

86



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón

NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## Uso del Gas L. P. como Combustible en los Vehículos Automotores

Slot . 29571

**T E S I S**

Que para obtener el título de :  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

p r e s e n t a n :

**VICTOR M. MIRANDA LAPRAY**

**JACOBO ALVAREZ VERA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON  
DIRECCION

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA

Sr. VICTOR MANUEL MIRANDA LAPRAY  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 3 de junio del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. FEDERIQUE JAUREGUI RENAUD pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "USO DEL GAS L.P. COMO COMBUSTIBLE EN LOS VEHICULOS AUTOMOTORES", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento, me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

San Juan de Aragón, Edo. de Méx., junio 9 de 1980.

EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería  
Unidad Académica  
Departamento de Servicios Escolares.

SRR 'JR TD'lla.

A M I S P A D R E S:

CECILIO Y MICAELA

PORQUE GRACIAS A SU DESMEDIDO ESFUERZO Y SACRIFICIO DESINTERE  
SADOS, LOGRARON PROYECTARME EN LA VIDA.

A M I S H E R M A N O S:

MIREYA, CECILIO Y JORGE

COMO UNA MUESTRA DE GRATITUD A SU CARINO.

A MIS AMIGOS Y FAMILIARES, POR EL ESTIMULO Y PALABRAS DE ALIENTO  
QUE RECIBI DE ELLOS PARA LOGRAR TERMINAR MIS ESTUDIOS.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON  
DIRECCION

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA

Sr. JACOBO ALVAREZ VERA  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 3 de junio del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. FEDERIQUE JAUREGUI RENAUD pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "USO DEL GAS L.P. COMO COMBUSTIBLE EN LOS VEHICULOS AUTOMOTORES", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento, me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., junio 9 de 1980.  
EL DIRECTOR

  
LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería  
Unidad Académica  
Departamento de Servicios Escolares.

SRR JRTD'lla.

DAR LAS GRACIAS NO BASTA PARA AGRADECER A TODOS AQUELLOS  
QUE, DE UNA FORMA U OTRA, ME HAN ALENTADO PARA SEGUIR ADELANTE, Y-  
HACER DE MI UNA PERSONA UTIL A LOS DEMAS.

A MIS PADRES QUE CON SU EJEMPLO Y COMPRESION ME AYUDA--  
RON EN LOS MOMENTOS DIFICILES.

A MI HERMANOS

FAMILIARES

PROFESORES

AMIGOS

PARA TODOS MI ETERNA GRATITUD.

QUEREMOS AGRADECER LA VALIOSA COLABORACION DEL INGENIER  
RO FEDERIQUE JAUREGUI RENAUD, SIN LA CUAL NO HUBIERA SIDO POSI--  
BLE LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO; PARA EL NUESTRO INFINI-  
TO AGRADECIMIENTO.

## I N D I C E

PROLOGO . . . . .	I - III
INTRODUCCION . . . . .	1 - 6
C A P I T U L O I	
PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE LOS COMBUSTIBLES USADOS EN LOS MOTORES . . . . .	7 - 23
C A P I T U L O II	
ANALISIS DE LA APLICACION DEL GAS L.P. EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES . . . . .	24 - 51
C A P I T U L O III	
ANALISIS ECONOMICO DE LA UTILIZACION DEL GAS L.P. EN LOS VEHICULOS . . . . .	52 - 64
C A P I T U L O IV	
PRODUCCION, DISPONIBILIDAD Y CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO DEL GAS L.P. EN MEXICO . . . . .	65 - 73
C A P I T U L O V	
LEGISLACION SOBRE LA DISTRIBUCION DEL GAS L.P. . . . .	74 - 82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	83 - 89
BIBLIOGRAFIA . . . . .	90 - 91



# I

## P R O L O G O

Los objetivos de la Educación concebidos en forma dinámica, congruentes con la realidad nacional, imponen la necesidad de una continua revisión. Esto es tanto más importante cuanto - que países como el nuestro, en vías de desarrollo, muestran cambios de trascendencia en cortos períodos.

Nuestro interés será en todo momento considerar esos - cambios y adoptar en consecuencia nuestros sistemas.

Creo que todos estaremos de acuerdo en que existe un - grave problema de dependencia tecnológica de la industria del -- país con respecto al extranjero, en el campo de la Ingeniería Me cánica y Eléctrica. Así como la Ingeniería Civil se ha desarrollado mucho en México, creando una técnica propia y desarrollando paralelamente la investigación aplicada, en lo que respecta a la Ingeniería Mecánica y Eléctrica el país gasta anualmente gran des sumas de divisas por el pago de usos de patentes, de asesoria técnica y de otras regalías de este tipo.

Todas las profesiones tienen una función social que -- cumplir y el Ingeniero Mecánico es el responsable del desarrollo de tecnologías novedosas que permitan al hombre un mejor - - aprovechamiento de sus recursos considerando la realidad social - en que vive.

En economías como la nuestra, donde la fuerza del tra-

bajo es abundante y el capital es escaso, es necesario replantear los objetivos que ha tenido la Ingeniería Mecánica en su desarrollo. El punto de vista privado, orientado fundamentalmente a un aumento de la productividad y de las ganancias en base a la explotación intensiva y organizada de los factores productivos, ha demostrado en los países subdesarrollados, no ser el camino adecuado para la solución de nuestros problemas Tecnológicos e Industriales del Sistema Económico, y mucho menos, que a través de este enfoque pueda cooperarse al desarrollo de la Ingeniería Mecánica, a la lucha contra la dependencia tecnológica y a la solución de los urgentes problemas sociales de nuestro país.

La complejidad de la técnica moderna es tal que resulta imposible improvisarla a las necesidades industriales del momento, la tecnología deberá desarrollarse en base a factores peculiares para cada sistema económico.

Podemos señalar dentro del contexto anterior, los principales signos y síntomas que nos indican el marco general sobre el cual la Ingeniería Mecánica debe plantearse su programa de trabajo para nuestro país, entre otros están: La penetración del capital extranjero, la relación desigual en cuanto a la transferencia y pago de tecnología, el centralismo industrial, la deficiencia en la asesoría técnica, la poca solidez de los criterios de inversión, la baja eficiencia en la utilización de los recursos naturales, humanos y la baja calidad del producto terminado.

Esta situación podrá corregirse paulatinamente en la me

I I I

dida en que se fortalezcan los programas de Educación Superior, -  
investigación y aplicación de la Ingeniería en México.

ING. FEDERIQUE JAUREGUI RENAUD.

## I N T R O D U C C I O N

Con la Revolución Industrial, a partir del siglo XIX, - el hombre comenzó a romper el equilibrio que mantenía con la naturaleza.

El sistema ecológico comenzó a deteriorarse. Uno de -- sus deformadores, la contaminación ambiental, se ha venido agra--vando y adquiriendo proporciones bastantes dramáticas.

Este grave problema que se presenta en las principales--ciudades del país, en que año tras año aumenta la polución ambiental de tal modo que ya rebasa ampliamente los límites de peligro--sidad para la salud humana, se debe entre otros factores al aumento incesante e insensato de los vehículos automotores, así como--también a que gran número de fábricas se localizan dentro de las--ciudades.

Uno de los principales factores que motivó a la realización de esta tesis sobre la utilización del gas L.P. en los ve--hículos automotores, es que el DON más singular que puede tener - el hombre, y que no tiene precio, es la SALUD y ésta hay que pre--servarla a como de lugar. La contaminación ambiental ocasiona --principalmente enfermedades en las vías respiratorias y en los --ojos, llegando incluso a ocasionar cáncer.

También la contaminación afecta a los bienes materiales como son los edificios, monumentos, pinturas, etc., ya que les --

causa oxidación, disgregación de sus componentes y el ensuciamiento de sus partes, y resulta paradójico que la contaminación esté destruyendo lo que la naturaleza no ha podido en siglos.

En la Ciudad de México, estudios recientes revelan que aproximadamente el 80% de la contaminación ambiental total proviene de los gases de escape de alrededor de 2.0 millones de vehículos automotores actualmente en circulación y que consumen gasolina y/o diesel. En agosto de 1979 se arrojaban diariamente 9 300 toneladas de gases tóxicos, los cuales se distribuían de la siguiente manera: 8 370 toneladas diarias de monóxido de carbono, 650 de hidrocarburos, 170 de óxidos de nitrógeno, 70 de partículas, 25 de ácidos orgánicos y 15 de aldehídos.

Ahora bien, como el incremento demográfico y el de vehículos es de aproximadamente del 5 y 10% anuales respectivamente, para fines de 1982 habrá en la Ciudad de México cerca de 19 millones de personas y 2 300 000 vehículos arrojando 10 700 toneladas de contaminantes diariamente al espacio vital de los capitalinos, con lo que este problema en vez de disminuir se irá incrementando.

Ante el panorama que se presenta, es necesario utilizar otros combustibles que además de emitir menor grado de contaminantes, resulten más económicos como es el caso del gas L.P., el cual, después de varios años, es utilizado actualmente en gran escala en varios países del mundo. El gas L.P. puede ser consumido en todo tipo de vehículos de transporte, así como en todos los --

modelos de motores de combustión interna, como son:

Automóviles

Camiones

Autobuses

Tractores Agrícolas

Montacargas, etc.

En Europa, más de un millón de automóviles usan gas L.P., principalmente Italia, Holanda, Bélgica y Luxemburgo. En cada una de estas naciones hay más de 1 200 estaciones de servicio (gaseras) para el uso de los automovilistas. En el Japón casi todos los vehículos de pasajeros (taxis) de Tokio y de Osaka, con un total de 200 000 vehículos funcionan con gas L.P. como combustible.

En los Estados Unidos de Norteamérica, gran número de vehículos y sobre todo, tractores agrícolas y montacargas, utilizan el gas L.P.

Las probabilidades de accidentes con este gas son pocas, ya que no es más peligroso que los demás productos inflamables, debido a que todos los equipos utilizados para esta forma de carburación están sujetos a reglamentos extremadamente rígidos. Al igual que los demás combustibles, hay que tomar ciertas medidas de seguridad, lo anterior con respecto a las gaseras, como por ejemplo:

- 1) Estando prohibido fumar dentro de la estación de servicio.

- 2) Asegurarse que el motor del vehículo esté fuera de funcionamiento.

En otros países la experiencia ha comprobado que el gas L.P. provoca menos accidentes que los combustibles clásicos, ya que la aplicación de los reglamentos de seguridad es mucho más estricta.

Cabe mencionar que las primas de seguro para los vehículos que funcionan con gas L.P. como combustible, así como también las de las gaseras son las mismas que se hacen para los combustibles convencionales.

Algunas de las ventajas que se tienen al utilizar gas L.P. en los motores de combustión interna son:

- 1) Menor grado de contaminación debido a emisiones.
- 2) El precio del gas L.P. es aproximadamente un 50% -- menor que el precio de la gasolina más económica.
- 3) Mayor vida del motor, con una duración de 2 a 3 veces más, comparativamente con uno a gasolina.
- 4) Afinaciones menos frecuentes, prolongándose el servicio de las bujías y de los platinos.
- 5) El tiempo de cambio del aceite en el motor puede -- prolongarse hasta 8 veces.

En el presente trabajo se demostrarán estas grandes ventajas que representa el uso del gas L.P.

Otro factor de gran importancia y que influye decisivamente

mente a utilizar el gas L.P., es la actual crisis energética mundial, debido a la creciente demanda de crudo, por lo que es necesario utilizar otros tipos de combustibles en los motores de combustión interna que puedan sustituir satisfactoriamente a los de mayor uso, como es el caso de la gasolina y el diesel, considerando para ello los siguientes factores:

- 1) Grado de gases tóxicos producto de la combustión.
- 2) Costos:
  - a) Por litro de combustible
  - b) Por consumo de combustible
  - c) Por efectos del combustible en la vida del motor.
  - d) Por mantenimiento.
- 3) Ya que México cuenta con grandes yacimientos petrolíferos y de gas natural, por lo que existirá un excedente en el mercado de gas L.P., lo que se traducirá en un mejor aprovechamiento de este combustible.

Sobre el factor de costos es indispensable compararlo con otros combustibles, haciendo esta comparación tanto desde el punto de vista de funcionamiento del motor como el económico para poder decidir si conviene su utilización en gran escala en sustitución principalmente de la gasolina.

Todos estos factores mencionados, en el que destaca la contaminación, van encaminados hacia un solo objetivo, que es el



6.-

de poder dar un beneficio a la sociedad, el cual es también el --  
propósito de este trabajo.

C A P I T U L O I

PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE LOS COMBUSTIBLES USADOS EN LOS -  
MOTORES.

Son combustibles todos los elementos o compuestos capaces de oxidarse con la consecuente transformación en calor. El calor es aprovechado como fuente de energía y en el caso que nos interesa, esta energía es la fuerza que se aprovecha en los motores.

El combustible mezclado con el oxígeno arde por medio de un chispazo de corriente, con lo cual aumenta su volumen debido al calor generado, condición que se aprovecha para desplazarse un pistón, que por medio de un cigueñal transmite la fuerza.

Los combustibles que más se utilizan en los motores son hidrocarburos derivados del petróleo y como su nombre lo indica, están compuestos principalmente por átomos de Hidrógeno y de Carbono, entre los cuales están: Gasolina, Diesel, Gas L.P., Gas Natural, Metanol, etc.

La capacidad de energía se mide en Kilos caloría o BTU (Unidad Térmica Británica). En México se debe usar como norma el Kilo caloría, pero debido a que las fuentes de información obtenidas son en BTU y siendo únicamente una mención teórica para comparación, se darán los datos como originalmente se han obtenido.

Algunos de los combustibles mencionados anteriormente se obtienen en el proceso de refinación del petróleo crudo como es el caso del Diesel y la Gasolina, otros pueden obtenerse o no en el proceso de refinación del petróleo como sucede con el gas L.P.-

(Gas Licuado de Petróleo), el cual se obtiene del Gas Natural o -- del petróleo crudo. El Gas Natural se recoge de yacimientos y de los pozos petroleros donde sale asociado al crudo.

### G A S O L I N A

El uso de la gasolina como combustible en los motores de combustión interna data de algo más de medio siglo. Técnicamente ha pasado de ser simplemente un destilado petrolíco de bajo punto de ebullición (40 - 200°C) a ser un producto especialmente elaborado para satisfacer las necesidades de los numerosos tipos de motores usados hoy en día.

Los hidrocarburos de punto de ebullición bajo, ya presentes en el petróleo o fabricados partiendo de él, forman todavía la mayor parte del abastecimiento mundial de gasolina. Son la fuente líquida más fácilmente disponible de energía calorífica máxima por unidad de peso.

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos líquidos, -- principalmente: Hexano, Eptano, Octano e impurezas del petróleo -- tales como Azufre y Nitrógeno. Destila aproximadamente dentro del intervalo de 38 a 205°C.

Las gasolinas comercialmente son ordinariamente mezclas de gasolinas de destilación directa, de pirólisis, reformadas y naturales.

La gasolina que se elabora en México es de dos tipos: -

La Nova o regular de 84 octanos y la Extra o Super de 91 octanos.

El número o índice de octano es un índice de la capacidad de una gasolina para soportar una presión o temperatura elevadas sin explotar espontáneamente (detonar).

Durante los primeros decenios del Siglo XX no se concedió mucha importancia a la calidad de la gasolina. El problema era producirla en cantidad suficiente.

Con el progreso en el diseño de los motores y sus caracteres de combustión, se presentaron 5 fenómenos perturbadores en el comportamiento de la gasolina:

1. El golpeteo en el motor durante su funcionamiento - con la pérdida consiguiente de fuerza, recorrido y suavidad de funcionamiento del motor.
2. La goma, sustancia parecida a una laca que se forma sobre las paredes calientes en los cilindros, los pistones y las válvulas.
3. La corrosión de las piezas del motor a consecuencia de la acidez o el azufre de la gasolina.
4. El cierre por el vapor, que es la interrupción en el suministro de combustible al motor por la formación de burbujas de vapor en la tubería de abastecimiento o en el carburador, a causa de los hidrocarburos de punto de ebullición demasiado bajo.
5. Arranque lento, por deficiencia de hidrocarburos de

punto de ebullición bajo en la gasolina.

Puede decirse que el perfeccionamiento de la gasolina moderna se debió a la urgencia en resolver estos problemas.

Investigaciones realizadas señalan que añadiendo menos de 1 ml. de Tetraetil-plomo por galón (0.246 ml. por litro) de gasolina, se reduce apreciablemente el golpeteo en los motores, - - además de aumentar el número de octano. Las gasolinas para automóviles tienen entre 0.75 y 3 ml. de Tetraetil-plomo por galón -- (0.198 - 0.793 ml/lt.)

La potencia calorífica de la gasolina como combustible es de 6 390 BTU/pie<sup>3</sup>.

La gasolina se evapora con facilidad, es decir, es altamente volátil. Arde con facilidad por lo que su manejo y transporte es delicado.

Es un combustible que produce un alto grado de contaminación debido a emisiones, ya que los gases arrojados, producto de su combustión, resultan ser muy nocivos para la salud.

### D I E S E L

Se obtiene en el mismo proceso de refinación de la gasolina. Sus características varían muchísimo desde destilados ligeros que son prácticamente, Kerosenos pequeños, hasta combustibles residuales o petróleos crudos, que se usan en casos contados.

Su densidad específica varía de 0.82 a 0.95 a 15.5°C; - el poder calorífico superior es de 10 275 a 11 110 cal./kg; el in

tervalo de destilación es de 175° a 370°C o más alto.

La composición última o por elementos: Carbón del 85 - al 88%, hidrógeno del 15 al 10% y en pequeñas cantidades azufre, - anilina, agua, cenizas y sedimentos.

Para arder necesita un estimulante, ya sea una llama o someterlo a altas presiones o temperaturas por lo que su manejo - no es delicado.

El grado de contaminación producido por este combusti-- ble es bajo comparado con la gasolina.

Los gases producto de su combustión contienen dióxido - de carbono, vapor de agua, monóxido de carbono, óxidos de nitróge no, óxidos de azufre, aldehídos, hidrocarburos no quemados y carbón.

Existen varios tipos de Diesel, la A.S.T.M. (Sociedad - Americana de Prueba de Materiales) hace recomendaciones para el - uso de estos combustibles.

RECOMENDACIONES DE LA A.S.T.M. PARA EL DIESEL.

GRADO	TIPO DE MAQUINA
1-D	Máquinas de inyección sólida operando a más de 1000 rpm.
3-D	Máquinas de inyección sólida operando de 360 a 1000 rpm.
4-D	Máquinas de inyección sólida, con cilindros de más de 41 cm. de diámetro y operando a menos de 240 rpm.
5-D	Máquinas con inyección de aire comprimido operando a menos de 400 rpm.  Puede especificarse aceite más pesado que el 4-D, refiriéndose al aceite combustible No. 5., poniéndose de acuerdo el comprador y el vendedor con respecto al residuo de carbón y límites de azufre.



CLASIFICACION A.S.T.M. DEL ACEITE COMBUSTIBLE DIESEL.

	GRADO DEL COMBUSTIBLE			
	1-D	2-D	3-D	4-D
Punto de encendido °C, mín.....	37.78	43.33	43.33	60.00
Agua y Sedimento, % por vol.				
máx.....	0.05	0.05	0.1	0.5
Viscosidad a 37.78°C				
Centistokes mín.....		2.0		
Equivalente Saybolt.....		32.6		
Centistokes máx.....		6.0	12.0	
Equivalente Saybolt.....		45.5	65.0	140.0
Residuo de carbón, % por peso				
máx.....			0.5	2.5
Azufre, % por peso, máx.....	0.5	1.0	1.5	2.0
Número de cetano mínimo.....	45	45	35	30

G A S L.P.

Comercialmente es una mezcla de petróleo gaseoso combinado, principalmente propano y butano con ciertos gases similares presentes en pequeñas cantidades. El Gas L.P. es muy parecido a la gasolina en lo que se refiere a su composición química. Ambos productos consisten en una mezcla de compuestos de Hidrógeno y de Carbono. La diferencia principal entre ambos productos es que el Gas L.P. se vaporiza con mayor facilidad debido a que sus componentes tienen un punto de ebullición más bajo que los de la gasolina. Antes de la Segunda Guerra Mundial, el principal ingrediente del Gas L.P. fué el butano, por lo que la mezcla comercial era llamada comúnmente "butano". Sin embargo, debido al descubrimiento de importantes y nuevos usos para el butano, el propano -- ahora abarca la mayor parte de la mayoría de Gas L.P. comercial. Así pues, el producto frecuentemente es vendido bajo el nombre de propano. La principal diferencia entre el propano y el butano es que el propano se vaporiza a temperaturas más altas que  $-44^{\circ}\text{F}$  (  $-42.2^{\circ}\text{C}$ ) y el butano comienza a vaporizarse a cualquier temperatura que pase de  $+32^{\circ}\text{F}$  ( $0^{\circ}\text{C}$ ).

El Gas L.P. (GLP) es un producto derivado de la producción de la gasolina, el aceite crudo da cerca de 2% de propano y 2% de butano, el GLP puede obtenerse también del gas natural. Un pie cúbico de gas natural contiene más de 6% de butano y 12% de propano, GLP es un gas que, para su conveniencia en su venta, --

transportación y manejo, ha sido transformado en un líquido por medio de compresión y enfriamiento. En su estado gaseoso es volu-  
minoso y difícil de manejar, pero cuando líquido cerca de 250 ga-  
lones de gas se convierten en un galón de líquido. El GLP siem-  
pre es almacenado como líquido pero se usa como vapor en motores-  
de combustión interna.

En la proporción en que se vende en México este gas, se necesitan 0.5422 Kg para obtener un litro del mismo en estado lí-  
quido.

Su contenido térmico es de 5 565 Cal/litro. Es inodoro, incoloro e insípido.

Con el objeto de detectar alguna fuga que pueda ser pe-  
ligrosa se le pone un olor fuerte que se percibe fácilmente, aún-  
cuando no represente peligro.

Contra la creencia general, el GLP no es tóxico. Los -  
accidentes provocados por este gas no se deben a envenenamiento, -  
sino por asfixia al no respirar las personas el oxígeno. A veces  
produce mareos que pueden ser acompañados con vómitos, pero respi-  
rando aire puro desaparecen estos síntomas.

Es más pesado que el aire, y por lo tanto, comenzará a -  
ser peligroso a un nivel inferior.

M E T A N O L

Es un compuesto denominado alcohol metílico, conocido como alcohol de madera o alcohol industrial. Su fórmula es  $\text{CH}_3\text{OH}$  y su peso molecular es 32.04, es un líquido incoloro, olor picante muy característico, neutro a la temperatura ambiente. Anteriormente se obtenía de la madera, en la actualidad es obtenido por síntesis a presión de 100 a 600 atmósferas con Oxido de Carbono (CO) e hidrógeno y por oxidación directa de hidrocarburos

Algunas características de esta sustancia son:

PROPIEDADES FISICAS

Punto de Congelación	-97.4°C
Punto de Ebullición	64.6°C
Densidad a 30°C	0.78208 g/mol
Viscosidad a 25°C	0.548 Centipoises
Calor Especifico a 25°C	0.605 cal/mol
Calor de Combustión a 25°C	8 430 Cal/mol
Punto de Inflamación	15.6°C
Temp. de Ignición en aire	473°C
Solubilidad en Agua	∞
Presión de Vapor a 30°C	150 mm Hg

Es tóxico, 1 000 p.p.m. en el aire producen síntomas de envenenamiento, 50 000 p.p.m. pueden causar narcosis profunda y muerte en una o dos horas.

Se usa principalmente en la síntesis del formaldehído, - se usa además como anticongelante, disolvente, combustible para - motores de combustión interna, etc.

Algunas de las fuentes de carbón más empleadas para la síntesis del metanol son el Coque, el Metano, Propano y Butano. - Solo una pequeña parte se obtiene a partir de la madera.

Como combustible se ha utilizado en quemadores especiales y se ha propuesto para automóviles (actualmente se utiliza para carros de competencia), pero no puede compararse con la gasolina en precio y valor calorífico aunque si lo supera en índice de octanaje.

Otro peligro que representa este combustible es que - - cuando se absorbe por la piel u otros medios puede causar ceguera y la ingestión de 30 gramos o más, puede causar la muerte.

### G A S N A T U R A L

Se compone predominantemente de una mezcla de hidrocarburos gaseosos que se encuentran en las rocas de la corteza terrestre, a menudo a grandes profundidades. Se produce en pozos de gases y petróleo y se distribuye a grandes distancias por medio de tuberías (gasoductos).

Debido a sus excelentes propiedades de combustión y a su carácter de fluido el gas natural es muy apreciado como combustible para usos domésticos, comerciales e industriales. Desempe-

Una importantes funciones en la producción de petróleo, es la fuente de que se derivan grandes cantidades de hidrocarburos líquidos muy útiles, y se utiliza como materia prima en la fabricación de gran variedad de productos.

En el sentido usual, el gas natural consiste de manera principal en metano con cantidades relativamente pequeñas de etano y propano. En muchos gases naturales existen otros gases que pueden considerarse como impurezas en virtud de sus propiedades químicas o físicas indeseables como combustibles.

Tal como se vende a los consumidores para que lo usen como combustible, el gas natural es un gas incoloro, con olor algo parecido al de la gasolina. En virtud de su olor poco perceptible, se le añaden a veces, como medida de seguridad, compuestos que lo hacen más fácilmente sensible al olfato. Aunque el gas no es venenoso por sí mismo, las fugas en espacios cerrados son peligrosas porque desplazan oxígeno y las mezclas de gas natural y -- aire son explosivas. La potencia del gas natural vendido como -- combustible es de unos 1 090 BTU por pie cúbico con una densidad de vapor ( aire = 1.00 ) de 0.55 o más.

En virtud de su marcada tendencia a escaparse, el gas natural ocupa un lugar especial entre las mercancías vendidas en gran cantidad, por el hecho de que el único procedimiento practicable para transportarlo en grandes cantidades es la tubería. El método de vender el gas dejándolo pasar continuamente desde los pozos que lo producen por tuberías de acero hasta una multitud de

puntos de consumo se deriva de esta circunstancia.

Antes de enviarlo a largas distancias, el gas natural - suele tratarse para quitarle la humedad, los compuestos de azufre y el gas carbónico, según lo exijan las circunstancias.

Desde el punto de vista del volumen, los principales -- usos industriales son los siguientes en orden de importancia: --

- 1) Operaciones propias de los yacimientos de petróleo y de gas; - a saber: Producción de fuerza motriz, calor, tratamiento en las plantas de gasolina natural y extracción del petróleo con presión de gas;
- 2) En las plantas de energía eléctrica como combustible para la producción de electricidad;
- 3) Como combustible usado en la refinación del petróleo. Se usan cantidades menores como combustible en gran variedad de industrias, entre las cuales son prominentes la industria metalúrgica, la fabricación de vidrio y materiales cerámicos, la fabricación de artículos metálicos, la fabricación de compuestos químicos y la industria papelera.

DIFERENCIAS ENTRE LOS COMBUSTIBLES.

Como se pretende comparar el Gas L.P. con otros combustibles como son la gasolina y el gas natural, se presenta una tabla comparativa (Pág. 22) con las características de estos tres combustibles.

En dicha tabla se observa que:

El Gas Natural, con un peso por galón de 2.65 lb. pesa menos que el propano (4.24 lb/galón) y que la gasolina, la cual tiene un peso de 6.16 lb/galón. En valores caloríficos se tiene que por galón la gasolina es la que tiene mayores valores caloríficos, siguiendo en su orden el butano, propano y el gas natural.

Ya que un combustible no se quema líquido sino en estado gaseoso, aquí resultan favorables el gas natural y el gas L.P. ya que la facilidad para convertirse en vapor es mucho mayor y -- su aprovechamiento en consecuencia mejor.

Una desventaja del gas natural con respecto al gas L.P. es que se necesita una presión mayor para mantenerlo almacenado, -- con lo que aumenta el espesor del tanque y su peso.

Algunas ventajas que tienen los combustibles gaseosos -- son:

- Se mezclan fácilmente con el oxígeno y como consecuencia se necesita poco exceso de aire.



## D A T O S T E C N I C O S

Propiedades Físicas a 60°F.	Butano	Propano	Gasolina	Gas Natural	
Fórmula Química $C_n H_{(2n+2)}$	$C_4H_{10}$	$C_3H_8$	$C_5H_{12}, C_{12}H_{26}$	$CH_4$	
Estado Normal Atmosférico	Gas	Gas	Líquido	Gas	
Punto de Ebullición	+32°F	-44°F	+97°F inicial +400°F final	-259°F	
Número de Octano	94	más de 110	82 a 100	más de 110	
Peso por Galón (libras)	4.81	4.24	6.16	2.65	
BTU's por Galón	102 032	91 547	124 600	63 310	
BTU's por Libra	21 212	21 591	20 227	23 890	
Gravedad Específica de Gas Aire = 1	2.04	1.55	4.25	0.554	
Gravedad Específica de Líquido Agua = 1	0.576	0.508	0.739	0.308	
Temperatura Propia de Ignición.	890°F	950°F	860°F	1 300°F	
Relación a/c químicamente correcta	Por Peso	15.45	15.66	15.05	16.75
	Por Volúmen	30.94	23.80	59.50	10.58
Pie <sup>3</sup> por Galón	31.26	36.39	19.50	57.75	
Pie <sup>3</sup> por Libra	6.49	8.58	3.17	23.56	

- Se adaptan fácilmente al control automático.
- Responden rápidamente a las variaciones de la carga, reduciendo en consecuencia las pérdidas.
- Su combustión es casi perfecta y limpia por lo que-- arrojan menor grado de gases tóxicos.
- Y otra es que la mejor gasolina no alcanza el octanaje del gas L.P. ni del gas natural, y para mejorar - las gasolinas se les añaden compuestos, en general, - perjudiciales a los motores.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, en el siguiente capítulo se demostrarán las ventajas y desventajas que tiene el gas L.P. con respecto a la gasolina y el gas natural, en su aplicación en los vehículos automotores.

C A P I T U L O   I I

ANALISIS DE LA APLICACION DEL GAS L.P. EN EL FUNCIONAMIENTO DE  
LOS MOTORES.

En este capítulo se presentan los resultados de pruebas para evaluar a la gasolina, gas natural y gas L.P. como combustibles en los vehículos automotores.

La primera ventaja de un combustible gaseoso es su capacidad de desplazarse a causa de una mejor distribución de combustible. Esta característica se mantiene también durante la operación de arranque en frío y elimina la necesidad de un enriquecimiento. Como resultado, los niveles de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono son más bajos que aquellos de las máquinas de combustible líquido.

Las pruebas han sido realizadas en dinamómetros. Sin embargo, éstas han sido restringidas generalmente a automóviles que trabajan con combustibles gaseosos para obtener información de emisiones. También es muy importante evaluar los consumos de combustible, la potencia máxima y la aceleración del automóvil para estos niveles de emisión bajos.

#### SISTEMAS DE COMBUSTIBLES GASEOSOS.

Los dos tipos básicos de sistemas de combustible gaseoso son el sistema simple y el sistema dual. El sistema simple es una conversión completa a combustible gaseoso y generalmente usa gas L.P. o gas natural como combustible.

El combustible debe ser almacenado como un líquido para

proveer suficiente alcance como un sistema de un solo combustible. El sistema de doble combustible (dual), es un sistema de combustible gaseoso que se agrega al sistema de gasolina estandar. Generalmente, el sistema de combustible gaseoso es usado para viajes cortos dentro de las ciudades y el sistema de gasolina es usado para viajes largos. Como resultado, es requerida una menor cantidad de combustible gaseoso y el sistema dual generalmente usa gas natural comprimido, gas L.P. ó gas natural licuado.

Los problemas del almacenamiento de combustible son característicos al tipo de combustible usado. La temperatura crítica del combustible es aquella temperatura arriba de la cual no puede ser almacenado como un líquido bajo cualquier presión. Este valor para el gas L.P., el cual es principalmente propano, es de alrededor de 206°F., entonces este gas puede ser almacenado como un líquido bajo presión entre su punto de ebullición ( -44°F ) y 206°F bajo condiciones ambientales normales ( 70°F ). El recipiente a presión de gas L.P. está alrededor de 160 lb/pulg<sup>2</sup> . La temperatura crítica del gas natural, el cual es principalmente metano, es de alrededor de -116°F. El gas natural debe ser almacenado criogénicamente debajo de esta temperatura si se quiere que permanezca como un líquido, y el gas sería almacenado cerca de su punto de ebullición ( -258.5°F ) para mantener una presión razonable. A condiciones ambientales normales el gas natural solo es almacenado como un gas y debe estar altamente presurizado - - (2000 lb/pulg<sup>2</sup>.) para conseguir siquiera una mínima capacidad de

almacenamiento.

Los tanques de combustible para gas L.P. tienen una válvula que libera el vapor existente dentro del tanque durante el - llenado. Se requiere un liberador de combustible a la atmósfera con el gas L.P. para compensar la ganancia de calor del tanque -- criogénico.

El sistema comercial de gas L.P. utilizado para las - - pruebas consistió en un tanque de combustible, filtro de combustible, solenoide de corte, convertidor y un mezclador de gas. El - combustible líquido, a presión en el tanque, es introducido al -- convertidor, donde es vaporizado y regulada su presión. El regulador en la etapa final permite un flujo de combustible vaporizado al mezclador de gas, basado en la demanda del motor. El mez-- clador de gas no usa bomba de aceleración o un circuito de enri-- quecimiento de potencia como lo hace el carburador de gasolina. - Con este sistema, todos los componentes relacionados con la gaso-- lina, tales como el tanque de la gasolina, bomba de gasolina, carburador, precalentador de aire, y el canister evaporativo, pueden ser removidos. Los parámetros de la máquina, tales como el tiem-- po de encendido y la relación de compresión pueden ser cambiados-- para tomar ventaja de las características particulares del combustible. El sistema dual comercial de gas comprimido usado, consiste de 2 cilindros de gas a alta presión, 2 reguladores de presión y el mezclador de gas montado en la parte superior del carburador de gasolina. La alta presión del gas natural es reducida a tra--

vés de los reguladores y es mezclado con aire en el mezclador de gas. Es usado dentro del carro un cable para cambiar de un combustible a otro. Válvulas solenoide actuando con microswitches seleccionan el combustible deseado, ya que algunas veces el carro es operado con gasolina, ninguno de los otros elementos puede ser removido. Además, no pueden ser hechas modificaciones a la máquina para tomar ventaja de las características del combustible gaseoso.

#### RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EN EL DINAMOMETRO.

Las pruebas fueron realizadas en los Estados Unidos para determinar las diferencias en el funcionamiento de la máquina atribuibles a los combustibles bajo condiciones controladas. No se hizo el intento de optimizar el funcionamiento de la máquina. El vehículo usado fué un Chevrolet 1970, máquina 350 PCD con un carburador de 2 gargantas. Se utilizaron cabezas de cilindro especiales para evitar posibles problemas en las válvulas. Estas cabezas fueron fabricadas para operar con combustible gaseoso y usan válvulas con las caras de estelita y los asientos de las válvulas son insertos duros. La relación aire/combustible fué controlada por la presión del combustible dentro del mezclador de gas, el cual a su vez fué controlado por un ajuste manual del regulador de combustible. El flujo de aire a la máquina se midió por un orificio de borde afilado.

La prueba de máxima potencia fué realizada con la relación aire/combustible más baja para el mejor torque (BMT) y el -- avance de encendido con el mínimo para el mejor torque. El sistema y las condiciones de operación fueron mantenidas para obtener una comparación verdadera del combustible.

Una comparación de los resultados (Fig. 1) muestra que la máquina produce 8% menos potencia con gas L.P. y 14.6% menos potencia con gas natural. El consumo específico de combustible (CEC) para las pruebas en BTU/HP-HR predice esencialmente igual eficiencia térmica para los combustibles. La única excepción a esto es a bajas velocidades de la máquina, donde la distribución de combustible y el porcentaje de medición de combustible causó alguna variación. A causa de esto, la diferencia en la potencia de salida de los combustibles puede ser atribuida a la diferencia en la densidad del combustible.

Los requerimientos de la chispa (BMT) (Fig. 2) muestran el efecto de la composición del combustible en la velocidad de la flama. Para obtener máxima potencia, el gas natural requiere alrededor de 5° más de avance a alrededor de 3° menos de avance. Para obtener máxima potencia el gas L.P. casi no requiere ningún -- grado más de avance que con gasolina.

Incrementando la relación aire/combustible de ambos combustibles desde la BMT a una relación de operación mayor decrece la potencia máxima de salida significativamente. Una reducción --



POTENCIA MAXIMA Y CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE BTU/HP HR  $\pm$  100

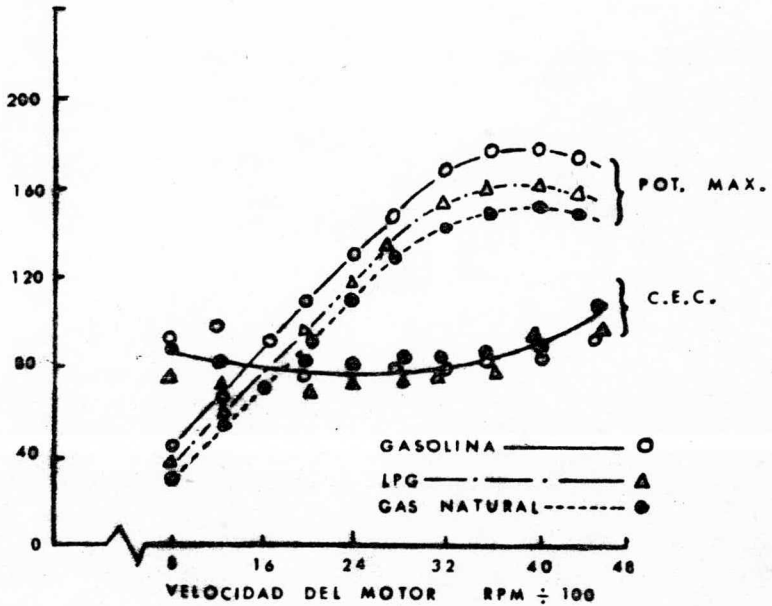


FIG.1 COMPARACION DE POTENCIA MAXIMA

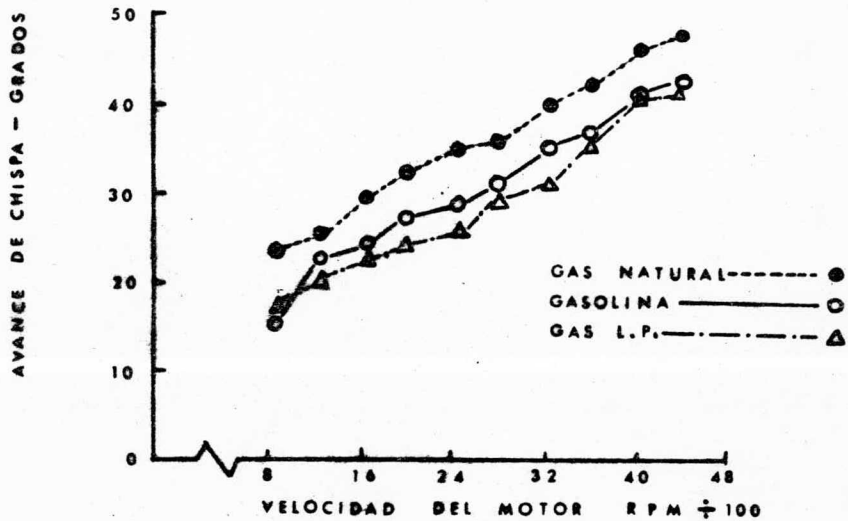


FIG.2 AVANCE DE CHISPA PARA BMT, INDICANDO QUE EL GAS NATURAL REQUIERE ALREDEDOR DE 5° MAS DE AVANCE.

en la potencia máxima del 18% resultado de un cambio en la relación aire/ combustible desde la BMT ( =15:1 ) a 19:1 para el gas natural. Similarmente una reducción en la potencia máxima del -- 19% fué causada por un cambio en la relación aire/combustible -- desde la BMT ( = 14:1 ) a 18.5:1 para el propano.

#### PRUEBAS DE EMISIONES.

Es muy importante presentar los resultados que se han -- obtenido en el grado de contaminantes que arrojan los vehículos -- con motor a gasolina, gas natural y gas L.P., ya que en los últimos 20 años se ha encontrado que estos contaminantes, junto con -- otras emanaciones provenientes de la combustión de hidrocarburos -- y otras materias orgánicas, han provocado reacciones fotoquímicas en la atmósfera, que se manifiestan con una notable inversión de temperatura, causando irritaciones en los ojos, enfermedades respiratorias crónicas, etc.

El principio de la combustión señala que este fenómeno se manifiesta como liberación de energía en forma de calor, al -- oxidarse el combustible; en los motores de combustión interna se utiliza aire como manantial de oxígeno.

La combustión completa o ideal se presenta cuando el -- combustible se oxida totalmente liberando toda su energía.

La combustión incompleta o real se presenta con mayor o menor grado de oxidación, dependiendo de los siguientes factores:

- a) Insuficiencia de oxígeno
- b) Mezcla aire/combustible desbalanceada.
- c) Temperatura demasiado baja para la combustión.

La relación aire/comb. químicamente correcta ó ideal no produce una combustión completa, ya que según la probabilidad no es posible que cada una de las extraordinariamente numerosas moléculas que componen el combustible, encuentre una molécula de oxígeno para combinarse con ella. Para lograr la total oxidación del combustible, es necesario utilizar una mezcla que tenga cierto exceso de aire.

Un laboratorio que se dedica a medir la contaminación - instalado en Bartres Ville (E.U.A.), publicó unas pruebas a través de la revista mensual Journal of the Air Pollution Control - - Association empleando motores Otto.

Los ensayos se efectuaron de acuerdo con el ciclo de pruebas para medir contaminación del Estado de California, conectando los motores y vehículos a dinamómetros.

Los tres vehículos utilizados tuvieron los siguientes - motores:

- 1) 6 cilindros, 250 PCD (4100 c.c.)
- 2) 8 cilindros en V, 327 PCD (5362.8 c.c.)
- 3) 6 cilindros, 345 PCD (5638 c.c.)

Representando respectivamente vehículos medianos, vehículos de alta cilindrada y camiones.

Las emanaciones determinadas fueron: Hidrocarburos - - (HC), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y aldehídos (CHO), las cuales fueron analizadas cuantitativamente. Los resultados obtenidos para la gasolina, gas natural y gas L.P., -- son presentados en la siguiente tabla en gr/milla.

EMANACION		250 PCD	327 PCD	345 PCD
	GASOLINA	10.7	39.6	18.0
CO	G.L.P.	5.4	2.9	2.7
	G.N.	5.5	2.7	3.2
	GASOLINA	2.7	5.3	4.4
HC	G.L.P.	1.6	2.0	2.7
	G.N.	1.4	1.9	2.6
	GASOLINA	9.2	6.1	10.7
$\text{NO}_x$	G.L.P.	7.1	2.0	2.3
	G.N.	7.3	2.1	2.3
	GASOLINA	0.15	0.14	0.19
CHO	G.L.P.	0.10	0.19	0.19
	G.N.	0.11	0.16	0.19

En la tabla anterior se observa que la gasolina arroja en mayor proporción cualquiera de los gases tóxicos que el gas natural ó el gas L.P., con lo que se demuestra su alto grado de contaminación debido a emisiones, y la ventaja de los combustibles

gaseosos en este aspecto.

PRUEBAS DE ACELERACION.

El objeto de estas pruebas fué obtener las características de funcionamiento de los vehículos operando con gas L.P. y -- gas natural.

Las características de la unidad de prueba fueron las -- siguientes:

Modelo:	<u>American 1979</u>
Desplazamiento:	258 PCD
Relación de compresión:	8.0:1
Carburador:	YF
Relación 1a. velocidad:	2.99:1
Relación 2a. velocidad:	1.75:1
Relación 3a. velocidad:	1.00:1
Eje trasero:	3.31:1

Peso vehicular sin considerar el equipo de gas: - - --  
1 395 Kg.

Estas pruebas fueron realizadas en Taxco, Guerrero a -- una altura sobre el nivel del mar de 1 100 mts. y con una velocidad del viento de 0.67 m/seg.

Los resultados de la prueba son los siguientes:

## a) Velocidad Máxima

GAS NATURAL		GAS L.P.		GASOLINA	
138.5 KPH	3888 RPM	140.0 KPH	3962 RPM	149.9 KPH	4236 RPM

## b) Aceleraciones 1/4 milla

24.5 seg	89.7 KPH	23.0 seg	95.0 KPH	21.4 seg	104.5 KPH
----------	----------	----------	----------	----------	-----------

## c) Aceleraciones a partir de 0 a 120 KPH

	GAS NATURAL	GAS L.P.	GASOLINA
De 0 a 20 KPH	2.7 seg	2.2 seg	2.2 seg
De 0 a 40 KPH	6.3 seg	5.1 seg	4.7 seg
De 0 a 60 KPH	11.0 seg	10.6 seg	8.3 seg
De 0 a 80 KPH	17.7 seg	16.6 seg	12.9 seg
De 0 a 100 KPH	30.2 seg	26.2 seg	20.3 seg
De 0 a 120 KPH	50.4 seg	42.7 seg	30.6 seg

\* En la figura 3 se muestran las curvas del comportamiento que se tuvo con los 3 combustibles.

En estas pruebas se tuvieron las siguientes observaciones:

- Cuando se transita sobre una pendiente en 3a. velocidad y se deja un momento de acelerar, se presenta un hoyo marcado al momento de reacelerar para el vehículo funcionando con gas L.P. y gas natural.
- El consumo de gas L.P. fué alto, ya que en el recorrido de 120 kms. se consumió el 60% (36.0 lts) del-

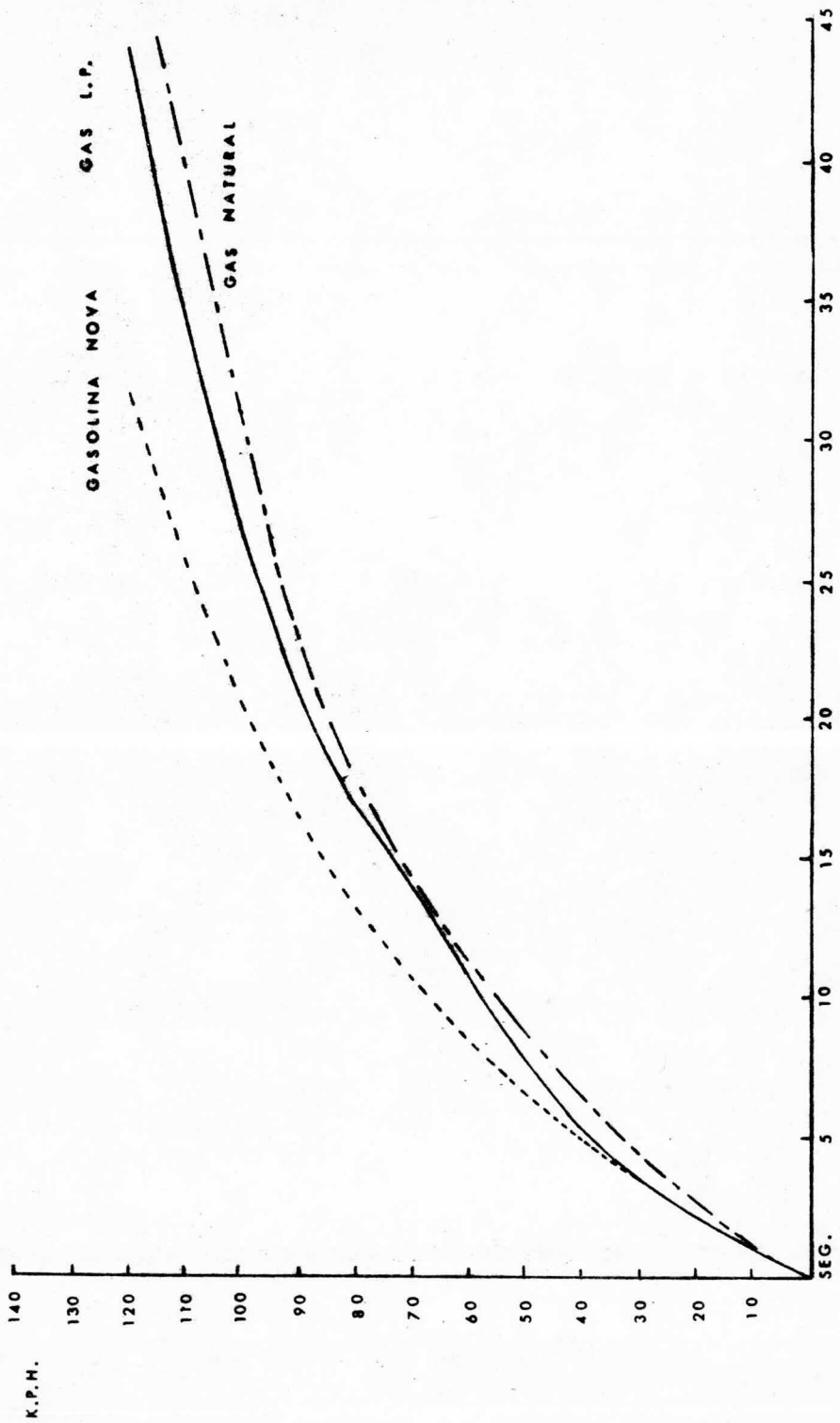


FIG. 3 ACELERACIONES DE 0 A 120 K.P.H.



gas almacenado en el tanque, el cual tuvo una capacidad del 90% (54.0 lts.)

El consumo de gas natural también es bastante alto, ya que la unidad tenía inicialmente una presión de 2 500 lb/pulg.<sup>2</sup>, utilizándose exclusivamente para efectos de la prueba, quedando al final 900 - - - lb/pulg.<sup>2</sup>

- El motor funcionando con gas L.P. y gas natural no presenta detonación bajo cargas de alto índice, ni dieseling al apagar éste, a diferencia de lo que -- presenta el motor operando con gasolina en las mismas condiciones de prueba.

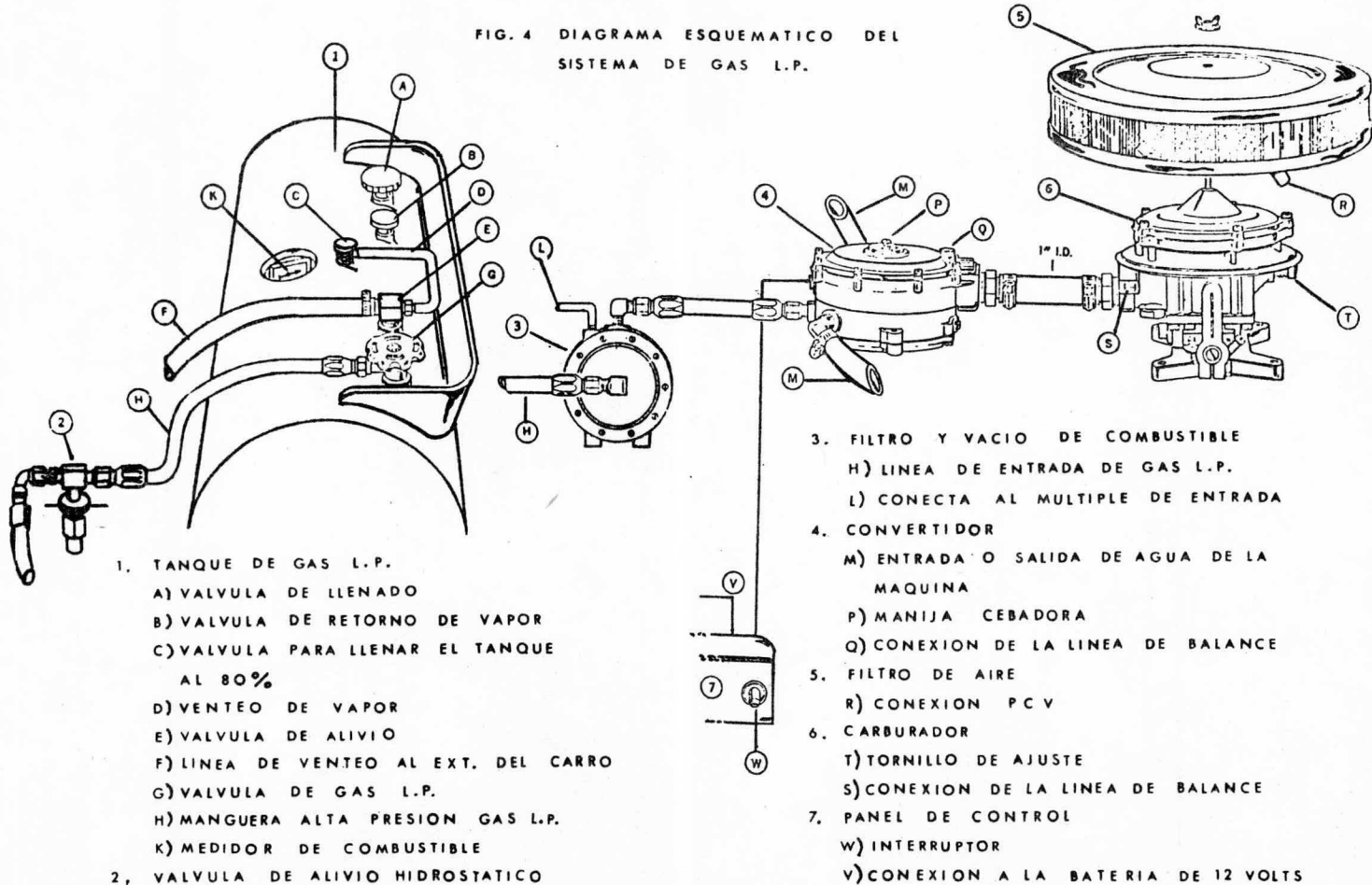
De acuerdo con los resultados y observaciones anteriores, se puede deducir que el motor funcionando con gas L.P. y gas natural, tiene una menor autonomía y respuestas más lentas en -- aceleración que con gasolina.

#### FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GAS L.P.

Como el gas L.P. se almacena a muy alta presión, es necesario que los recipientes que lo contienen tengan que ser de -- paredes lo suficientemente gruesas para soportar esta presión -- con seguridad.

La diferencia existente entre el gas L.P. y la gasolina, es que ésta llega líquida al carburador, mientras que el gas

FIG. 4 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL SISTEMA DE GAS L.P.



L.P. pasa del estado líquido al gaseoso antes de llegar al carburador.

La única modificación que se le hace al motor para pasar de gasolina a gas L.P., es el de eliminar el llamado "punto caliente" que se encuentra en la unión del múltiple de escape con el de la admisión, ya que de lo contrario la potencia del motor baja hasta un 18%.

#### Toma de Combustible.-

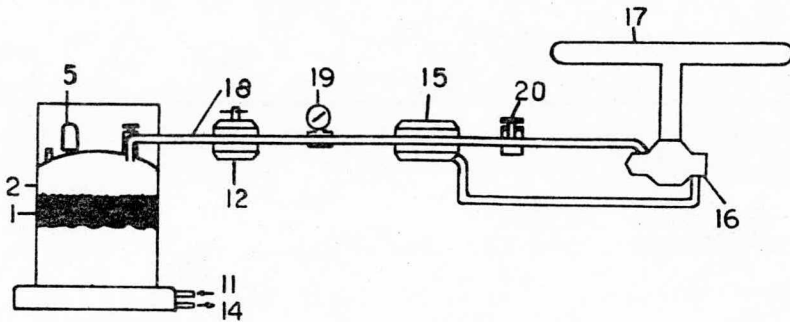
En el sistema de gas L.P., éste se puede tomar de dos maneras del tanque de combustible:

- En forma gaseosa
- En forma licuada

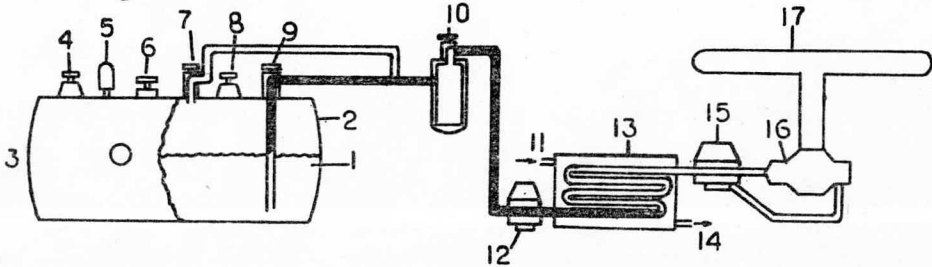
Se toma en forma gaseosa para poner en marcha al motor; una vez en marcha éste, se cambia a la toma de gas licuado. Se procede así porque cuando el motor está frío, el evaporador no puede convertir el gas L.P. del estado líquido a gas y el carburador solo trabaja con gas.

Las diferentes válvulas ilustradas en la Fig. 5 tienen la función de limitar la presión máxima y facilitar el paso de líquido a gas y viceversa. Los filtros retienen la suciedad y la humedad. Los reguladores de alta y baja presión tienen la función de mantener ésta constante a la entrada del carburador, para que éste pueda dosificar perfectamente la mezcla.

A



B



A - SISTEMA DE ALIMENTACION PARA GAS NATURAL, CON TOMA DE COMBUSTIBLE GASEOSO

B - SISTEMA DE ALIMENTACION PARA GAS NATURAL, CON TOMA DE GAS LICUADO

1-COMBUSTIBLE LIQUIDO  
2-GAS  
3-DEPOSITO DE COMBUSTIBLE  
4-VALVULA DE LLENADO  
5-VALVULA DE SEGURIDAD  
6-VALVULA PARA LLENADO AL 80%  
7-VALVULA PARA GAS

8-VALVULA PARA RETORNO DE GAS  
9-VALVULA PARA GAS LICUADO  
10-VALVULA DE CIERRE  
11-AGUA CALIENTE DEL MOTOR  
12-REGULADOR DE ALTA PRESION

13-EVAPORADOR  
14-RETORNO DEL AGUA  
15-REGULADOR DE BAJA PRESION  
16-CARBURADOR  
17-COLECTOR DE ADMISION DEL MOTOR  
18-TUBERIA PARA GAS  
19-MANOMETRO  
20-VALVULA DE AJUSTE

FIG. 5 SISTEMA DE ALIMENTACION PARA GAS L.P.

En el sistema de alimentación con toma de gas licuado, un evaporador cambia del estado líquido al gaseoso al combustible. El evaporador se calienta con el agua del sistema de enfriamiento del motor, que se hace pasar por él. Al calentarse el gas licuado y reducirse la presión, este se gasifica. Este sistema de alimentación con toma de gas licuado es el más usado hoy en día.

Los carburadores para gas L.P. son más sencillos que los de gasolina, porque el combustible le llega ya gasificado. Su única función es la de dosificar el gas y mezclarlo con la cantidad adecuada de aire.

Como el propano tiene un punto de ebullición más bajo que el de butano, se quema mejor en tiempo frío.

Cuando existe mayor proporción de propano en el gas aumenta la presión en el tanque de combustible, lo que resulta muy conveniente para arrancar el motor en tiempo frío. En el verano se puede reducir la proporción del propano para disminuir así también la presión en el depósito de combustible.

Tanques, Válvulas e Indicadores.

Como se mencionó anteriormente los tanques de combustible tienen que ser de paredes gruesas para que resistan la presión del combustible.

El tanque nunca se llena por completo, porque se tiene que dejar espacio para los gases que se expanden por encima del-

líquido.

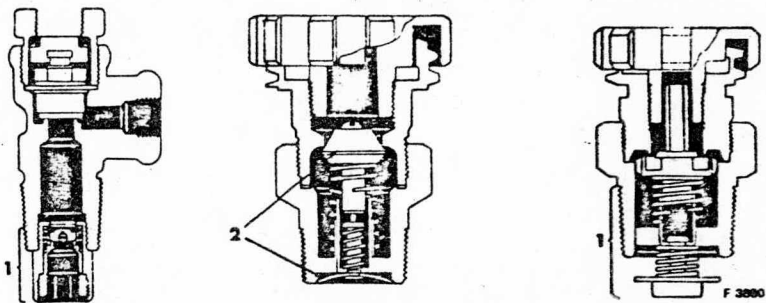
Los tanques para gas L.P. llevan las siguientes válvulas e indicadores:

- Válvula de seguridad
- Válvula de llenado
- Válvula para toma de gas
- Válvula para toma de gas licuado
- Válvula de retorno de gas
- Reloj de nivel de combustible
- Indicador de nivel de líquido

La válvula para toma de gas licuado, lo hace del fondo del tanque para suministrar combustible al motor cuando está en marcha.

El indicador de nivel de líquido permite conocer cuando el tanque está lleno al 80% de su capacidad. De esta manera se tiene la seguridad de que ha quedado espacio suficiente para la expansión del gas. Antes de llenarse hasta el 80%, sale gas por el indicador. Cuando el tanque se ha llenado al 80% de su capacidad, por la boca del indicador sale líquido pulverizado. Como es natural, hay que tener siempre la precaución de tener el indicador cerrado mientras se llena el tanque.

La válvula de llenado (Fig. 6) lleva una válvula de retención doble que impide que se escape el gas cuando se desconecta la manguera de llenado o se rompe accidentalmente.



VALVULA PARA TOMA  
DE GAS Y GAS LICUADO

VALVULA DE  
LLENADO

VALVULA PARA RETORNO  
DE GAS

1 MECANISMO DE CIERRE  
AUTOMATICO

2 VALVULA DE RETENCION  
DOBLE

FIG. 6 VALVULAS QUE LLEVAN LOS DEPOSITOS PARA GAS L.P.

La válvula de retorno de gas (Fig. 6) permite a éste -- regresar al tanque donde está almacenado, a medida que va llenándose el tanque de la máquina. Debido a esta válvula se igualan -- las presiones y el tanque se llena con más facilidad. También -- esta válvula lleva un mecanismo de cierre automático para impedir que pase demasiado gas por la tubería de retorno y evitar el escape de gas en el caso de rotura o desconexión de la tubería.

La válvula para toma de gas, lo hace de la cúpula del -- tanque para alimentar el motor durante el arranque.

Estas dos válvulas llevan un dispositivo de seguridad -- que cierra automáticamente el paso de combustible cuando sale demasiado por la válvula. Si se produce alguna fuga importante en el sistema de alimentación, el mecanismo de la válvula corta el -- paso automáticamente, dejando salir más que un poco de gas.

La válvula de seguridad se abre cuando en el tanque la -- presión excede un determinado límite.

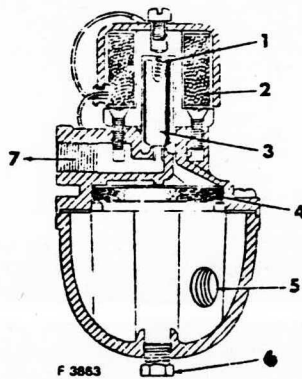
El filtro para el gas L.P. (Fig. 7) se instala entre el -- tanque de combustible y el conversor.

Este filtro cumple con las funciones de separar las impurezas que contenga el combustible y la de cortar el paso de combustible cuando se para el motor.

El filtro es de varias capas y está formado por una malla, un fieltro, una piel de ante (para que retenga el agua) y -- otra malla. En la taza que queda por debajo del elemento filtran



FILTRO DE COMBUSTIBLE



1- MUELLE

2- BOBINA DEL ELECTROIMAN

3- NUCLEO DE LA VALVULA

4- ELEMENTO FILTRANTE

5- ENTRADA DE COMBUSTIBLE

6- TAPON DE VACIADO

7- SALIDA DE COMBUSTIBLE

FIG. 7 FILTRO PARA GAS LICUADO

te se van sedimentando las impurezas. La tasa lleva un tapón devaciado.

La válvula que corta el paso de combustible lleva un -- electroimán (Fig. 7). Al cerrar la llave de contacto, se le dá -- también corriente al electroimán, que abre la válvula al tirar de su núcleo, dejando pasar el combustible. Al cortar el encendido -- del motor, la válvula se cierra y la presión del gas la aplica -- firmemente contra su asiento.

#### Conversor.

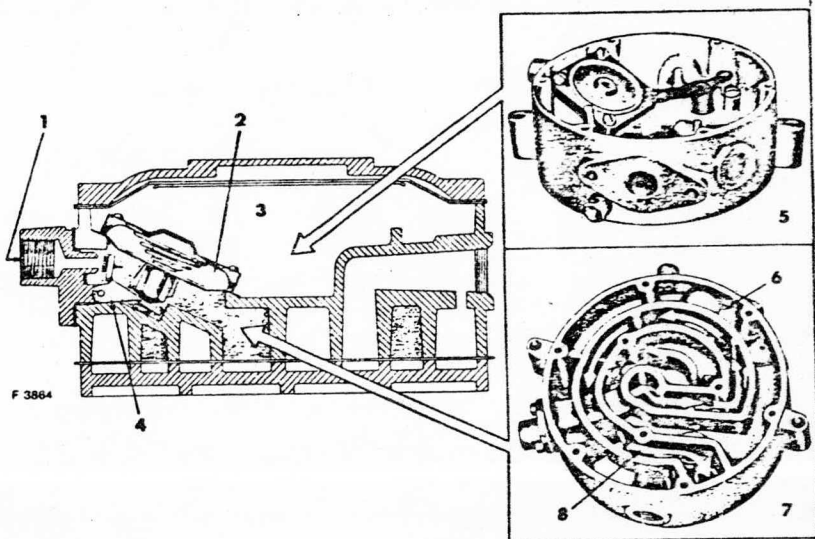
El conversor realiza las funciones de calentar el gas -- licuado para gasificarlo y de reducir la presión del vapor de -- gas.

Como el gas L.P. está almacenado en estado líquido tie -- ne que gasificarse antes de llegar al carburador. Además se tie -- ne que reducir la presión del gas para que el carburador pueda -- dosificar su mezcla con el aire.

El conversor o evaporador está formado por dos cámaras -- separadas por una pared (Fig. 8).

La cámara intercambiadora de calor consta de dos espira -- les paralelas, una para el combustible líquido y otra para el lí -- quido refrigerante del motor.

La cámara de baja presión contiene gas a presión reduci -- da, y el funcionamiento de este dispositivo es el siguiente:



F 3864

- 1- ENTRADA DE COMBUSTIBLE LIQUIDO
- 2- DIAFRAGMA DE ALTA PRESION
- 3- GAS
- 4- VALVULA DE ALTA PRESION
- 5- CAMARA DE BAJA PRESION
- 6- ESPIRAL PARA EL LIQUIDO REFRIGERANTE DEL MOTOR
- 7- CAMARA INTERCAMBIADORA DE CALOR
- 8- ESPIRAL PARA LA GASIFICACION

FIG. 8 CONVERSOR PARA GAS L.P.

En la carrera de admisión los pistones aspiran gas - - (a través del carburador) de la cámara de baja presión, llegando a reducir la presión del gas por debajo del diafragma a una presión ligeramente inferior a la atmosférica.

Por su cara opuesta este diafragma está sometido a la presión atmosférica por tener un orificio de respiración. Esto hace que el diafragma baje un poco por la aspiración del motor y abra la válvula de baja presión, dejando pasar más gas desde la cámara de gasificación a la cámara de baja presión.

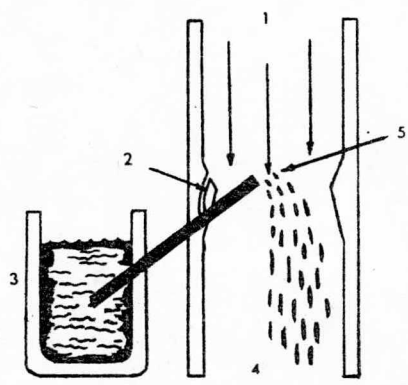
Al cerrarse la válvula de admisión del motor, se iguala la presión por ambas caras del diafragma y su muelle vuelve a cerrar la válvula de baja presión.

Durante este período ha pasado algo de gas desde el gasificador a la cámara de baja presión, con lo que se ha reducido su presión en el gasificador hasta abrirse de nuevo la válvula de alta presión para dejar pasar más combustible líquido al gasificador.

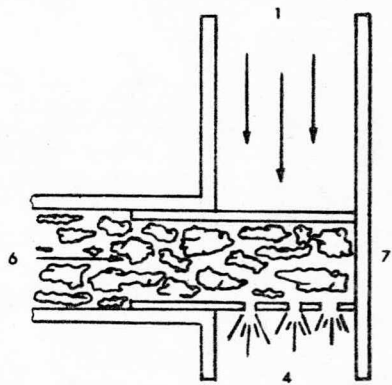
#### Carburadores.

El carburador para gas L.P. tiene que mezclar el gas -- con el aire en la proporción correcta para que la mezcla se quemee bien en cualquier régimen de revoluciones y de carga del motor.

El carburador para gas cumple la misma función que el carburador para gasolina. La diferencia principal estriba en que el de gas L.P. se alimenta con gas, mientras que el de gasolina -



CARBURADOR DE GASOLINA



CARBURADOR PARA GAS L.P.

- 1- AIRE
- 2- VENTURI DEL CARBURADOR
- 3- COMBUSTIBLE LIQUIDO
- 4- AIRE Y COMBUSTIBLE

- 5- LA BAJA PRESION ASPIRA LA GASOLINA Y LA PULVERIZA
- 6- COMBUSTIBLE GASIFICADO
- 7- EL GAS SE MEZCLA CON EL AIRE

FIG. 9 FORMA EN QUE SE MEZCLAN EL COMBUSTIBLE , EL CARBURADOR PARA GASOLINA Y EL CARBURADOR PARA GAS L.P.

se alimenta con líquido.

Como los carburadores para gas L.P. reciben el combustible ya gasificado, no necesitan el pequeño depósito de combustible que tienen los carburadores para gasolina.

Tampoco necesita un tubo venturi para pulverizar y gasificar la gasolina líquida. Sin embargo, existen algunos tipos de carburadores para gas pobre, basados en los mismos principios de funcionamiento de los de gasolina, que si llevan tubo venturi.

En la Fig. 9 se observan los dos carburadores. El de gasolina necesita el venturi para crear una zona de baja presión, en la que atomiza y aspira el combustible líquido. El gas L.P. - por llegar al carburador en estado de gaseoso, sólo requiere un dosificador para mezclarlo con el aire.

C A P I T U L O III

ANALISIS ECONOMICO DE LA UTILIZACION DEL GAS L.P. EN LOS VEHICU-  
LOS.

Es importante determinar si la utilización del Gas L.P. en los motores resulta ser una ventaja económica como para que -- gran número de automovilistas se sientan interesados en convertir su motor a Gas L.P. (GLP).

La razón para la conversión de motores de gasolina a -- GLP, es su economía de operación.

Los factores que intervienen en los costos de operación son: El costo por litro de combustible, consumo de combustible, efectos del combustible en la vida del motor y los costos de mantenimiento.

En cualquier operación en la que se obtenga ganancia, -- la potencia también es un factor de costo porque afecta el tiempo requerido para desarrollar un trabajo. El tiempo es definitivamente un factor en los costos de operación y llega a ser tan importante como el volumen de carga y la distancia recorrida.

Todo estudio económico enfocado a la aplicación de motores de combustión interna, se basa en la economía de operación, -- considerando junto a ésta al costo de adquisición en la amortización. Por lo tanto, todos estos factores mencionados que intervienen en este análisis económico, servirán de base para realizar dicho estudio entre vehículos alimentados con gasolina, gas natural y gas L.P.

Como el fin que se persigue es que la mayoría de los --



automovilistas, tanto particulares como taxistas, utilicen el - - GLP en sus vehículos, esta comparación se llevará a cabo con un - vehículo normal de 6 cilindros modelo 1976 como prototipo para el cual se ha considerado un recorrido por día y por vehículo de - - 80 kms.

1) VEHICULO OPERANDO CON GASOLINA NOVA.

El rendimiento en tráfico citadino durante 6 días de -- trabajo es de 6 Km/lt., usando gasolina nova con un poder calorífico de 7 280 Kcal/lt.

En condiciones reales de operación de un motor Otto, -- la combustión no es completa, por lo que tan sólo es posible obtener; en el mejor de los casos, el 85% del poder calorífico; o sea 6 188 Kcal/lt.

Las pérdidas de combustible son originadas por la evaporación de la gasolina en el depósito cuando la temperatura del medio ambiente es alta.

Cuando el vehículo está en marcha, las evaporaciones aumentan por el roce del líquido contra las paredes del depósito; - la mayor parte de éstas son enviadas al interior del motor y la - otra parte filtrada y enviada a la atmósfera. Al detenerse el motor, todas las evaporaciones pasan a través del filtro y luego -- son enviadas a la atmósfera.

Además de estas pérdidas, cuando la temperatura del me-

dio ambiente es baja, la gasolina no se vaporiza correctamente, - aún con el motor en su temperatura normal y esto ocasiona que la combustión no entregue la energía esperada. Un motor de combustión interna, que utiliza gasolina, deja residuos y la carbonización diluyen y oxidan el aceite, por lo que es necesario cambiarlo varias veces al año, lo mismo que el filtro.

El costo del combustible es:

$$80 \text{ Km/día} \times 280 \text{ días/año} = 22\ 400 \text{ Kms/año}$$

Consumo de gasolina:

$$22\ 400 / (6 \text{ Kms/lt}) = 3\ 733.4 \text{ lts/año}$$

Costo de la gasolina:

$$3\ 733.4 \times \$ 2.80 = \$ 10\ 454.5/\text{año}.$$

De acuerdo con la experiencia, es necesario cambiar el aceite lubricante del carter cada 3 000 kms. de recorrido y para el filtro 9 000 kms. con el fin de conservar el motor en buenas condiciones de funcionamiento.

Tomando las cifras anteriores, habrá que cambiar el - - aceite del carter 8 veces y el filtro de aceite 3 veces, durante un año, así podemos ver que:

Consumo de Aceite.

Cambio de aceite del carter ..... 40 lts.

cambio de aceite en el filtro ..... 3 lts.

S u m a            43 lts.

Costo de lubricantes y filtros.

Costo del lubricante 40 x 27.....	\$ 1 080.00
Costo de los filtros 3 x 70.....	210.00
S u m a:	\$ 1 290.00

Tomando el precio del aceite lubricante PEMEX "SOL" A \$ 27.00

Afinación del motor.

Se recomienda que cada 10 000 Kms. de recorrido, es conveniente afinar el motor. El número de afinaciones sería de 2 al año y el costo de éstas, a precios actuales, \$ 800.00 c/u luego:

Costo de las afinaciones.

$$\$ 800.00 \times 2 = \$ 1 600.00$$

Ajuste del motor por desgaste físico.

Se puede considerar como precio promedio para el ajuste completo del motor \$ 18 000.00. Es recomendable ajustar el motor cada 150 000 kms. de recorrido, por lo tanto el costo será:

$$\text{Costo de Ajuste} = \frac{22\ 400 \times 18\ 000}{150\ 000} = \$ 2\ 688.00$$

#### RESUMEN DE COSTOS

Costo del combustible . . . . .	\$ 10 454.00/año
Lubricación . . . . .	1 290.00/año
Afinación . . . . .	1 600.00/año
Ajuste del motor . . . . .	2 688.00/año
S u m a:	\$ 16 032.00/año

## 2) MISMO VEHICULO TRABAJANDO CON GAS L.P.

El gas L.P. utilizado tuvo una proporción de 30% de butano y 70% de propano, además de las siguientes características:

Densidad.....	0.55
Número de octanos.....	120
Poder calorífico inferior .....	6 000 Kcal/lt.
Precio.....	\$ 1.30/lt.

Debido a las características del gas L.P., la combustión es casi completa, por lo que es posible obtener en la cámara de combustión el 97% del poder calorífico inferior, o sea - - - - 5 280 Kcal/lt.

Ahora bien, como el sistema de Gas L.P. es hermético, no se tienen pérdidas por evaporación con altas temperaturas del medio ambiente y como vaporiza entre 0 y 15°C (según sea la mezcla), se garantiza que mientras el agua del motor esté en condiciones de fluir, el gas llegará completamente vaporizado a los cilindros.

Considerando un rendimiento de 5.4 Km/lt. utilizando -- Gas L.P. en tráfico citadino, se tiene:

Costo del combustible

Recorrido .....	22 400 Kms/año
Consumo de Gas L.P....	$22\ 400/5.4$ ..... 4 148.1 lts/año
Costo del Gas L.P.....	$4\ 148.1 \times \$\ 1.30$ \$5 392.50/año

## Mantenimiento del motor

Dadas las características de este gas, es recomendable cambiar el aceite del carter cada 15 000 Kms. de recorrido y una vez al año el filtro.

## Consumo de aceite

Cambio de aceite del carter.....	10 lts/año
Cambio de aceite del filtro.....	1 lt/año
S u m a:	11 lts/año

## Costo de lubricantes y filtro

Costo del lubricante 11 x 27.....	\$ 297.00
Costo del filtro.....	70.00
S u m a:	\$ 367.00

Empleando Gas L.P., no hacen falta afinaciones, pues -- con un servicio a medio año y otro al final del mismo, se tendrá una operación correcta del motor. El servicio consiste en cambiar piezas críticas, limpiar el equipo y carburar la máquina para tenerla en buenas condiciones de operación.

El costo por hacer el servicio es de \$ 700.00 c/u.

Costo de los servicios.....	\$ 1 400.00
-----------------------------	-------------

Ajuste del motor por desgaste físico

Utilizando el Gas L.P., el vehículo soporta un promedio de 350 000 Kms. de recorrido sin ajuste alguno.

$$\text{Costo del ajuste } \frac{22\,400 \times 18\,000}{350\,000} = \$ 1\,152.00$$

Hay que señalar que a los costos anteriores habrá que - agregar el costo del equipo que tiene un valor de \$ 22 000.00 (de pendiendo del tamaño de los tanques) con una garantía para que -- éste dure 10 años; por lo que, amortizado directamente, el gasto de operación para el gas, será aumentado en \$ 2 200.00 anuales.

## RESUMEN DE COSTOS

Costo del combustible.....	\$ 5 392.50/año
Lubricación.....	367.00/año
Afinación.....	1 400.00/año
Ajuste del motor.....	1 152.00/año
Equipo.....	\$ 2 200.00/año
S u m a: 10 511.50/año	

## 3) MISMO AUTOMOTOR TRABAJANDO CON GAS NATURAL

Combustible.....	Gas Natural
Densidad.....	0.55
Número de octanos sin plomo .....	130
Poder calorífico inferior.....	8 120 Kcal/m <sup>3</sup>

La composición del Gas Natural que se extrae en México-- y que actualmente se está utilizando en las industrias y conjun-- tos habitacionales como: Tlatelolco, Valle de Aragón, Villa Coa-- pa, Acueducto de Guadalupe, Lomas de Sotelo y en otras instalacio-- nes, es:

Metano .....	93.5%
Etano .....	4.0%
Propano .....	2.5%

Precio

El precio del gas industrial, el cual varía en las diferentes regiones del país, es de:

\$ 0.26/m<sup>3</sup> en el Valle de México.

0.17/m<sup>3</sup> en la zona norte

0.16/m<sup>3</sup> en Monterrey.

Para nuestro análisis ha sido considerado el precio de \$ 0.26/m<sup>3</sup>.

El sistema que se ha diseñado para el Gas Natural es -- hermético, no tiene pérdidas de evaporación, incluso a altas temperaturas del medio ambiente; y como su estado es gaseoso, éste -- llega a los cilindros en estado óptimo para su combustión.

Las características del aceite lubricante no se alteran debido a que no se diluye al usar Gas Natural.

El cambio cada 18 000 Kms. de recorrido, del aceite del carter, mas bien será una costumbre que una necesidad.

La seguridad, al utilizar el Gas Natural como combustible en vehículos automotrices, es superior a la que se tiene al -- usar gasolina. El uso de este gas en vehículos fué analizado hace más de 10 años en Estados Unidos por la Sociedad de Ingenieros Automotrices ( SAE ), con resultados satisfactorios y sin ningún--

peligro, no obstante que el gas se ha utilizado comprimido a --  
204 Kg/cm<sup>2</sup>.

Considerando un rendimiento de 2.66 km/m<sup>3</sup> utilizando --  
gas natural tenemos:

Costo del combustible

Recorrido .....	22 400 Kms/año
Consumo 22 400/2.66 .....	8 400 m <sup>3</sup> /año
Costo 8 400 x 0.26 .....	\$ 2 184.00/año

El consumo de combustible es mayor utilizando Gas Natu-  
ral en los vehículos que con gasolina o Gas L.P.

Mantenimiento del motor

Dadas las características físicas del Gas Natural, que-  
no deja residuos en las paredes de los cilindros y tampoco deja -  
carbón, siendo su combustión limpia, segura y eficiente. Se esti-  
ma que el cambio de aceite en el carter se puede hacer cada - - -  
18 000 Kms; es decir, que el cambio se verificará dos veces al --  
año, y el del filtro cada dos años.

Costo del lubricante

Cambio de aceite del carter .....	10 lts
Filtro .....	1/2 lt
S u m a: 10 1/2 lts.	



Costo del cambio de aceite 10.5 x 27..	\$ 283.50
Costo del filtro .....	35.00
S u m a: \$ 318.50	

#### Afinación del motor

Con equipo de carburación para Gas Natural, se puede -- considerar que el motor puede ser revisado una vez al año, a fin de que el motor opere siempre eficientemente.

El costo del servicio es el mismo que se hace cuando se utiliza Gas L.P., o sea \$ 700.00

#### Ajuste del motor

Utilizando Gas Natural, el motor soporta fácilmente - - 375 000 Kms., sin necesidad de ajustar el motor.

$$\text{Costo de ajuste } \frac{22\ 400 \times 18\ 000}{375\ 000} = 1\ 075.20$$

El costo del sistema de carburación empleando Gas Natural, con garantía de 10 años, amortizando directamente, incrementa el gasto de operación para el caso del Gas Natural en \$ 3 000.00- anuales.

#### RESUMEN DE COSTOS

Costo del combustible.....	\$ 2 184.00
Lubricación .....	318.50
Afinaciones .....	700.00
Ajuste del motor .....	1 075.20

Equipo .....	\$ 3 000.00
S u m a:	7 273.70

## RESUMEN COMPARATIVO DE COSTOS

CONCEPTO	GASOLINA	GAS L.P.	GAS NATURAL
Combustible	10 454.00	5 392.50	2 184.00
Lubricación	1 290.00	367.00	318.50
Afinaciones	1 600.00	1 400.00	700.00
Desgaste	2 688.00	1 152.00	1 075.20
Equipo	Incluido	2 200.00	3 000.00
<b>Total/año</b>	<b>16 032.00</b>	<b>10 511.50</b>	<b>7 273.70</b>
Precio/Km en un año.	0.71	0.47	0.32

En base a estos resultados, se tiene una diferencia de \$ 5 521.50 entre la gasolina y el Gas L.P.; lo que representa un 34.4% de ahorro utilizando Gas L.P. como combustible, mientras -- que la diferencia de la gasolina y el Gas Natural es de - - - - - \$ 8 781.3 que es un 54.6% de ahorro usando Gas Natural, y a su vez la diferencia entre el Gas L.P. y el Gas Natural es de - - - - \$ 3 260.8 que equivale a un 30.8% de ahorro en favor de este último. Los costos de inversión del equipo para Gas Natural y L.P. se logran recuperar en un 29.2 y 25% respectivamente en el primer año de uso, esto es, convirtiendo el motor de gasolina a Gas Natu

ral o L.P.

En este análisis se observa que utilizando Gas Natural se tiene la mayor ventaja económica, pero este estudio no se basa únicamente en el aspecto económico sino también en el de funcionamiento y emisiones (estos dos últimos fueron comparados en el capítulo anterior), en el cual se observó que el carro a Gas Natural tiene las desventajas, comparándolo con el Gas L.P. y la Gasolina, de tener menor potencia, consumos de combustible más altos, mayor lentitud del vehículo, así como tener grandes espacios muertos debido al gran tamaño y peso de los tanques de combustible. - En lo que se refiere al Gas L.P., si bien tiene una desventaja -- económica con respecto al Gas Natural, ésta se ve anulada por el mejor funcionamiento del motor. Comparándolo con el motor a gasolina, el Gas L.P. tiene menor grado de contaminación debido a su combustión más limpia, una vida más larga del motor, además del ahorro económico.

Tomando en cuenta los aspectos: Económico, de Funcionamiento y de Emisiones, se observa que el Gas L.P. logra equilibrarlos mejor, siendo su uso más factible.

C A P I T U L O   I V

PRODUCCION, DISPONIBILIDAD Y CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO DEL GAS -  
L.P. EN MEXICO.

Con el descubrimiento de nuevos yacimientos petrolíferos, las reservas de petróleo han aumentado y junto con ellas las de Gas Natural, esto permitirá satisfacer las demandas del mercado interno y los excedentes que resultasen serían exportados por medio de los gasoductos existentes; ya sea a los Estados Unidos de Norteamérica o a Centroamérica; esta restricción del mercado se debe básicamente al elevado costo que tendría el licuar el gas y enviarlo por barco a los mercados de Europa.

No se puede decir con exactitud, tomando en consideración los datos obtenidos de años anteriores, la cantidad de Gas L.P. que será obtenido este año debido a que conforme pasa el tiempo son descubiertos nuevos yacimientos, a esto hay que agregar la capacidad de las plantas de procesamiento, las cuales obtienen el Gas L.P. a partir del Gas Natural, se intenta aumentar la capacidad de procesamiento y para ello se ha proyectado que entren en operación varias plantas, 1 en este año, 2 en 1983 y 1 en 1985.

Los principales yacimientos, refinerías y complejos petroquímicos se encuentran localizados en el Sureste del País, lugar desde el cual se transporta el gas a las grandes ciudades del País, en lo que se refiere a los gasoductos se tiene asegurado el abastecimiento a estas Ciudades, con lo que se facilita su utilización, siendo factible el acondicionamiento de las plantas que reciben este gas para que éstas surtan el combustible a los -

consumidores.

Con el avance Industrial del País, año con año los requerimientos de este gas han aumentado.

En 1976 la producción de Gas Natural fué de 771 774 millones de pies cúbicos, de los cuales 387 612 correspondieron a gas asociado al crudo producido y 384 162 al gas no asociado, promediando al día 460.4 millones de pies cúbicos; en Poza Rica la producción fué de 63 530 con un promedio diario de 173.6 millones de pies cúbicos y en la zona sur, se registró una producción de 539 731 millones de pies cúbicos, con un promedio diario de - - - 1 474 millones de pies cúbicos.

Comparada esta producción con la de 1975 resultó menor en 1.9%, pero se considera que para 1982 el país llegará a producir 5 399 millones de pies cúbicos por día, 41.5 % mayor que la de 1977.

En la zona de Chiapas - Tabasco, a fines de 1977 la producción era de 1 200 pies cúbicos por cada barril de petróleo producido (214 metros cúbicos de gas por metro cúbico de crudo).

Al continuar desarrollando nuevos campos de esta área, se han ido encontrando yacimientos de un tamaño considerable que tienen volúmenes de producción de gas, superiores a los demás campos.

Este hecho incrementa en forma importante los volúmenes de gas que se producirán en la zona por encima de las necesidades

del país; lo que influyó en la decisión de construir el gasoducto Cactus - Reynosa y aprovechar este gas que se estaba quemando.

En el siguiente cuadro, se ve la alta relación de gas - aceite de algunos de los campos petroleros del Sureste.

RELACION DE GAS-ACEITE

Yacimiento	Pie <sup>3</sup> por barril de Aceite.	Metros <sup>3</sup> por Metro <sup>3</sup> de Aceite.
Agave	2 778	495
Mundo Nuevo	5 332	950
Cacho López	2 245	400
Copano	6 455	1 150
Giraldas	4 659	830
Paredón	1 964	350
Sumiapa	1 936	345

NOTA: Un barril de petróleo equivale a 159 litros.

El gas procedente de los campos es tratado en plantas - de absorción o en plantas criogénicas, en las cuales se les ex - trae el etano y productos licuables del tipo de gasolinas y gas - licuado.

El gas obtenido se denomina, seco, es usado en las pro - pias instalaciones de PEMEX como combustible, o es enviado por -- los gasoductos para surtir la demanda nacional.

El gas que sale asociado al crudo en los yacimientos de la zona Sur tiene gran cantidad de líquidos valiosos que es necesario recuperar, también contiene ácido sulfhídrico que se debe eliminar antes de recuperar los licuables, ya que este compuesto es perjudicial para las instalaciones que lo manejan. También en esta Zona se obtiene gas no asociado, húmedo y dulce, es decir, -- con licuables y sin ácido sulfhídrico.

El gas asociado tal y como sale del pozo junto con el crudo es separado y limpiado de azufre.

En tales condiciones contiene por peso el 60% de metano, el restante está constituido por etano, propano, butano y naftas.

Un análisis típico del gas L.P. que se produce en México tiene las siguientes características:

Azufre	183 p.p.m. (partículas por millón)
Metano	0.1%
Etano	2.3%
Propano	51.0%
Butano	40.0%
Olefinas	4.0%
Otros	2.6%

Para 1982 se pretende que la capacidad de endulzamiento de la zona Sur sea de 3 500 millones de pies cúbicos por día.

Para la recuperación de los licuables que contiene el -



gas, existen en Ciudad Pemex, la Venta y Cactus plantas criogénicas, las cuales operan a temperaturas cercanas a  $-160^{\circ}\text{C}$  para -- condensar la casi totalidad de los licuables.

Debido al acelerado incremento de la producción de crudo y gas y a las limitaciones naturales que existen para disponer en corto tiempo de las plantas en proceso, se han tenido que adquirir en el extranjero plantas recuperadoras de licuables.

La capacidad de las plantas recuperadoras de licuables de la zona Sur para el año de 1982 será de 3 950 millones de pies cúbicos por día, para el mismo año la disponibilidad de gas seco será la siguiente: 4 326 millones de pies cúbicos por día.

#### D E M A N D A N A C I O N A L

La curva de la demanda nacional que se ilustra en la -- Fig. 10 se ha proyectado tomando en consideración la posibilidad de utilizar combustibles pesados, obtenidos del crudo de los consumos de gas, los requerimientos serían los siguientes para 1982: 2 142 millones de pies cúbicos por día.

#### EXCEDENTES PARA EXPORTACION

Como consecuencia de la producción y de las demandas, -- el balance nacional de gas en millones de pies cúbicos diarios -- en 1982 será:

FIG. 10 CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO DE GAS NATURAL

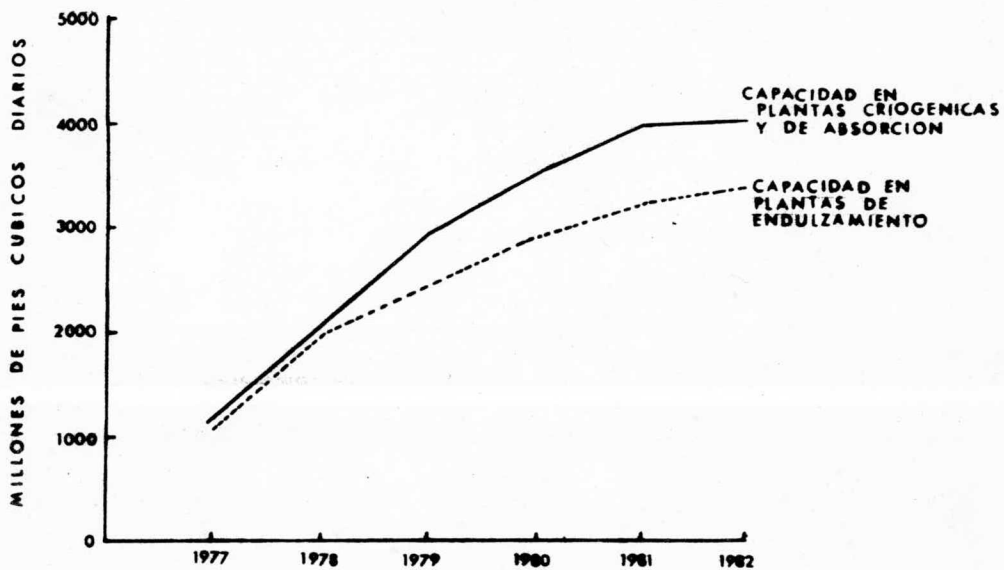
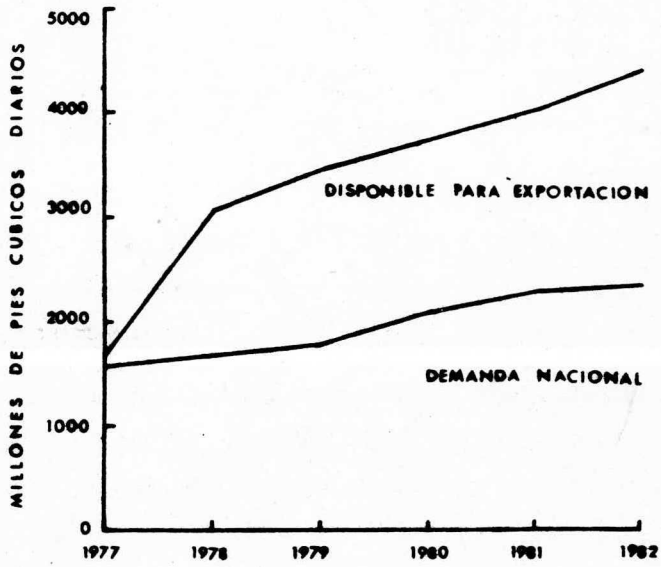


FIG. 11 DEMANDA DE GAS NATURAL Y EXCEDENTES



Año	Producción de gas Seco	Demanda	Excedentes
1982	4 326	2 142	2 184

La situación de los excedentes por más de 3 000 millones de pies cúbicos diarios, plantea las 3 alternativas siguientes:

1. Quemarlos a la atmósfera
2. Reinyectarlos a los yacimientos
3. Cambiar los patrones de consumo, impulsando el uso doméstico e industrial del gas, en sustitución de otros combustibles como la gasolina y el diesel.

En la Fig. 11 se muestra una gráfica donde se trazan las curvas que representan la demanda nacional de gas y los excedentes para exportación.

En esta figura se observa que existe un gran excedente de gas que se puede utilizar para otros fines, diferentes a los que se han venido utilizando; como puede ser combustible para los vehículos automotores.

C A P I T U L O V

LEGISLACION SOBRE LA DISTRIBUCION DEL GAS L.P.

Ante la obligación que tiene el poder político de velar por la seguridad de la población frente a aquellos riesgos a los que diariamente están expuestos sus integrantes y entre los cuales están los concernientes al almacenamiento, transporte y suministro de sustancias que por su naturaleza explosiva e inflamable son muy peligrosas, como es el caso del Gas Licuado de Petróleo, el cual es utilizado en la actualidad; frente al también ineludible deber del estado de garantizar los intereses colectivos no sólo controlando y vigilando la actividad de empresas dedicadas al almacenamiento, transporte y suministro del Gas L.P. sino garantizar también los intereses de los usuarios a quienes se les distribuye este producto. Es la Secretaría de Industria y Comercio la encargada de intervenir en la distribución y consumo cuando afecten la economía general del país, como sucede con el negocio del gas; sin que ello signifique interferir en las actividades de --- PEMEX en cuanto a la distribución de primera mano del producto, que corresponde únicamente a dicha institución; y solo se afectará la distribución de segunda mano realizada por particulares y también por la propia institución cuando venda directamente a estos el producto para su consumo inmediato.

De igual forma compete también a la Secretaría de Salubridad y Asistencia la puesta en práctica de medidas que tiendan a conservar la salud y la vida de los habitantes del país, y la higiene industrial, así como vigilar el cumplimiento del Código Sanitario y de sus Reglamentos.

Es muy frecuente que la gente piense que este gas es -- más peligroso que otros combustibles como la gasolina, el diesel, etc.; esto no es verdad, es igual o menos peligroso ya que el reglamento que se menciona a continuación estipula estrictas medidas de seguridad que hacen su uso más confiable. Cuando se presentan accidentes, la mayoría de los cuales son fatales, estos -- son ocasionados por negligencia o desconocimiento de las "observaciones" que se hacen respecto a su manejo.

Los artículos que se mencionarán son los mas importantes del Reglamento de la Distribución del Gas; el cual fué publicado en el "Diario Oficial" del 29 de Marzo de 1960.

SINTESIS DEL REGLAMENTO DE LA DISTRIBUCION DE GAS.A R T I C U L O 3o.

Se entiende por gas licuado de petróleo el combustible- que se almacena, transporta y suministra a presión, en estado lí- quido, en cuya composición química predominan los hidrocarburos - butano y propano y sus mezclas y que contiene propileno o butile- no, o mezclas de éstos, como impurezas principalmente.

La denominación de gas licuado de petróleo se podrá ex- presar por la abreviatura "gas L.P.".

A R T I C U L O 6o.

Para los efectos de este reglamento se entenderá:

- Por estación de gas, la planta de almacenamiento que, mediante instalaciones apropiadas, esta destinada exclusivamente a llenar tanques montados permanentemente en los vehículos que lo usen para su propulsión.

- Por uso, el consumo de gas L.P. como combustible.

- Por autorización, la que expida la Secretaría de In- dustria y Comercio a los particulares para que puedan ejercer las actividades a que se refiere el artículo 8o.

AUTORIZACION Y PERMISOS.A R T I C U L O 8o.

Las autorizaciones que otorgue la Secretaría de Indus--



tria y Comercio, previa la satisfacción ante la de Salubridad y - Asistencia de los requisitos sanitarios correspondientes, serán:

- I.- De almacenamiento, transporte y suministro.
- II.- De suministro a motores de combustión interna.
- III.- De transporte en vehículos-tanque.

#### ARTICULO 12.

Las autorizaciones a que alude la fracción II del artículo 8o. se expedirán por un plazo máximo de 30 años, prorrogable a juicio de la Secretaría de Industria y Comercio, hasta por un plazo igual. Darán derecho a operar sistemas de transporte y a construir estaciones de gas para el suministro a vehículos que lo utilicen como combustible.

#### ARTICULO 17.

Con las solicitudes que se presentarán por triplicado, de las autorizaciones a que se refieren las fracciones I y II del artículo 8o., se exhibirán original y dos copias de los documentos.

La clasificación posible de los consumidores con la estimación de sus respectivos consumos.

#### ARTICULO 24.

Las autorizaciones de suministro a vehículos se otorgarán cuando así lo requieran, a juicio de la Secretaría de Industria y Comercio, las necesidades del consumo en las zonas de ser-

vicio de que se trate. Tendrán derecho de preferencia para obtenerlas, en igualdad de circunstancias, los titulares de las autorizaciones a que se refiere la fracción I del Artículo 80.

A R T I C U L O 35.

Petróleos Mexicanos podrá construir y operar los sistemas de gas L.P. a que se refiere este reglamento; pero para hacerlo necesitará obtener permiso de la Secretaría de Industria y Comercio en cada caso. El permiso se expedirá cuando se cumplan -- los requisitos técnicos que establecen este Reglamento y demás -- disposiciones relativas.

A R T I C U L O 50.

El aspecto técnico de las operaciones de los titulares de las autorizaciones a que se refieren las fracciones I y II del Artículo 80., en lo relacionado con las instalaciones de aprovechamiento que abastezcan, deberá estar sujeto a la supervisión de un técnico responsable, quién rendirá mensualmente a la Secretaría de Industria y Comercio, en los formularios que ésta apruebe, un informe de los trabajos ejecutados y de todas las instalaciones de aprovechamiento cuyo abastecimiento vaya a ser iniciado.

A R T I C U L O 65.

Las plantas de almacenamiento se ubicarán fuera de las zonas residenciales y lugares densamente poblados o construidos. Las construcciones circundantes no deberán presentar riesgos pro-

bables para la seguridad de las plantas y no se permitirá que en los predios colindantes se establezcan esos riesgos.

ARTICULO 67.

La capacidad actual de almacenamiento que haya quedado-precisada al otorgarse una autorización, solo podrá ser aumentada, previa autorización de la Secretaría de Industria y Comercio, cuando subsistan las condiciones de seguridad en el lugar de la ubicación.

ARTICULO 68.

Se prohíbe envasar Gas L.P. en recipientes que no tengan el sello oficial de norma, así como envasar gas de alta presión en recipientes de baja presión.

ARTICULO 71.

Se prohíbe el llenado de recipientes de Gas L.P. en la vía pública. Los portátiles serán llenados exclusivamente en las plantas de almacenamiento.

ARTICULO 73.

Los recipientes de las instalaciones de aprovechamiento de gas se situarán fuera de las construcciones, donde la ventilación sea amplia y natural, a efecto de que, al ocurrir algún escape, haya la protección necesaria para evitar acumulaciones de gas en zonas habitadas o de trabajo y de que, en caso de incendio, la

localización del equipo de gas no constituya un obstáculo a la -- circulación en salidas principales, de emergencia o consideradas como único paso de protección. La ubicación de los recipientes - deberá sujetarse a las disposiciones que de común acuerdo dicten las Secretarías de Industria y Comercio y de Salubridad y Asistencia.

A R T I C U L O 81.

Queda estrictamente prohibido fumar o hacer fuego en el interior de las plantas de almacenamiento y estaciones de gas.

A R T I C U L O 88.

Cuando exista peligro inminente para la vida de las personas o riesgo grave para la propiedad y no sea posible proteger una u otra tomando medidas de emergencia, cualquiera de ambas Secretarías ordenará la suspensión del servicio en todo o en parte y, en caso necesario, mandará retirar el equipo o la instalación cuyo uso ofrezca peligro, comunicándose así a la otra Secretaría.

A R T I C U L O 91.

El transporte y entrega de recipientes con Gas L.P. a los usuarios se efectuarán exclusiva y directamente por las personas que cuenten con autorización de distribución o suministro, -- sin intermediarios ni comisionistas y bajo su directa responsabilidad. Se harán con vehículos identificados visiblemente con el

nombre del titular autorizado, que cumplan además con los requisitos de seguridad que establece este reglamento y los que fijen -- las normas e instructivos que de común acuerdo expidan las Secretarías de Industria y Comercio y de Salubridad y Asistencia.

ARTICULO 92.

Se prohíbe estacionar los sistemas de transporte cerca del fuego.

ARTICULO 93.

Se prohíbe fumar a bordo de los sistemas de transporte o cerca de ellos.

ARTICULO 94.

Se prohíbe fumar al personal que manipule recipientes de gas. El titular será responsable del cumplimiento de esta disposición.

Con los artículos mencionados anteriormente, se pretende evitar al máximo los accidentes ocasionados por el manejo de este combustible, no es posible evitarlos completamente ya que -- hay otros factores diferentes al humano, que también influyen para que estos se presenten.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Basándose en lo que se ha mencionado en los capítulos anteriores, en los que se estuvo comparando el gas L.P. contra el gas natural y la gasolina en todos los aspectos, dándose mayor -- importancia en su aplicación en el funcionamiento de los motores -- y en el análisis económico. Se mencionarán a continuación las -- conclusiones a las que se ha llegado en el presente trabajo.

- El precio del gas L.P., es aproximadamente un 50% -- menor que el precio de la gasolina más económica, y -- un poco mayor comparándolo con el gas natural, sien -- do además el gas L.P. un combustible con más alto -- octanaje que la gasolina y de igual octanaje que el -- gas natural.
- Debido a que el gas L.P. y el gas natural se consu -- men totalmente, no hay formación de carbón, lo que -- permite que el aceite se mantenga limpio, no hay hu -- medades que lo diluyan, por consiguiente, el tiempo -- de cambio de aceite del motor, puede prolongarse has -- ta 8 veces que usando gasolina como combustible.
- La vida de un motor a gas L.P. ó a gas natural, se -- prolonga de 3 a 4 veces comparativamente con un mo -- tor de gasolina, debido a que el aceite conserva su -- pureza y viscosidad, con lo cual se logra una lubri -- cación más efectiva.

- Siendo tanto el gas L.P. como el gas natural combustibles más limpios, las afinaciones son menos frecuentes, prolongándose el servicio de las bujías y platinos.
- El estudio del dinamómetro demostró que hay un 8% -- de pérdida de potencia máxima de la máquina usando gas L.P. y un 14.6% de pérdida usando gas natural, -- comparándolos con un motor a gasolina.
- Los automóviles usando gas natural ó gas L.P. pueden operar a relaciones aire/combustible más pobres que los vehículos funcionando con gasolina; además, de -- que no requieren enriquecimiento durante el arranque en frío comparativamente con los de gasolina.
- Los vehículos operando con gas natural y gas L.P. -- tienen consumos de combustible más altos que con gasolina, pero esta ventaja se anula al considerar los precios tanto del gas L.P. como del gas natural, que son más bajos que el de la gasolina mas económica.
- Los estudios efectuados por los laboratorios que se dedican a la contaminación ambiental, demostraron -- que los vehículos operando con gas L.P. y gas natural, presentan menos problemas de contaminación, ya -- que arrojan en menor grado monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, que un motor a ga

solina, y que por consiguiente no producen SMOG.

- De acuerdo con los resultados de las pruebas de aceleración, se notó que el motor funcionando con gas L.P. ó gas natural, tiene respuestas más lentas en aceleración que con gasolina, así como tener menor autonomía el vehículo.
- Los sistemas de combustible de gas L.P. son seguros, ya que los tanques son herméticos y no contienen oxígeno por dentro, poseen válvulas de doble check las que en caso de rotura, de inmediato sellan internamente, además tienen una válvula de seguridad que alivia la presión interna y baja la temperatura aún en el caso de que se exponga al fuego. En caso de rotura de la línea del tanque al carburador, por diferencia de presión se sella la válvula de servicio. La seguridad de los vehículos que tienen instalados equipos de carburación a gas L.P., se manifiesta en que las compañías de Seguros no alteran el valor de las pólizas de los vehículos con equipo de gas L.P.
- De los 3 combustibles analizados, el que tiene la mejor ventaja económica es el gas natural, pero tiene la desventaja de dar menor potencia máxima el motor, espacio y peso muerto por el tanque de combustible, consumos de combustible más altos y respuestas-



aún más lentas de aceleración que el gas L.P. La -- gasolina es el combustible que produce los mayores - costos y mas problemas de contaminación, sin embargo, tiene la ventaja de dar mayor potencia y respuestas - más rápidas en aceleración. El gas L.P. es el que - logra equilibrar mejor estos factores, ya que aparte de reducir los costos, arroja menor grado de gases - tóxicos, da una potencia máxima que no es muy baja - y en aceleración tiene respuestas no muy lentas como el gas natural. El gas L.P. presenta también la des - ventaja del espacio y peso muerto, así como también - a que hay muchas zonas en las que no hay puntos de - distribución de gas L.P., pero este problema se solu - ciona si aumenta en forma considerable el número de - vehículos que operen con este combustible.

- Existirá un excedente en el mercado de gas L.P., por lo que serán satisfechas las demandas tanto de la in - dustria como de los automovilistas que requieran es - te combustible.

Por lo tanto, el gas L.P. es el combustible que puede - sustituir a la gasolina más satisfactoriamente, lo que se traduci - rá en una disminución de la polución ambiental, reducción de los costos de los automovilistas, así como un mejor aprovechamiento - de este combustible.

Con respecto a las recomendaciones que se hacen éstas son mas bien precauciones que deben de adoptar los automovilistas que tengan sus vehículos operando con gas L.P., para que no tengan problemas con éstos. Estas precauciones son las siguientes:

- 1.- Debe recordarse siempre que el gas L.P. está a presión. Tiende a salirse del depósito, las tuberías y demás componentes del sistema, por lo que todos ellos tienen que ser perfectamente herméticos.
- 2.- No debe aflojarse un racor sin reducir antes la presión.
- 3.- El gas L.P. es más pesado que el aire y se va depositando lentamente en las zonas mas bajas. En ellas, su mezcla con el aire puede ser explosiva. Para evitar estas explosiones es necesario almacenar el gas licuado en lugares bien ventilados.
- 4.- En la carga de combustible se debe permanecer fuera del local donde se almacena aquel, porque siempre se producen escapes de gas al conectar y desconectar las mangueras.
- 5.- Mientras se llena el depósito de combustible no se debe fumar ni aproximarse al equipo con una llama abierta.
- 6.- El depósito de combustible no debe llenarse con gas L.P. por encima del 80% de su capacidad.

- 7.- No hay que dejarse engañar por el olor del gas - - L.P. quemado, que no es desagradable. Contiene, a pesar de todo, monóxido de carbono. El motor no - debe ponerse en marcha en un local cerrado.
- 8.- Después de parar el motor se deben cerrar las dos - válvulas del depósito, la de toma de gas licuado - y la de toma de gas. Deben dejarse cerradas hasta el momento de arrancar de nuevo el motor.
- 9.- Antes de instalar cualquier equipo para quemar gas L.P. en un local cerrado, debe consultarse al distribuidor que conoce las disposiciones que deben - cumplirse para ello. En beneficio de la propia se guridad se deben cumplir siempre escrupulosamente estas disposiciones.
- 10.- El gas L.P. aumenta de volumen al calentarse. Si - se pone la máquina al abrigo para repararla en - - tiempo frío, hay que cerciorarse de que el depósi - to de combustible está lo más vacío posible. Al - no estar vacío y aumentar la presión del gas por - el calor, podría abrirse la válvula de seguridad.
- 11.- La buena ventilación es absolutamente indispensa - - ble para los equipos de gas L.P. instalados de - - puertas adentro. Abranse de par en par puertas y - ventanas. Poner ventiladores a ras del suelo, en -

los lugares donde pueda acumularse el gas en caso de fuga. Proteger la instalación contra chispas y fuego y emplear componentes que no la produzcan.

Por todo lo antes mencionado, se cumplen satisfactoriamente los objetivos propuestos para poder llevar a cabo este trabajo de tesis, con el único fin de proporcionar un beneficio a la sociedad, contribuyendo principalmente a mejorar el medio ambiente de las ciudades, así como mejorar la economía de los automovilistas.

También se espera que este trabajo repercuta en alguna forma en las autoridades para que éstas puedan modificar las leyes tendientes a disminuir la contaminación ambiental, así como limitar también el número de vehículos.

## B I B L I O G R A F I A

- 1).- ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGIA QUIMICA  
RAYMOND KIRK - DONALD F. OTHMER  
TOMOS 3, 8 Y 10  
EDIT. UTEHA 1962.
  
- 2).- NATURAL GAS EQUIPMENT MARKETS  
FROST - SULLIVAN INC. APRIL 1977.
  
- 3).- EVALUATION OF GASEOUS FUELS FOR AUTOMOVILES  
STANLEY L. GENSALK  
S.A.E. No. 720125
  
- 4).- LP - GAS FOR ENGINES  
S.A.E. No. SP-285
  
- 5).- MANUAL DEL INGENIERO MECANICO  
LIONEL S. MARKS  
EDIT. UTEHA

- 6).- LA PRODUCCION DE ENERGIA MEDIANTE EL VAPOR DE AGUA, EL --  
AIRE Y LOS GASES.  
W. H. SEVERNS  
EDIT. REVERTE.
- 7).- ING. RAUL SANTIAGO  
DIVISION DE INGENIERIA DE HORNOS  
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.
- 8).- BUTANE - PROPANE POWER ANUAL  
CARL ABELL
- 9).- REVISTA DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
OCTUBRE DE 1978.
- 10).- ENGINE-FUEL RELATIONSHIPS WITH L.P.G. AND NATURAL GAS  
GORDON J. KULVANEN, ROLLAND O., AND DALLAS G. LIEN  
S.A.E. No. 670053