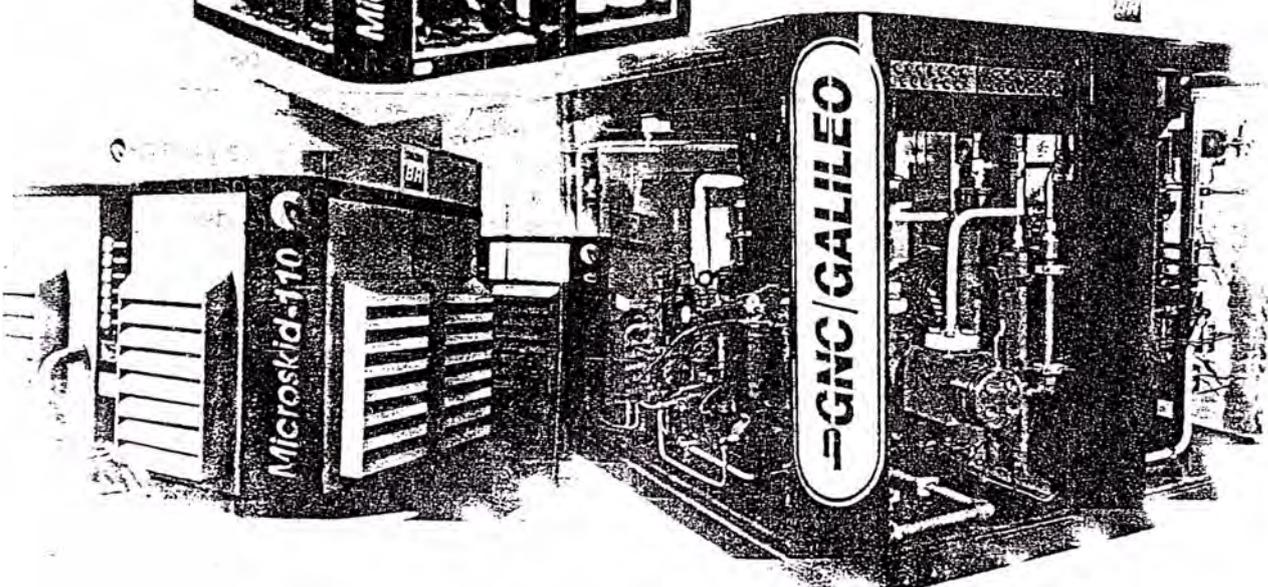
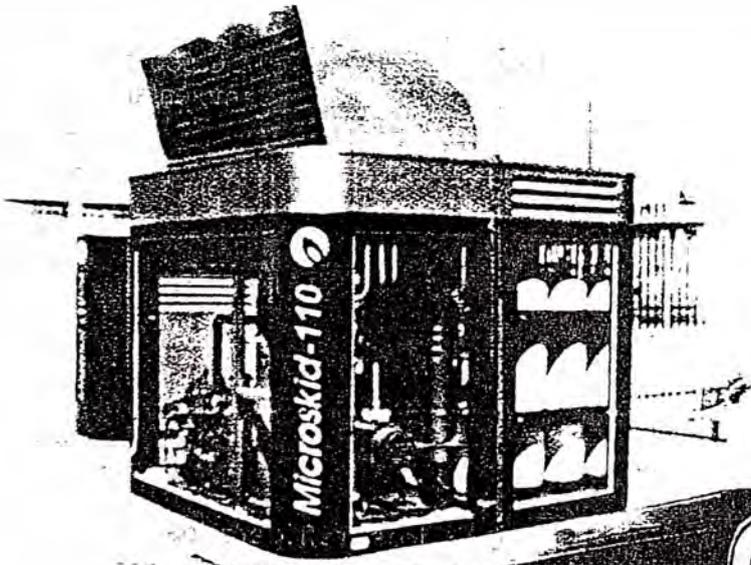
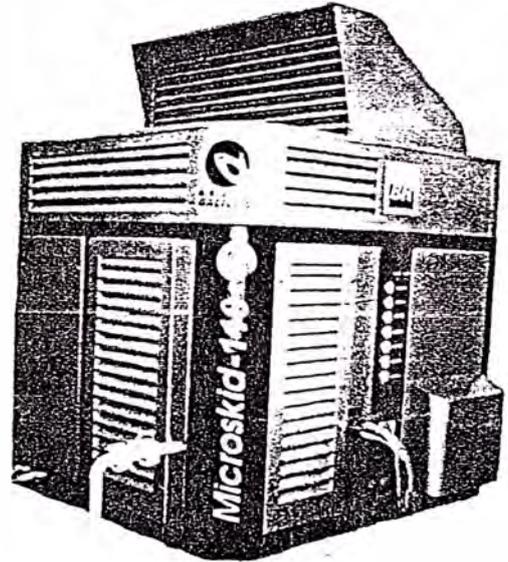
### MODELOS DE COMPRESORES

MICROSKID 75  
MICROSKID 110  
MICROSKID 132  
MICROSKID 160

### TABLA DE CARACTERISTICAS

Modelo	Potencia [Kw]	Nº de etapas	RPM	Presión de entrada [Bar]	Caudal [Sm <sup>3</sup> /h]
MSS (Motor eléctrico)	Desde 75 hasta 160	2-3 ó 4	1200 1500 1800	Desde 0.5 hasta 60	Desde 400 hasta 2500
MSP (Motor Eléctrico)					

# Microskid





Sistemas de enfriamiento

# Microbox & Microskid

## especificaciones técnicas

### Descripción

Existen distintos tipos de sistemas de enfriamiento para compresores de gas. A continuación se detallan las performances de los sistemas más utilizados:

### SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO:

	Aire directo usando intercambiadores aire-gas (Utilizado por Galileo)	Sistema de enfriamiento por agua con torre de enfriamiento	Sistema de enfriamiento por agua con radiadores en circuito abierto	Sistema de enfriamiento por agua con radiadores en circuito cerrado
Performance	Buena	Buena	Regular	Regular
Temperatura de salida	+7°C sobre la ambiental	+7°C sobre la ambiental	+12°C sobre la ambiental	+15°C sobre la ambiental
Necesidad de mantenimiento	Ninguno	Muy Alta	Muy Alta	Baja
Confiabilidad	Alta	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja

### SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE COMPRESORES

	Cilindros NO refrigerados (Sólo utilizados por Ariel)	Cilindros refrigerados
Fundamento	Sólo es posible en compresores de alta tecnología con mínimas pérdidas de potencia.	Compresor con alta pérdida de potencia. Requiere sistemas adicionales para mantener la temperatura del cilindro.
Performance	Alta	Baja
Confiabilidad	Alta	Baja
Mantenimiento	Ninguno	Es necesario limpiar el compresor periódicamente

# Microbox & Microskid

## comparación entre unidades compresoras

### Características generales

	MICROBOX	MICROSKID	Otros compresores Tradicionales
Puente de medición de gas de entrada con sistema de filtrado y amortiguación de pulsaciones.	✓	NO	NO
Bunker antiexplosivo en la cabina de compresión, testeado y aprobado para contener cualquier tipo de explosión en el interior del equipo.	✓	NO	NO
Sistema automático de extinción de fuegos en la cabina de compresión.	Opcional	NO	NO
Sistema de detección de fugas de gas en las cabinas del equipos.	✓	NO	NO
Sistema de insonorización.	✓	✓	NO
Sistema automático de corte de gas de entrada y salida ante alarma.	✓	NO	NO
Sistema de telecontrol a distancia del equipo.	✓	✓	NO
Almacenamiento incorporado en el chasis del compresor	✓	✓	NO
Sistema de apertura de la sala de compresores controlado por el computador del equipo para evitar presencia humana y riesgos durante la compresión.	✓	NO	NO
Sistema control computarizado de todos los parámetros de compresión (temperatura y presión).	✓	✓	NO
Iluminación interna antiexplosiva de las salas de máquina.	✓	✓	NO
Sistema de paradas de emergencia a seguridad intrínseca conectable con los surtidores de la estación.	✓	✓	NO
Tablero eléctrico de control con panel gráfico para representación de parámetros operativos.	✓	NO	NO
Sistema computarizado de control de prioridad de carga.	✓	✓	NO
Acoplamiento directo de motor y compresor.	✓	✓	NO
Sistema computarizado de sugerencias de operaciones de mantenimiento del equipo.	✓	NO	NO

comparativas



# Microbox & Microskid

## comparación entre unidades compresoras

### Performance

	MICROBOX	MICROSKID	Otros compresores Tradicionales
Caudal para una presión de entrada de 15 bar.	1105 Nm <sup>3</sup> /h	1105 Nm <sup>3</sup> /h	Depende de la unidad
Consumo en el arranque.	520/530 A	520 A	800 A
Número máximo de arranques hora.	Ilimitado	Ilimitado	6/8
Consumo específico a 15 bar.	0.1058Kw/m <sup>3</sup>	0.1058Kw/m <sup>3</sup>	Mayor de 0.13

### Requerimientos de instalaciones adicionales

	MICROBOX	MICROSKID	Compresores tradicionales
¿Requiere Bunker?	NO	✓	✓
¿Requiere de puente de medición?	NO	✓	✓
¿Requiere de sistemas antivibratorios?	NO	NO	✓
¿Requiere de sistemas de insonorización?	NO	NO	✓
¿Requiere de instalación remota del tablero?	NO	✓	✓
¿Requiere de batería de almacenamiento?	NO	NO	✓
¿Requiere de instalación de válvulas actuadas de parada de la estación?	NO	NO	✓
¿Requiere de sistemas de rociado para instalaciones en primer piso?	NO	NO	✓
¿Requiere de instalación eléctrica antiexplosiva?	NO	NO	✓
Tiempo de obra estimado para la instalación desde la llegada del equipo	2 días	20 días	60 días
¿Es fácilmente reinstalable?	✓	NO	NO

# Surtidores

## características

Los surtidores de la línea EM representan el último avance tecnológico en sistemas de carga de GNC para automóviles y buses.

Son fáciles de instalar, operar y mantener. La calidad de sus componentes garantizan una carga rápida, segura y precisa. De diseño compacto y moderno, pueden ser instalados en cualquier tipo de estación junto a surtidores convencionales de combustible líquido.

Cada surtidor incorpora:

- Dos mangueras para expendio.
- Doble sistema de medición másica.
- Teclado y display electrónico configurado de acuerdo al lugar de destino.
- Sistema anti-arrastre de mangueras (Breakaway).
- Control de exceso de flujo o fugas de presión.
- Corte a carga plena.
- Parada de emergencia por golpe de puño.

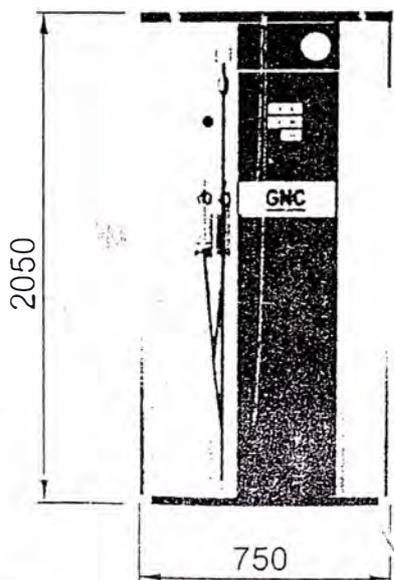
Su sofisticada tecnología permite predeterminar las cargas en interfase con una PC, permitiendo llevar un exacto seguimiento de las ventas.

Opcionalmente puede incorporar:

lector de tarjeta magnética para fidelización de clientes y repago de conversiones vehiculares financiadas por el establecimiento.

A su versión Standard, incorpora el modelo con lavatorio y doble manguera retráctil para agua, aceite o aire.

### BASE



### MULTISERVICIO

