

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE PETRÓLEO**

**ESCUELA DE POST-GRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN**



**Estudio de Factibilidad Económica para la Conversión de  
Vehículos Gasoleros a Gas Licuado de Petróleo**

Tesis para optar el Título de Segunda Especialización Profesional  
en Ingeniería del Gas Natural

Presentado por:

**FLOR DE MARÍA LOURDES VALDEIGLESIAS LÓPEZ**

Lima - Perú  
2007

## INDICE

		Página
1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	OBJETIVOS.....	7
	2.1. Objetivos Generales.....	7
	2.2. Objetivos Específicos.....	7
3.	JUSTIFICACIÓN.....	8
4.	ALCANCES.....	9
5.	METODOLOGÍA.....	10
6.	BREVE DESCRIPCIÓN DEL MERCADO.....	11
	6.1. Campaña de Muestreo de Gases de Escape en Veh. Gasolina ..	11
	6.2. Campaña de Medición de Humos en el Transp. Urb. Pasajeros	15
7.	MARCO TEÓRICO.....	21
	7.1. Recurso Energético.....	21
	7.2. Antecedentes Históricos.....	21
	7.3. Aumento del Uso del Petróleo.....	21
	7.4. La Crisis Energética.....	23
	7.5. Situación Actual.....	24
	7.6. Fuentes de Energía.....	25
	7.6.1. El Carbón.....	25
	7.6.2. El Petróleo.....	25
	7.6.3. El Gas Natural.....	25
	7.6.4. El Combustible Gaseoso.....	26
	7.6.5. El Gas Licuado de Petróleo .....	27
8.	ANTECEDENTES.....	34
	8.1. Producción y Demanda de Petróleo en el Perú.....	34
	8.2. Producción y Venta Anual de GLP.....	35
	8.3. Producción y Venta Anual de Gasolina.....	36
	8.4. Producción y Venta Anual de Diesel .....	37
	8.5. Balanza Comercial de Hidrocarburos.....	38
	8.6. El Gas de Camisea .....	43

9.	DESARROLLO DEL GLP AUTOMOTOR.....	47
10.	EL PARQUE AUTOMOTOR.....	50
	10.1. Combustible.....	50
	10.2. Consumo de Energía del Sector Transporte.....	50
	10.3. Cantidad de Vehículos.....	52
	10.4. Emisiones del Parque Automotor.....	53
	10.4.1. Emisiones de Dióxido de Carbono.....	54
	10.4.2. Emisiones de Monóxido de Carbono.....	54
	10.4.3. Emisiones de Hidrocarburos.....	55
	10.4.4. Emisiones de Óxido de Nitrógeno.....	55
	10.4.5. Emisiones de Dióxido de Azufre.....	56
	10.4.6. Emisiones de Partículas.....	56
	10.4.7. Compuestos Orgánicos Volátiles.....	57
	10.4.8. El Ozono.....	57
	10.5. Teoría de la Contaminación Vehicular.....	58
	10.5.1. Los Vapores del combustible.....	59
	10.5.2. Los Gases del Carter.....	59
	10.5.3. Los Gases del Escape.....	59
	10.5.4. Motores de Combustión Interna.....	61
	10.5.4.1. Efecto Invernadero.....	62
	10.5.4.2. Lluvias Ácidas.....	63
	10.6. Utilización del GLP en vehículos.....	63
	10.6.1. Reducción de las Emisiones Contaminantes.....	64
	10.6.2. Reducción en el Costo de Funcionamiento.....	64
11.	Conversión de un Vehículo de Consumo de Gasolina/Diesel a GLP.....	66
	11.1. Vehículo con motor dedicado.....	66
	11.2. Vehículos Convertidos Bi-Combustibles.....	66
	11.3. Vehículos Convertidos Duales.....	66
	11.4. Equipo de Instalación.....	66
	11.4.1. Depósito de Acero.....	67
	11.4.2. Multiválvulas.....	67
	11.4.3. Válvula de llenado externo.....	68

11.4.4.	Evaporador - Regulador.....	68
11.4.5.	Tubería reforzada de cobre.....	69
11.4.6.	Tubo de Plástico.....	69
11.4.7.	Válvula Electromagnético para GLP.....	69
11.4.8.	Válvula Electromagnética para gasolina.....	69
11.4.9.	Unidad de Mezcla.....	69
11.4.10.	Manguera Reforzada.....	69
11.4.11.	Conmutador e Indicador de llenado de depósito.....	69
11.4.12.	Emulador.....	69
11.4.13.	Sensor de Oxígeno.....	71
11.4.14.	Elementos de Fijación y Conexión.....	71
11.5.	Tecnología Disponible.....	72
11.6.	Costos de Conversión Gasolina a GLP.....	72
11.7.	Requisitos de Infraestructura.....	72
11.7.1.	Estación de Servicio de GLP.....	72
11.7.2.	Estación de Servicio de GNC.....	73
12.	MERCADO DEL TRANSPORTE.....	74
13.	ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE.....	76
13.1.	Impuesto a los Combustibles.....	77
13.1.1.	impuesto Selectivo al Consumo (ISC).....	77
13.1.2.	Impuesto al Rodaje (IR) .....	78
13.1.3.	Impuesto General a las Ventas (IGV).....	78
13.1.4.	Cálculo de los Precios al Público/Gasolina.....	80
13.1.5.	Cálculo de los Precios al Público del GLP.....	81
14.	RENTABILIDAD DE LOS ESQUEMAS DE CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS GASOLINEROS A GLP.....	83
14.1.	Cálculo de la rentabilidad de los Esquemas de Conversión.....	85
14.1.1.	Análisis Económico.....	86
14.2	Ventajas del Uso del GLP.....	87
14.2.1	Volatilidad.....	87
14.2.2	El número de octanaje.....	88
14.2.3	Limpieza del Combustible.....	88
15.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CONSUMO DE GAS EN EL SECTOR	

	TRANSPORTE.....	89
	15.1. Ventajas.....	89
	15.2. Desventajas.....	90
16.	CONCLUSIONES.....	91
17.	RECOMENDACIONES.....	93
18.	GLOSARIO DE TERMINOS Y DEFINICIONES.....	94
19.	EQUIVALENCIAS.....	97
20.	BIBLIOGRAFÍA.....	99
21.	INDICE DE CUADROS.....	102
22.	INDICE DE GRAFICOS.....	103
23.	INDICE DE FIGURAS.....	104
24.	INDICE DE TABLAS.....	104
24.	ANEXOS / DATOS ESTADISTICOS.....	105

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta el estudio y análisis para la implementación económica del proyecto de conversión del parque automotriz gasolinero al uso de Gas Licuado de Petróleo (GLP). Previo al análisis propiamente dicho, se muestra un marco teórico detallado para que los usuarios se familiaricen con el lenguaje y los conceptos utilizados durante todo el estudio, luego se muestra en los antecedentes la información básica y de mercado para dar un punto de inicio al trabajo.

Es importante señalar que el Sector Transporte es el mayor consumidor de derivados de petróleo en el país, principalmente gasolina, diesel y combustibles de aviación, representando para el año 2005 el 53% del consumo de hidrocarburos al nivel de los sectores de consumo final, el cual está en constante crecimiento. En consecuencia el volumen y el impacto de las emisiones gaseosas generadas por este sector son cada vez mayores.

El Sector Transporte demanda el 50% del consumo total de derivados de petróleo del país, estando el consumo específico del parque automotor gasolinero en el orden de 3,25 tep/vehículo/año; el cual se considera alto <sup>(4)</sup>.

Con el mejoramiento de la eficiencia en el uso de la energía en el sector transporte, se contribuye a minimizar el impacto ambiental reduciendo los niveles de emisiones de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generados por los vehículos de transporte a gasolina.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivos Generales**

- Sobre la base de la factibilidad de este trabajo de investigación se podría establecer una reglamentación apropiada para llevar a cabo la conversión del parque automotor gasolinero a GLP.
- Propiciar el interés de los inversionistas privados para la implementación de Estaciones de Venta de GLP.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Demostrar la eficiencia técnica y económica para la implementación a corto plazo del uso del Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el parque automotor gasolinero.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El disponer de una fuente de suministro de energía barata y limpia, favorece la utilización del GLP como una alternativa energética rentable, con un impacto social positivo debido a que es un producto menos contaminante que los combustibles actuales utilizados en nuestro país.

En este contexto, el proyecto Gas de Camisea esta a disposición de los usuarios el combustible GLP en una forma abundante, barata, limpia y continua, lo que permite la creación y sostenimiento del mercado correspondiente al sector transporte automotor, desde el año 2005.

#### **4. ALCANCES**

El presente trabajo analiza el mercado en el mediano y largo plazo para el principal sector de consumo de hidrocarburos en el Perú, nos referimos al Sector Transporte, para lo cual se utilizará información disponible del Ministerio de Energía y Minas, publicaciones del Centro de Conservación de Energía y del Medio Ambiente (CENERGIA), Petróleos del Perú S.A. (PETROPERU S.A.), Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG) y otros organismos, con la finalidad de demostrar la factibilidad económica de la conversión de vehículos gasolineros a GLP, mostrando sus ventajas y desventajas de la aplicación de los sistemas de conversión en nuestro país.

## 5. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el presente trabajo, ha sido:

- Recopilación de información relacionada con las características del parque automotor y con el mercado de los combustibles.
- Análisis de los datos disponibles, relacionados con los combustibles.
- Evaluación económica para determinar la rentabilidad de los combustibles.
- Propuestas de opciones energéticas de los diferentes combustibles.

## 6. BREVE DESCRIPCIÓN DEL MERCADO

De acuerdo a estudios relacionados por diversas instituciones tales como el Ministerio de Transporte, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTCVC), Municipalidad Provincial de Lima, la Asociación Automotriz del Perú S.A. (AAP), la Oficina Registral de Lima y Callao, etc, han determinado indicadores de relevancia creciente sobre el tema de la utilización racional y eficiente de los recursos energéticos, así como la adecuada conservación del ambiente. Entre ellos, podemos citar los estudios siguientes:

**6.1 “Campaña de Muestreo de Gases de Escape en Vehículos a Gasolina en Lima y Callao”** elaborado por el Centro de Conservación de Energía y del Ambiente - CENERGIA, (CENERGIA, 1999) en coordinación con el Programa América Latina Utilización Óptima de los Recursos Energéticos de la Comisión Europea y el Ministerio de Energía y Minas (MEM), realizado en diciembre de 1999, como parte del Proyecto “Eficiencia Energética en el Sector Productivo y Transporte”.

Este estudio, ha determinado los niveles de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, e hidrocarburos generado por vehículos de transporte individual a gasolina en Lima y Callao, los cuales evidencian una fuente de contaminación.

La metodología de trabajo comprendió las siguientes actividades: recopilación de información disponible, definición de la metodología a seguir, diseño de la encuesta, campaña de mediciones en una encuesta representativa, procesamiento de los datos obtenidos y elaboración de un informe técnico.

Se llevaron a cabo mediciones en una muestra representativa de 834 vehículos, tomando en consideración la participación modal de taxis y vehículos de uso particular, de las cuales fueron validadas 576 (506 particulares y 70 taxis). Asimismo, fueron agrupados según su antigüedad, se estima según fecha de fabricación, que el 75% de los vehículos inspeccionados corresponden a la década del 90.

Las variables analizadas fueron: rendimiento, horas de funcionamiento diario, kilometraje diario recorrido, periodicidad de mantenimiento y análisis de los gases de escape.

La población de vehículos a gasolina evaluados (834) se presenta en el Cuadro N° 1

**CUADRO N° 1  
RESUMEN DE VEHÍCULOS GASOLINEROS EVALUADOS**

Tipo de vehículos	Encuestas			
	Definidas	Realizadas	Validas	Porcentaje
Particular	550	629	506	88
Taxi	75	205	70	12
<b>Total</b>	<b>625</b>	<b>834</b>	<b>576</b>	<b>100</b>

Del universo nacional de vehículos (1 069 316) se determinó por métodos estadísticos, el tamaño de la muestra teórica fue calculada en 625 la que fue incrementada a 834 unidades físicamente accesibles a ser evaluadas (muestra definitiva) con la finalidad de aumentar el margen de seguridad en el momento de validar las encuestas.

Las principales conclusiones del estudio fueron:

- a) De acuerdo con las mediciones realizadas, las emisiones promedio diarias de CO y CO<sub>2</sub> emitidas por los vehículos a gasolina seleccionados en la muestra son como siguen:

**CUADRO N° 2  
EMISIONES PROMEDIO DIARIAS DE LA MUESTRA  
REPRESENTATIVA GASOLINERA**

Tipos de Vehículos	CO (Kg/día)	CO <sub>2</sub> (Kg/día)
Particular	2,7	9,6
Taxi	5,6	24,6

- b) Las emisiones anuales estimadas de CO y CO<sub>2</sub> del parque automotor de vehículos a gasolina en Lima y Callao son del orden

de 1 468 t/día y 5 512 t/día respectivamente como se detalla a continuación:

**CUADRO Nº 3**  
**EMISIONES ESTIMADAS DEL PARQUE DEPARTAMENTAL**  
**GASOLINERO**

Participación Modal	Parque	Emisión de CO		Emisión de CO <sub>2</sub>	
		t/día	t/año	t/día	t/año
Particular	422 021	1 139	341 700	4 064	1 219 200
Taxi	58 898	329	98 700	1 448	434 000
<b>Total</b>	<b>480 919</b>	<b>1 468</b>	<b>440 400</b>	<b>5 512</b>	<b>1 653 200</b>

- c) Se identificó la existencia de niveles altos de emisiones de contaminantes generados por los vehículos a gasolina en Lima y Callao, siendo los límites máximos permisibles:

**CUADRO Nº 4**  
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA VEHÍCULOS A**  
**GASOLINA, GAS LICUADO DE PETROLEO Y GAS NATURAL**  
**(D.S. 047-2001 MTC)**

Año de fabricación	CO % volumen	HC ppm
Hasta 1995	4,5	600
1996 en adelante	3,5	400

- d) El 73,1% de vehículos particulares evaluados tienen un promedio de emisiones del 4,5% en volumen de CO, y el 71,4% de los taxis evaluados tienen un promedio de 4,4% en volumen de CO.
- e) Los vehículos con tecnologías modernas (sistemas de control de emisiones y evaporaciones) son los menos contaminantes, el nivel de emisiones está en el orden promedio de 0,04% vol. de CO y 10,4 ppm de HC. Para los vehículos sin catalizador el promedio es de 3,7% vol. de CO y 1 049 ppm de HC.
- f) Comparando los vehículos por participación modal (particulares y taxis), el promedio de emisiones de CO en menor cantidad lo

tienen los vehículos particulares (2,7 Kg/día), debido al menor tiempo de circulación diaria y menor recorrido.

- g) La mayoría de los conductores de vehículos tienen un falso concepto de afinamiento y mantenimiento, desconociendo el significado de rendimiento energético, emisiones de CO e HC.
- h) Al respecto, para rangos de kilometraje de mantenimiento establecidos, de 2 000 a 7 000 km el rendimiento promedio es de 41 km/gal, que se considera bajo debido a la antigüedad del vehículo; de 7 000 a 15 000 Km. el rendimiento promedio es de 50 km/gal, considerado alto debido a que son vehículos con tecnología moderna.
- i) En la mayoría de los talleres automotrices, el servicio de mantenimiento del vehículo no es de calidad, ya que no cuentan con infraestructura, equipos de medición y personal técnico calificado.

De acuerdo a los datos estadísticos del MTCVC, Asociación Automotriz del Perú (AAP) y la Asociación de Representantes Automotrices del Perú (ARAPER), el parque nacional automotor a noviembre de 1998, se muestra en el Cuadro N° 5

#### CUADRO N° 5

##### PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL Y DEPARTAMENTAL

Clase de Vehículo	Nacional	Lima
Automóviles y station wagon	718 839	480 919
Otros (*)	350 477	245 253
<b>Total</b>	<b>1 069 316</b>	<b>726 172</b>

(\*) Camiones, ómnibus, camionetas rurales, etc.

**6.2** El estudio “**Campaña de Medición de Humos en el Transporte Urbano de Pasajeros en Lima, Callao y Huarochiri**” ha sido elaborado por

CENERGIA en el marco del Proyecto “Eficiencia Energética en el Sector Productivo y Transporte”, financiado por el Programa: América Latina Utilización Óptima de los Recursos Energéticos de la Comisión Europea y por el Ministerio de Energía y Minas (Mayo - Julio 2000).

El estudio, ha determinado los niveles de emisión de CO, CO<sub>2</sub>, HC y partículas de hollín generados por los vehículos de Transporte Urbano de Pasajeros a Diesel en Lima, Callao y Huarochirí.

El tamaño de la muestra representativa por tipo de vehículo fue calculado en 772 unidades. En la práctica se realizaron 805 encuestas, de las cuales después de un proceso de validación, se consideraron 772 unidades. Ver Cuadro N° 6

**CUADRO N° 6**  
**RESUMEN DE VEHÍCULOS EVALUADOS / DIESEL**

Tipo de Vehículos	Encuestas			
	Definidas	Realizadas	Válidas	Porcentaje
Ómnibus	339	350	339	44
Microbús	212	220	212	27
Camioneta Rural	221	235	221	29
<b>Total</b>	<b>772</b>	<b>805</b>	<b>772</b>	<b>100</b>

Las principales conclusiones de este estudio fueron:

- a) Las emisiones de humos diarios promedios de la muestra representativa, se indican a continuación.

**CUADRO N° 7**  
**EMISIONES PROMEDIO DIARIAS DE LA MUESTRA**

**REPRESENTATIVA / DIESEL**

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Emisión de Partículas (Kg/día)</b>
Ómnibus	1,06
Microbús	0,53
Camioneta Rural	0,64

Como se observa, los ómnibus son los vehículos que emiten mayor cantidad de partículas a la atmósfera, seguido de las camionetas rurales y microbús. Ver Cuadro N° 7

- b) Las emisiones promedios de los gases de la muestra representativa por recorridos, se muestran en el Cuadro N° 8.

**CUADRO N° 8**

**EMISIONES PROMEDIO DIARIAS POR RECORRIDOS  
DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA / DIESEL**

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Emisiones de gases (g/km)</b>		
	<b>HC</b>	<b>CO</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
Ómnibus	1	12	655
Microbús	1	11	601
Camioneta Rural	1	15	794

Se puede observar que, las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> según el recorrido, la producen las camionetas rurales, seguido por los ómnibus y microbuses.

- c) Las emisiones totales de humos del parque automotor correspondiente al año 1998 se indican en el Cuadro N° 9

**CUADRO N° 9**

**EMISIONES TOTALES DEL PARQUE DE VEHÍCULOS  
AUTORIZADOS PARA EL TRANSPORTE URBANO EN LA  
CIUDAD DE LIMA / DIESEL**

Tipo de Vehículo	Parque	Emisión de Partículas	
		t/día	t/año
Ómnibus	92 000	97	29 100
Microbús	76 253	40	12 000
Camioneta Rural	77 000	49	14 700
<b>Total</b>	<b>245 253</b>	<b>186</b>	<b>55 800</b>

- d) Asimismo, se ha determinado las emisiones totales de gases por tipo del parque dedicado al transporte urbano de pasajeros. Ver Cuadro N° 10.

**CUADRO N° 10**

**EMISIONES TOTALES DE GASES DEL PARQUE AUTOMOTOR  
DE TRANSPORTE URBANO EN LA CIUDAD DE  
LIMA - CALLAO (DIESEL)**

Tipo de Vehículo	Parque	Emisiones de gases (t/año)		
		HC	CO	CO <sub>2</sub>
Ómnibus	96 000	8 634	86 398	4 608 000
Microbús	76 253	6 858	68 623	3 660 144
Camionetas Rural	77 000	6 924	69 298	3 696 000
<b>Total</b>	<b>245 253</b>	<b>22 416</b>	<b>224 319</b>	<b>11 964 144</b>

La cantidad de emisiones del CO<sub>2</sub>, producido por el parque dedicado al transporte urbano de pasajeros, es de 11' 964, 144 toneladas al año. Estas emisiones se van directamente a la atmósfera incrementando la cantidad de gases de efecto invernadero, el cual atenta directamente contra la salud del ser humano, originando enfermedades respiratorias y otros.

- 6.3** Del 25 de febrero al 9 de marzo del 2000, la Dirección General de Medio Ambiente del Ministerio de Transporte, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, en coordinación con la consultoría de Swisscontact, el

Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao, la Comisión del Ambiente, Ecología y Amazonía del Congreso de la República, y la Policía Nacional de Turismo y Ecología (Proyecto ALURE, 1999), midió las emisiones de gases de 3 248 vehículos del parque automotor en circulación en Lima y Callao.

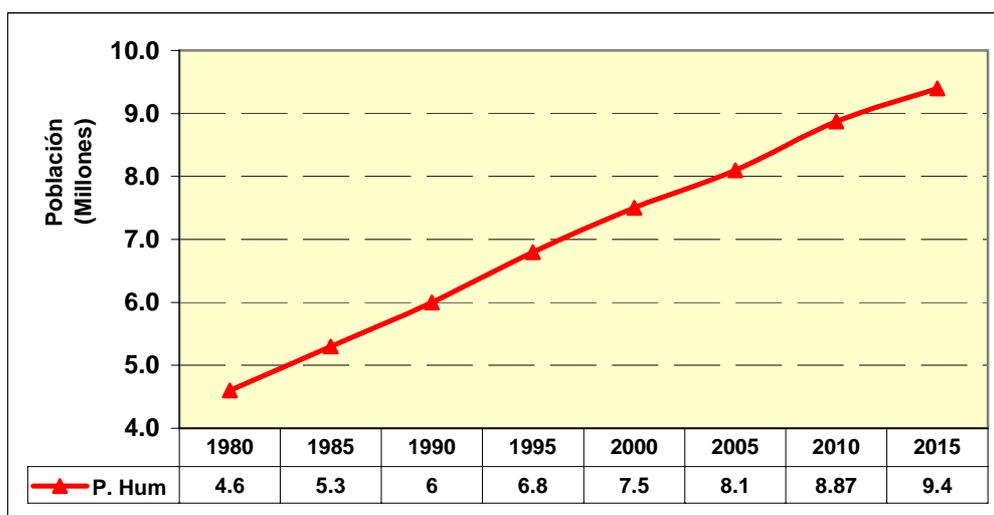
Los vehículos automotores evaluados, así como las zonas de control (ubicación de los lugares para el muestreo de humos), para efectos de la muestra a monitorear fueron seleccionados aplicando determinados criterios técnicos, con el fin de que la misma sea representativa. Las conclusiones de las mediciones efectuadas son, entre otras, las siguientes:

- ✓ Todavía se encuentran vehículos de los años 60 en circulación en un 8%.
- ✓ De los 2 144 vehículos gasolineros, medidos en la zona de control, el 16% sobrepasa 600 ppm de partículas de hidrocarburos (HC), y el 11% sobrepasa 800 ppm de partículas HC.
- ✓ Para el caso de los vehículos Diesel, de los 1 104 vehículos monitoreados, en la zona de control, el 67% sobrepasó el valor de 3,8 ppm de partículas de HC y un 23% tiene los valores de 2,8 ppm de partículas de HC (CENERGIA 2000).

**6.4** Otras instituciones, entre ellas, la Asociación de Representantes Automotrices del Perú (ARAPER) y la Municipalidad de Lima, también han realizado estudios sobre diferentes aspectos de la contaminación ambiental producido por el Sector Transporte y los resultados obtenidos en estos trabajos de investigación, servirán de base para realizar los estudios de sustitución progresiva de los combustibles líquidos por el uso de GLP primero y GNC después y de esta forma disminuir la contaminación de la atmósfera por emisión de CO y CO<sub>2</sub>. Ver Gráficos N° 1 y N° 2.

En el Gráfico N° 1 se observa que la proyección estimada del Crecimiento de la Población de Lima Metropolitana para el año 2005 será de 8.1 millones de habitantes.

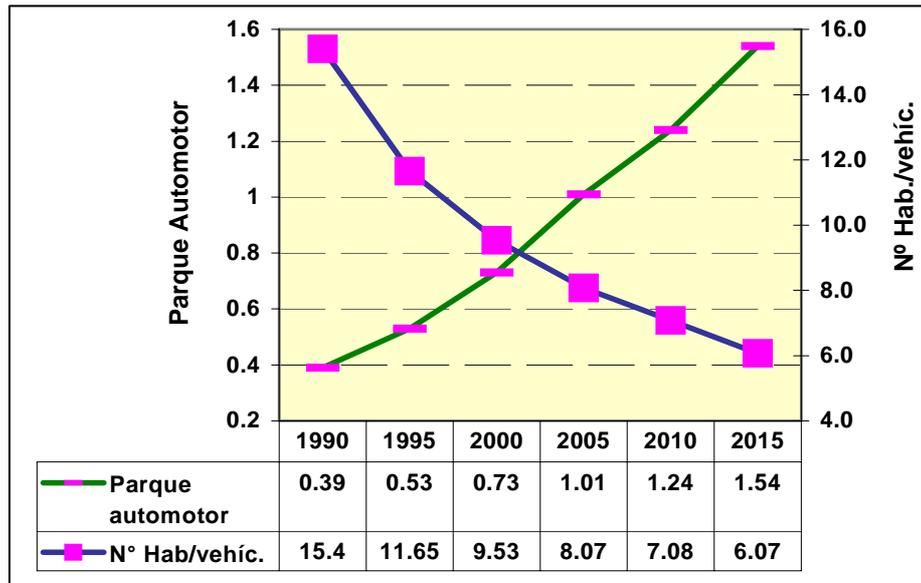
**GRÁFICO N° 1**  
**CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN LIMA METROPOLITANA**



Fuente: Municipalidad de Lima

En el Gráfico N° 2 se observa la proyección estimada de la evolución del Parque Automotor en relación con el Crecimiento de la Población, por ejemplo se estima que para el año 2005 la población de Lima será de 8,1 millones de habitantes con una relación de un (1) vehículo por cada ocho (8) personas y así sucesivamente.

**GRÁFICO N° 2**  
**EVOLUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR Y RELACIÓN**  
**N° HABITANTES / VEHÍCULO DEPARTAMENTO DE LIMA**



## **7.- MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Recursos Energéticos**

Es el conjunto de medios con los que los países del mundo intentan cubrir sus necesidades de energía. La energía es la base del sector industrial; sin ella, la vida moderna dejaría de existir.

Durante la década del 70, el mundo empezó a ser consciente de la vulnerabilidad de los recursos de energía. A largo plazo es posible que las prácticas de conservación de energía proporcionen el tiempo suficiente para explorar nuevas posibilidades tecnológicas de obtención de energía. Mientras tanto el mundo seguirá siendo vulnerable a trastornos en el suministro de petróleo que después de la II Guerra Mundial se ha convertido en la principal fuente de energía.

### **7.2. Antecedentes Históricos**

La leña fue la primera fuente de energía para el ser humano, y la más importante durante la mayor parte de su historia. Era de fácil obtención porque en muchas partes del mundo crecían grandes bosques. En los tiempos antiguos también se usaban algunas otras fuentes de energía que sólo se encontraban en zonas puntuales: asfalto, carbón y petróleo procedente de filtraciones de yacimientos subterráneos.

La situación cambió en la edad media cuando la leña empezó a utilizarse para fabricar carbón vegetal. A medida que se talaban los bosques y disminuía la cantidad de leña disponible. En los comienzos de la Revolución Industrial, el carbón vegetal fue sustituido en la obtención de metales por el coque procedente del carbón de piedra o hulla.

### **7.3. Aumento del Uso del Petróleo**

Aunque hacía siglos que el petróleo se empleaba en campos tan diferentes, el carbón que también empezó a usarse para propulsar las máquinas de vapor, se fue convirtiendo en la fuente de energía dominante a medida que avanzaba la Revolución Industrial.

Actualmente, en el Perú el carbón representa el 8.4 % de las reservas en energía comercial equivalente a 39 millones de toneladas equivalentes de petróleo tep (MEM, 1998).

La industria petrolera estadounidense creció rápidamente, y surgieron numerosas refinerías para fabricar productos derivados del petróleo crudo. Las compañías petroleras empezaron a exportar su principal producto, el kerosene - empleado para iluminación - a todas las zonas del mundo.

El desarrollo del motor de combustión interna y luego del automóvil creó un enorme mercado para otro derivado importante, la gasolina. Un tercer producto, el gasóleo de calefacción, empezó a sustituir al carbón en muchos mercados energéticos.

Las compañías petroleras, la mayoría estadounidenses, encontraron inicialmente reservas de crudo mucho mayores en Estados Unidos que en otros países. Esto hizo que las compañías petroleras de otros países - sobre todo Gran Bretaña, Países Bajos y Francia - empezaran a buscar petróleo en muchas partes del mundo, especialmente en Oriente. Los británicos iniciaron la producción del primer campo petrolífero en esa zona (concretamente en Irán) justo antes de la 1<sup>ra</sup> Guerra Mundial. Durante la guerra, la industria petrolera estadounidense produjo dos tercios del suministro mundial de petróleo a partir de yacimientos nacionales e importó un sexto de México.

Al final de la 1<sup>ra</sup> Guerra Mundial, y antes del descubrimiento de los productivos campos del este de Texas, Estados Unidos, con sus reservas afectadas por el esfuerzo bélico, se convirtió en un importador neto de petróleo durante algunos años.

A lo largo de las tres décadas siguientes, con el apoyo ocasional del gobierno federal de Estados Unidos, las compañías petroleras de ese país se expandieron con enorme éxito por el resto del mundo.

En 1955, las cinco principales empresas de petróleo de Estados Unidos producían dos tercios del petróleo del mercado mundial (sin incluir

América del Norte y el bloque soviético). Dos compañías británicas producían casi un tercio, mientras que los franceses sólo producían una quincuagésima parte. Las siete principales compañías estadounidenses y británicas proporcionaban al mundo cantidades cada vez mayores de petróleo barato procedente de las enormes reservas de Oriente. El precio internacional era aproximadamente de un dólar por barril; durante esa época Estados Unidos era en gran medida autosuficiente, y sus importaciones estaban limitadas por una cuota.

#### **7.4. La Crisis Energética**

El año 1973 marcó el final de la era del petróleo seguro y barato. En octubre del mismo año, como resultado de la guerra entre árabes e israelíes, los países árabes productores de petróleo recortaron su producción y envió de crudo a Estados Unidos y los Países Bajos. Aunque el recorte árabe representaba una pérdida de menos del 7% del suministro mundial, provocó el pánico en las compañías petroleras, en los consumidores, en los operadores del petróleo y en algunos gobiernos. Cuando unos pocos países productores comenzaron a subastar parte de su crudo se produjo una puja desenfrenada que alentó a los países integrantes de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), que por entonces eran ya 13, a subir el precio de todo su petróleo a niveles hasta 8 veces superiores a los precios de pocos años atrás.

El panorama petrolero mundial se calmó gradualmente, ya que la recesión económica mundial provocada por el aumento de los precios del petróleo recortó la demanda de crudo. Entretanto, la mayoría de los gobiernos de la OPEP se hicieron con la propiedad de los campos petrolíferos situados en sus países.

En 1978 comenzó una segunda crisis del petróleo cuando, como resultado de la revolución que acabó destronando al Sha de Irán, la producción y exportación iraní de petróleo cayeron hasta niveles casi

nulos. Como Irán había sido un gran exportador, el pánico volvió a cundir entre los consumidores.

Una repetición de los acontecimientos de 1973, incluidas las pujas desorbitadas, volvió a provocar la subida de los precios de crudo durante 1979. El estallido de la guerra entre Irán e Irak en 1980 dio un nuevo impulso a los precios del petróleo. A finales de 1980 el precio del crudo era 19 veces superior al de 1970.

Los elevados precios del petróleo volvieron a provocar una recesión económica mundial y dieron un fuerte impulso a la conservación de energía; a medida que se reducía la demanda de petróleo y aumentaba la oferta, el mercado del petróleo se fue debilitando. El crecimiento significativo en la oferta de petróleo procedente de países ajenos a la OPEP, como México, Brasil, Egipto, China, la India o los países del Mar del Norte, hizo que los precios del crudo cayeran aún más. En 1989, la producción soviética alcanzó los 11,42 millones de barriles diarios y supuso el 19,2% de la producción mundial de aquel año.

A pesar de que los precios internacionales del petróleo se han mantenido bajos desde 1986, la preocupación por posibles trastornos en el suministro ha seguido siendo el foco de la política energética de los países industrializados. Las subidas a corto plazo que tuvieron lugar tras la invasión iraquí de Kuwait reforzaron esa preocupación.

Debido a sus grandes reservas, el Oriente seguirá siendo la principal fuente de petróleo en el futuro previsible.

#### **7.5. Situación Actual**

Las naciones industrializadas son las que utilizan la mayor parte de la energía mundial. En 1990 el consumo de energía en Estados Unidos, Europa, los países de la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y Japón era más o menos tres cuartas partes del total mundial. El uso de energía por persona varía mucho según los países: por ejemplo, en Estados Unidos es cuatro veces y media

superior al promedio mundial, mientras que en China es sólo una cuarta parte de dicho promedio. En 1990 el petróleo y el gas natural supusieron casi las dos terceras partes del consumo primario de energía en todo el mundo.

## **7.6. Fuentes de Energía**

Son fuentes de Energía no renovables aquellas que se encuentran en forma limitada en nuestro planeta y se agotan a medida que se les explota.

Son fuentes de energía no renovables:

### **7.6.1. El Carbón**

Es un combustible fósil, formado por la acumulación de vegetales durante el Periodo Carbonífero de la Era Primaria de nuestro planeta. Estos vegetales a lo largo del tiempo han sufrido el encierro en el subsuelo terrestre, experimentando cambios de presión y temperatura lo que ha posibilitado la acción de reacciones químicas que los han transformado en variados tipos de carbón mineral.

### **7.6.2. El Petróleo**

Es una mezcla de hidrocarburos. Estos hidrocarburos se producen por antiguos restos de organismos vegetales, organismos acuáticos y organismos vivos depositados, en el transcurso de millones de años, en las profundidades de la corteza terrestre en forma de sedimento.

### **7.6.3. El Gas Natural**

Es una mezcla de gases combustibles depositados en forma natural en el subsuelo de la Tierra y que poseen un gran poder calorífico. En ocasiones los yacimientos de gas natural se encuentran acompañados por yacimientos de petróleo.

El principal componente del gas natural es el metano y en menor proporción los gases de etano, propano y butano.

#### **7.6.4. Combustible Gaseoso**

Es cualquier mezcla gaseosa empleada como combustible para proporcionar energía en usos domésticos o industriales.

Los combustibles gaseosos están formados principalmente por hidrocarburos, es decir, compuestos moleculares de carbono e hidrógeno. Las propiedades de los diferentes gases dependen del número y disposición de los átomos de carbono e hidrógeno de sus moléculas. Todos estos gases son inodoros en estado puro, igual que ocurre con el monóxido de carbono (contaminante) que a veces contienen. Por eso es corriente añadir compuestos de azufre al gas para comercializarlos; estos compuestos, que a veces están presentes de forma natural en el gas, tienen un olor desagradable y sirven para advertir un escape en las tuberías o en los aparatos de gas. Además de sus componentes combustibles, la mayoría de los combustibles gaseosos contienen cantidades variables de nitrógeno y agua.

Como combustibles gaseosos tenemos los siguientes:

- GLP (Gas Licuado de Petróleo)
- GN (Gas Natural)
- Gases residuales de la industria
- Gas de mina (Metano)
- Condensados de gas
- Gas de gasógenos (Combustibles Sólidos)
- Bio-gas (desechos, agricultura)
- Hidrógeno (H<sub>2</sub>)

#### 7.6.5. Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Se denomina Gas Licuado de Petróleo a la mezcla de gases licuados, sobre todo propanos y butanos. La fuente de obtención de este combustible son las refinerías y las plantas de proceso de gas natural las cuales aportan alrededor del 25% y 75% respectivamente.

En condiciones normales de presión y temperatura ambiente (1 atmósfera y 20°C), el GLP se encuentra en estado gaseoso, sin embargo, para facilitar su almacenamiento y transporte, se licua y se vaporiza para emplearlo como combustible de calderas y motores.

Para obtener líquido a presión atmosférica, la temperatura del butano debe ser inferior a -0,5°C y la del propano a -42°C. En cambio, para obtener líquido a temperatura ambiente, se debe someter al GLP a mayor presión. Para el butano, la presión debe ser de más de 2 atmósferas. Para el propano, la presión debe ser de más de 8 Atmósferas.

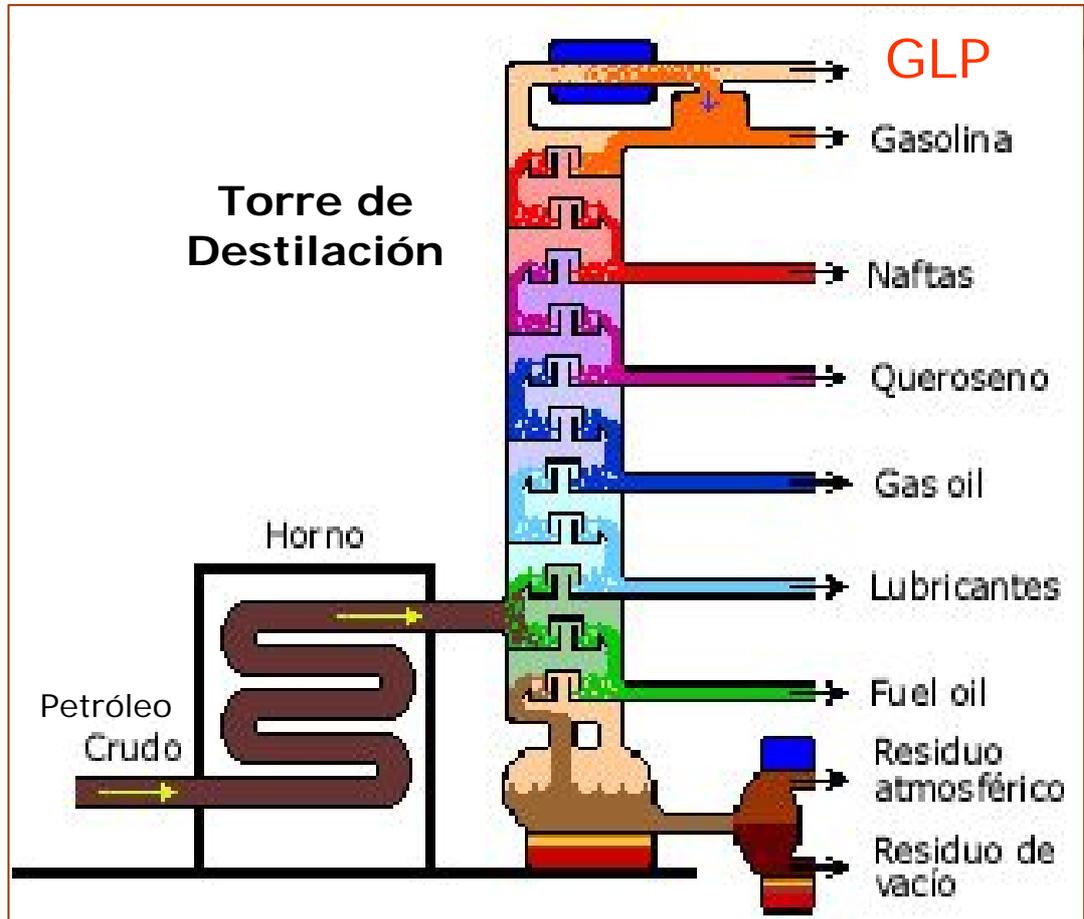
El GLP carburante utilizado para automoción es una mezcla de 60% de gas Propano ( $C_3H_8$ ) y el 40% de gas Butano ( $C_4H_{10}$ ).

Debido a su falta de olor y color en su estado natural, al GLP se le agrega odorizantes, que son derivados de azufre como medida de seguridad, con el fin de darle un olor característico para detectar posibles fugas.

En nuestro país el GLP se utiliza principalmente para uso doméstico (para cocinar) y también para consumo industrial.

Además, se esta utilizando cada vez más en el parque automotor los cuales son adaptados para el consumo de GLP en lugar de gasolina.

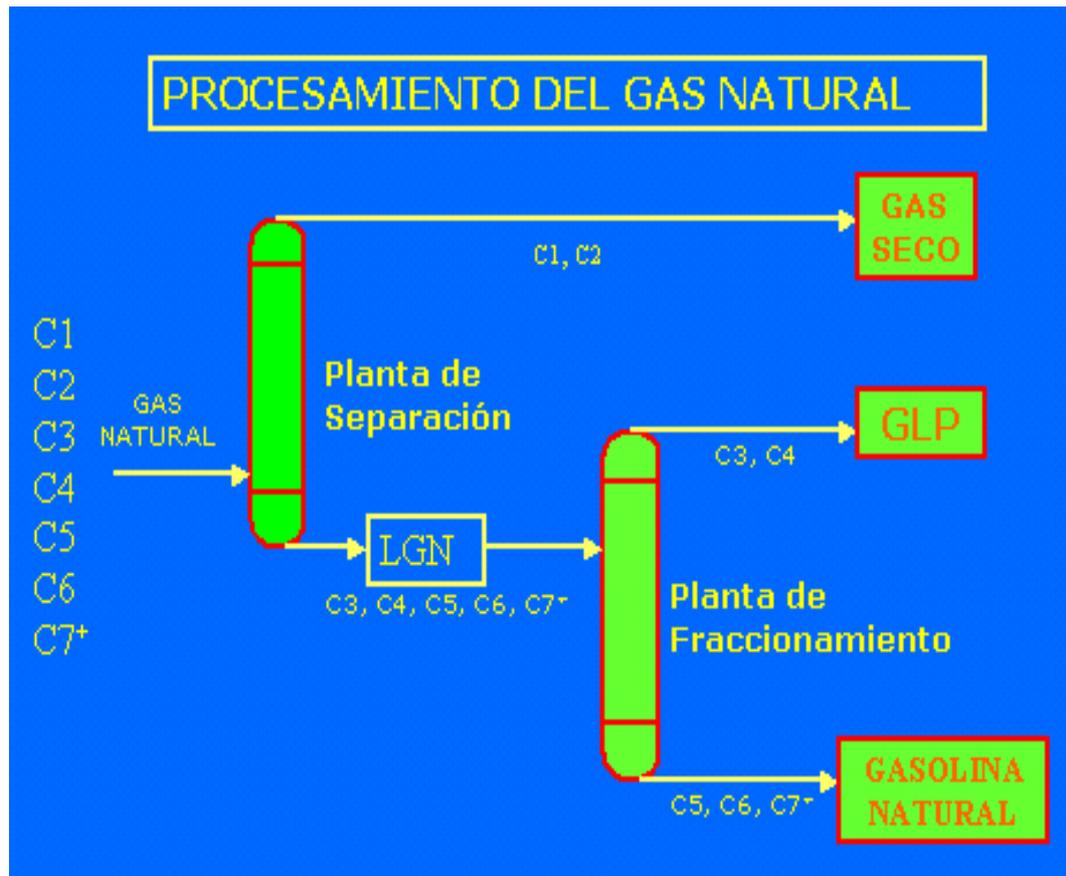
## PRODUCCIÓN DE GLP EN REFINERIAS



En refinerías el GLP se obtiene a partir del petróleo crudo.

FIGURA Nº 2

## PRODUCCIÓN DE GLP EN PLANTAS DE FRACCIONAMIENTO



En las plantas de fraccionamiento el GLP se obtiene de los líquidos del Gas Natural en las plantas de fraccionamiento.

**CUADRO N° 11**  
**REQUISITOS DE CALIDAD PARA GAS LICUADO DE PETROLEO PARA USO**  
**AUTOMOTRIZ (NTP 321.114)**

PROPIEDADES	UNIDADES	LIMITES		Método de ensayo (NTP e ISO)
		Mínimo	Máximo	
<b>VOLATILIDAD</b>				
Temperatura del 95% de evaporado	°C	-	2.2	321.036
Presión de vapor a 37,8 °C	kPa (psig)	793 (115)	430 (208)	321.100 ó 321.098 (b)
Presión de vapor a 0°C	kPa (psig)	152 (22)	-	321.100 ó 321.098 (b)
Densidad relativa a 15,6 °C	-	Indicar		321.095
<b>COMPOSICIÓN</b>				
Contenido de dienos (como 1,3 butadieno)	% mol		0.5	(ISO 7941)
Número de Octano "Research", RON	-	97	--	Anexo A
Pentanos y más pesados	% mol.		1,8	(ISO 7941)
<b>CORROSIVIDAD</b>				
Sulfuro de hidrogeno	-	Pasa		321.097
Azufre total	ppm	--	140	321.099
Corrosión de lamina de cobre	Nº	1		321.101
<b>MATERIAL RESIDUAL</b>				
Residuo de evaporación de 100 mL	mL	--	0.05	321.096
Prueba de la mancha de aceite		Pasa		321.096
<b>CONTAMINANTES</b>				
Agua libre		Nulo		Visual
Olor		Característico		
Humedad		Pasa		321.094
<b>NOTAS</b>				
<b>PRESIÓN DE VAPOR</b>				
Los valores de presión de vapor para las mezclas propano butano no deben exceder 1430 kPa (208 psig) que corresponde a un gas con 100% de propano comercial. Para otras mezclas de propano y butano no deberán exceder del calculado mediante la siguiente relación: Máxima presión de vapor observada (kPa) = 1167-1880 (densidad relativa a 15,6 °C) ó 1167-1880 (densidad a 15,6 °C). Toda mezcla específica de GLP deberá designarse por la presión de vapor a 37,8 °C (100 °F) en kPa ó (psi). La tolerancia del valor de la presión de vapor de la mezcla deberá estar dentro del rango de +0 a -69 kPa ó (+0 a -10 psi) de la presión de vapor especificada.				

**CUADRO N° 12**  
**VALORES DE NUMERO DE OCTANO "RESEARCH" (RON) PARA LOS**  
**COMPONENTES DEL GLP (NTP 321.114)**

HIDROCARBURO	NUMERO DE OCTANO "RESEARCH" RON
Etano	107,1
Propano	107,4
Propileno	102,2
i- Butano	101,4
n- Butano	93,8
i-Butileno + 1-Buteno	97,4
Trans-2-Buteno	100
Cis-2-Buteno	100
i-Pentano	92,3
n- Pentano	61,7

**CUADRO N° 13**  
**MEZCLAS PROPANO BUTANO COMERCIAL (GLP) (NTP 321.114)**

Nombre del Producto Número	Propano Comercial	Butano Comercial	Mezcla Propano Butano Comercial								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>CARACTERISTICAS</b>											
<b>Composición % Vol.</b>											
Propano <sup>2)</sup>	100	---	90	80	75	70	65	60	55	50	
Butano <sup>3)</sup>	----	100	10	20	25	30	35	40	45	50	
Pentano más pesado	Nulo	2,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
<b>COMBUSTION</b>											
Poder Calorífico Btu/lb	21,690	21,290	21,650	21,610	21,590	21,570	21,550	21,530	21,510	21,490	
Clima de Aplicación	Muy frío	Muy calido	Frío					Moderado			
Volatilidad	Alta Vol.	Baja Vol.	Alta Volatilidad					Moderada/Intermedia Volatilidad			
Usos recomendados	Domesticos Comercial Industrial	Doméstico comercial	Doméstico Comercial Industrial					Doméstico. Comercial Industrial		Doméstico Comercial	

Nota 2) Véase 5.1 de la presente NTP.

Nota 3) Véase 5.2 de la presente NTP

### Proceso de combustión del G.L.P.

La composición química del G.L.P. :

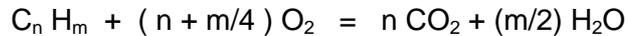
$$C_3H_8 = 40\%$$

$$C_4H_{10} = 60\%$$

Reacción de Combustión:

La ecuación general para la combustión de un combustible es la

siguiente expresión:



Donde n y m son el número de átomos de carbono e hidrógeno, respectivamente en el combustible.

La cantidad mínima de oxígeno (del aire) que se necesita para poder quemar un combustible es:  $(n + m/4)$ .

Se observa en la reacción que por cada volumen de gas  $C_n H_m$  se necesita  $(n + m/4)$  volúmenes de oxígeno. Si se toma el oxígeno del aire, cuya composición contiene 21% en volumen de oxígeno y 79% en volumen de nitrógeno tenemos entonces.

$$\text{Volumen de oxígeno} = 0,21 \text{ volumen de aire}$$

El volumen del aire teórico será:

$$V. \text{aire} = 4,76 V. \text{de oxígeno}$$

Finalmente en forma general se tiene para cualquier combustible

$$V. \text{aire} = 4,76 (n + m/4) V. \text{aire} / V. C_n H_m$$

Entonces para la composición del G.L.P. se aplica la expresión anterior se tiene:

$$V. C_3H_8 = 4,76 (5,0) = 23,80 \quad V. \text{aire} / V. \text{propano}$$

$$V. C_4H_{10} = 4,76 (6,5) = 30,94 \quad V. \text{aire} / V. \text{butano}$$

Aplicando la segunda expresión para la mezcla de gases combustibles:

$$V_{am} = \{ 0,30 (23,8) + 0,70 (30,94) - 4,76 (0) \}$$

Donde la expresión  $4,76 (0) = 0$ , cantidad de oxígeno que pudiera haber en la mezcla

Desarrollando la expresión se tiene:

$$V_{am} = 28,78 \quad V. \text{aire} / V. \text{combustible}$$

Esto quiere decir si lo expresamos los volúmenes en metros cúbicos; diremos que por cada  $1 \text{ m}^3$  de GLP (mezcla de combustible), se necesita  $28,78 \text{ m}^3$  de aire para una combustión.

**TABLA Nº 1**  
**Relación de Aire / Combustible para la Combustión**

<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>V. O2 / V. COMBUSTIBLE</b>	<b>V. AIRE/ V. COMBUSTIBLE</b>
Metano	2,0	9,52
Etano	3,5	16,66
Propano	5,0	23,80
Butano	6,5	31,10
Gas Natural seco	2,2	10,47
G.L.P	6,0	28,78

## 8.- ANTECEDENTES

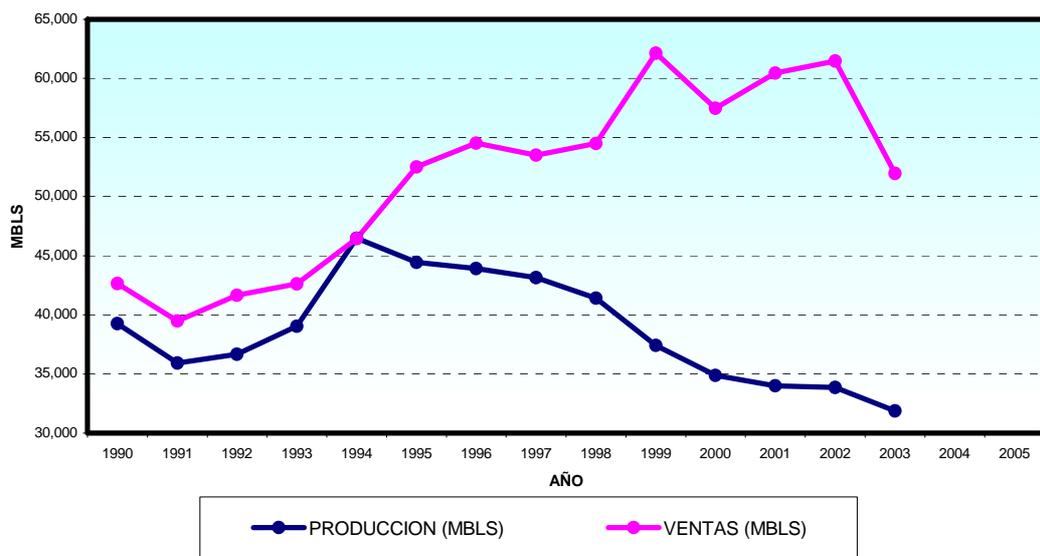
### 8.1 Producción y Demanda de Petróleo en el Perú

Es sabido que el Perú ha venido consumiendo sus reservas probadas de petróleo sin conseguir reemplazarlas desde el año 1981, cuando alcanza el volumen máximo anual de producción de 71 175 MB/Año. Posteriormente comienza una continua y constante declinación de los campos que, como es lógico, influye directamente en el comportamiento de la producción que se hace cada vez menor. En 1981 la producción de petróleo alcanzó los 195 MB/D. Actualmente, (Julio 2004), el promedio de producción diario ha alcanzado los 89,7 MB/D, debido a que no se han descubierto nuevos campos de petróleo que permitan contrarrestar la declinación natural de los campos de petróleo existentes. (PETROPERU, Estadísticas 1981).

En el año 2006 el consumo de los derivados de petróleo representa el 63% de las importaciones.

En el Gráfico N° 03 se observa la producción y venta anual de petróleo de los años 1990 al 2006. (Ver Estadísticas Tabla N° 02)

GRÁFICO N° 03  
PRODUCCION Y DEMANDA DE PETROLEO AÑOS 1990 - 2005



## 8.2 Producción y Venta Anual de GLP

La producción del GLP representa el 4% de la estructura de la producción de derivados de hidrocarburos, el 13% de la estructura de ventas de hidrocarburos y el 6% de las importaciones.

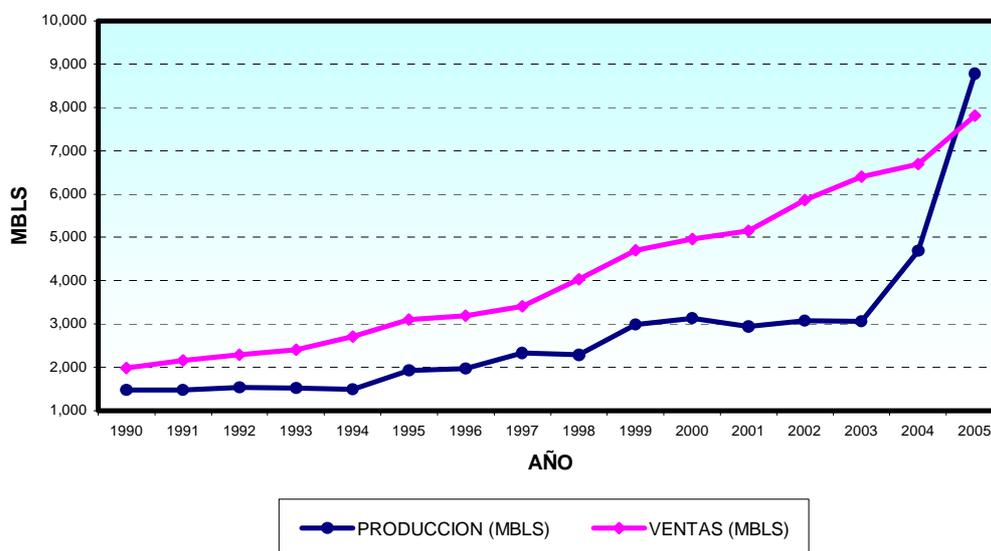
En 1998 el Perú presentó un déficit de GLP, lo cual exigió una importación de 4,5 MB/D. La entrada en funcionamiento del Complejo de Camisea a permitido cubrir este déficit y generar un excedente para la exportación de GLP en el año 2006 alcanzaría a 23,8 MB/D. A pesar del incremento de la demanda interna del GLP, el excedente exportable alcanzaría en el año 2015 a 47,2 MB/D (MEM/OTERG - Plan Referencial de Energía al 2015).

Se sustituirá las importaciones del GLP a partir del 2005 a causa del aumento de la producción interna, lo que incluso permitirá su exportación. (MEM, 2000).

En el Gráfico N° 04 se muestra la evolución de la producción y venta de GLP desde el año 1990 al 2006, se aprecia un crecimiento de la producción de GLP en 6%, debido a que en los últimos años el GLP se ha utilizado como combustible para motores de combustión interna. (Ver Estadísticas Tabla N° 03).

La producción de GLP en el mercado interno en el año 2006 fue de 8 781.0 MBLS.

**GRÁFICO N° 04**  
**PRODUCCION Y VENTA DE GLP AÑOS 1990 - 2005**



### 8.3 Producción y Venta Anual de Gasolina

La producción de gasolinas representa el 16% de la estructura de la producción de derivados de los hidrocarburos, el 17% de la estructura de venta de hidrocarburos y el 1% de las importaciones.

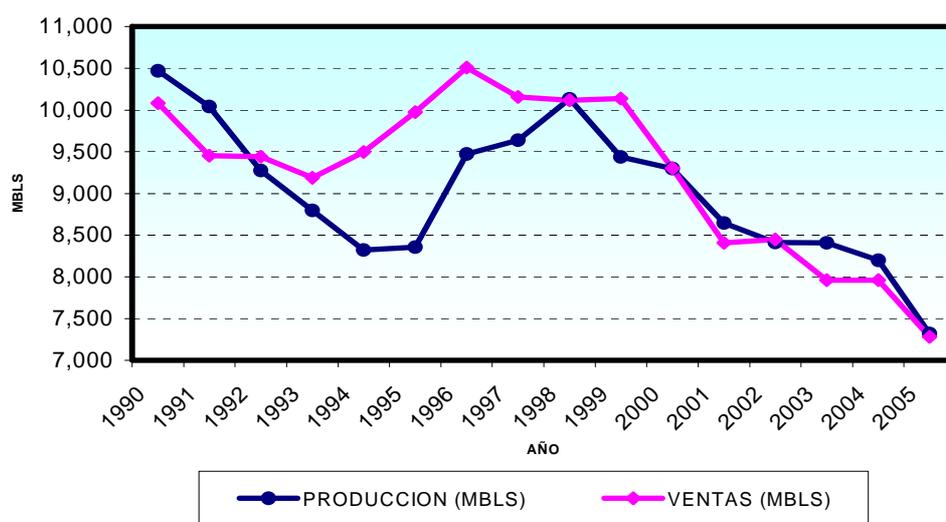
La apertura a la importación de carros nuevos y usados también ha provocado la elaboración de cuatro tipos de gasolinas (84, 90, 95 y 97 octanos).

El bajo crecimiento del consumo de gasolinas se ha debido al uso del diesel en el parque automotor. Cabe resaltar principalmente que la caída en la demanda de los diversos grados de gasolina es el 10%.

La producción de gasolinas en el mercado interno fue, en el año 2006, de 7 321.0 MBLS.

En el Gráfico N° 05 se muestra la evolución de la producción y venta de gasolinas. (Ver Estadísticas Tabla N° 04).

**GRÁFICO N° 05**  
**PRODUCCION Y VENTA DE GASOLINAS AÑOS 1990 - 2005**



#### 8.4 Producción y Venta Anual de Diesel

La producción de diesel representa el 26% de la estructura de la producción de derivados de hidrocarburos, el 42% de la estructura de las ventas de hidrocarburos y el 26% de las importaciones.

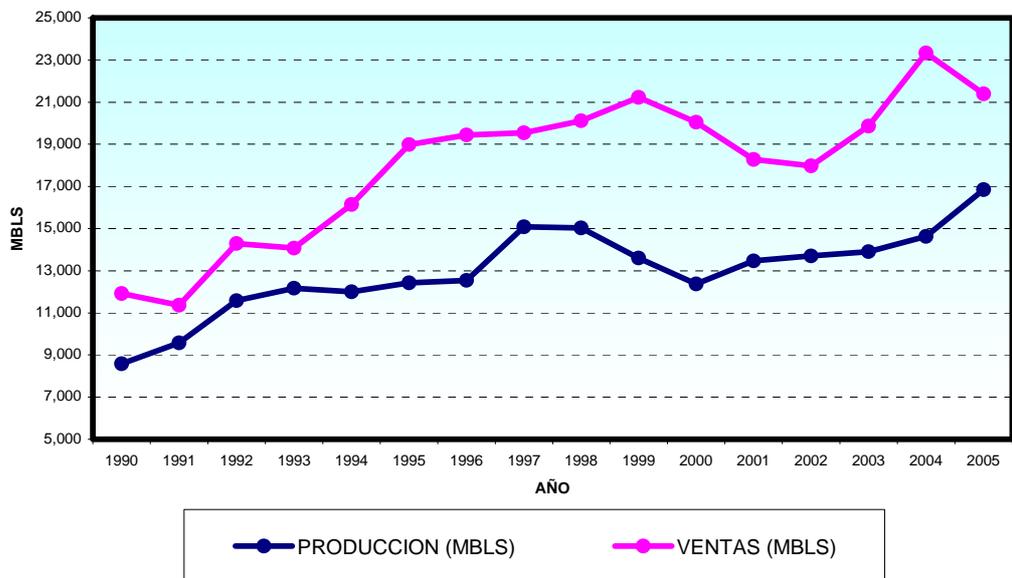
El diesel es el combustible de mayor consumo en el ámbito nacional; se utiliza en el transporte, la industria y la generación eléctrica. En años anteriores las ventas del diesel tuvo un fuerte incremento debido a la instalación de plantas térmicas y el incremento de la flota automotriz a diesel.

La producción de diesel en el mercado interno fue, en el año 2006 de 16 840,3 MBLS.

En el Gráfico N° 06 se muestra la evolución de la producción y venta del diesel desde el año 1990 al 2006. (Ver Estadísticas Tabla N° 05).

**GRAFICO N° 6**

**PRODUCCION Y VENTA DE DIESEL-2 ANOS 1990 - 2005**



## 8.5 Balanza Comercial de Hidrocarburos

La balanza comercial de los hidrocarburos ha tenido un cambio drástico: el Perú pasó de ser fuerte exportador de hidrocarburos a ser fuerte importador. En 1980 el saldo era positivo por 759 MM US\$, a partir de 1988/90 comienza a ser importador.

El componente más importante de las exportaciones de hidrocarburos es el petróleo crudo.

En el año 2006 se exportó por 28,5 MMBLS equivalente a 1 488,06 millones de US\$, mientras que se importó por 43,7 MMBLS equivalente a 2 267,85 millones de US\$, o sea que el saldo fue una importación neta por 15,0 MMBLS que significaron un importe de 779,7 millones de US\$.

El intercambio de petróleo crudo está motivado por la calidad de los petróleos nacionales (más pesados) que justifican las importaciones de crudos más livianos para una mejor adecuación a la capacidad de refinación y a los requerimientos de derivados del mercado interno. La principal causa de las importaciones de crudo es la caída de la producción nacional. Esta no alcanza para abastecer a las refinерías.

El incremento de los precios del petróleo en el mercado internacional tuvo un fuerte impacto negativo en la balanza comercial de los hidrocarburos de los últimos años.

Como consecuencia del estancamiento de los niveles de actividad en refinación, el aumento de la demanda interna de derivados, y las necesidades crecientes de GLP y diesel, surgen las importaciones de derivados de petróleo que alcanzaron 2 267,85 millones US\$

El Perú se caracteriza por exportar petróleo de baja calidad (pesado) e importar petróleos de alta calidad (livianos) y derivados de alto valor agregado como GLP y diesel 2.

En la década de los ochenta se ha podido identificar 2 etapas: una primera, entre los años 1981 y 1987, de saldos positivos en la Balanza Comercial y

una segunda etapa a partir de 1988 que incluso llega hasta la actualidad, en la que los resultados se tornaron negativos.

Los resultados negativos de la Balanza Comercial a partir del año 1988 se deben a:

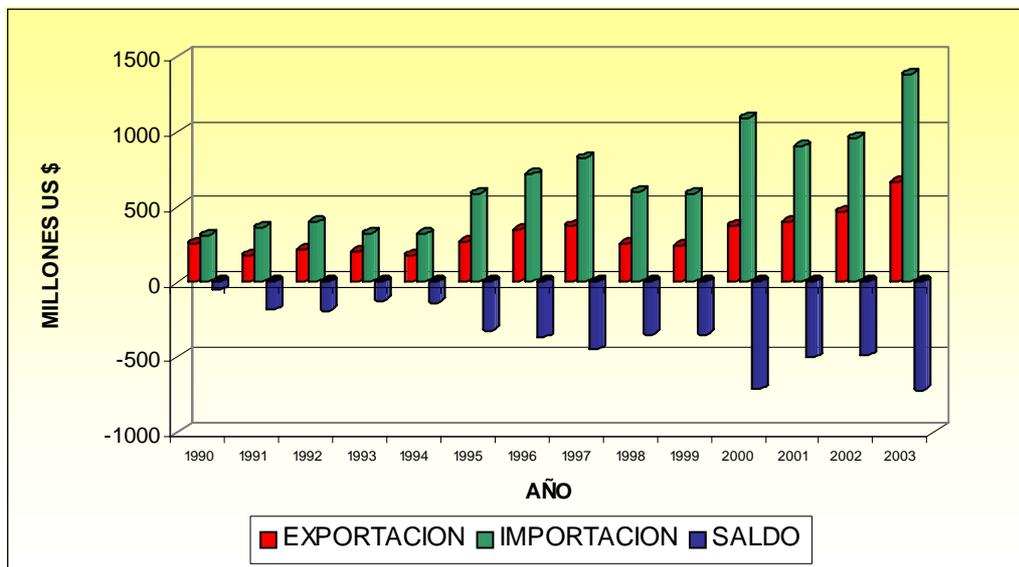
- a) Una declinación continua en la producción nacional de petróleo crudo que ha dado lugar a mayores importaciones.
- b) El crecimiento de la demanda interna de derivados de hidrocarburos, principalmente el diesel.

El Cuadro N° 14 muestra información estadística referente a la Balanza Comercial y en el Gráfico N° 7 se observa la evolución de la Balanza Comercial desde el año 1990 al 2006.

**CUADRO N° 14  
BALANZA COMERCIAL PETROLEO CRUDO Y DERIVADOS**

AÑO	EXPORTACIÓN		IMPORTACION		SALDO	
	MILLONES US\$	MMBLS	MILLONES US\$	MMBLS	MILLONES US\$	MMBLS
1990	262,7	15,6	315,6	11,8	-52,9	3,8
1991	177,6	16,4	362,7	16,2	-185,2	0,2
1992	214,7	18,1	402,4	17,8	-187,7	0,4
1993	199,2	16,5	323,5	14,9	-124,3	1,6
1994	178,3	14,5	317,2	16,1	-138,9	-1,6
1995	266,6	18,6	589,8	29,5	-323,2	-10,9
1996	348,0	20,3	720,1	31,1	-372,2	-10,8
1997	381,4	25,0	832,9	39,8	-451,5	-14,8
1998	250,8	27,1	603,3	44,3	-352,5	-17,2
1999	238,6	17,4	591,2	31,2	-352,6	-13,8
2000	380,3	14,9	1 093,5	35,5	-713,2	-20,5
2001	402,5	20,3	906,3	36,8	-503,8	-16,6
2002	471,1	20,9	963,0	37,8	-491,9	-16,9
2003	662,6	24,6	1 386,5	44,6	-723,8	-19,9
2004	685,7	21,8	1 714,4	43,8	-1 028,6	-21,9
2005	1 488,06	28,5	2 267,9	43,6	-779,7	-15,0

**GRÁFICO Nº 7**  
**BALANZA COMERCIAL PETROLEO CRUDO Y**  
**DERIVADOS (10<sup>6</sup> US\$)**



De acuerdo a la proyección de los precios internacionales de importación valores CIF y de los precios FOB supuestos para la exportación de los distintos productos, y de las cantidades proyectadas de importación y exportación de los diversos productos se obtiene que las proyecciones

efectuadas implican que a corto plazo estas importaciones no sólo podrán ser sustituidas, sino que se incrementarán para satisfacer la demanda creciente de derivados de petróleo. Las únicas importaciones que se sustituirían a partir del 2005 serían las de GLP a causa del aumento de la producción interna, lo que incluso permitiría su exportación en mayor escala.

Sin embargo, hacia el año 2010 y más aún hacia el 2015, las importaciones de crudo y de diesel comienzan a decrecer respecto al 2005, debido a que, la producción de líquidos que se obtengan del Gas de Camisea, paulatinamente irán reemplazando a la importación de estos productos. El petróleo crudo representaría el 84% del total de las importaciones y el diesel representaría el 16% en el año 2015. Ver Cuadro N° 15.

#### CUADRO N° 15

##### PROYECCIÓN DE LA IMPORTACIÓN DE PETRÓLEO CRUDO Y DERIVADOS 10<sup>6</sup> US\$

Proyecciones	1998	2005	2010	2015
Diesel	126,5	286,5	224,1	116,0
Petróleo	403,3	1 061,7	835,3	606,3
Gas Licuado	26,0	0,0	0,0	0,0
Comb. Jet	0,0	0,7	0,0	0,4
<b>TOTAL</b>	<b>555,8</b>	<b>1 348,9</b>	<b>1 059,4</b>	<b>722,7</b>

En cuanto a las proyecciones de las exportaciones se plantea un crecimiento de la exportación de Líquidos del Gas Natural, representados por el GLP y las gasolinas, mientras que se sigue con la exportación de los excedentes de gasolina motor y petróleo industrial, debido a que a pesar del proceso de sustituciones previsto, la demanda del mercado interno continuaría arrojando saldos exportables de ambos derivados. Ver Cuadro N° 16

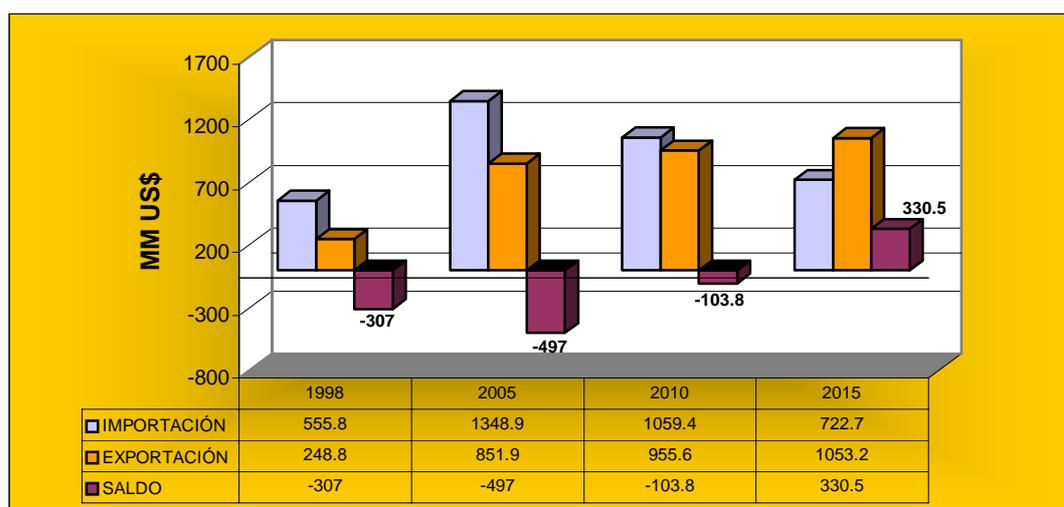
#### CUADRO N° 16

**PROYECCIÓN DE LA EXPORTACIÓN DE PETRÓLEO CRUDO  
Y DERIVADOS 10<sup>6</sup> US\$**

Proyección	1998	2005	2010	2015
Petróleo	126,2	0,0	0,0	0,0
Gas Licuado	0,0	195,3	273,7	338,2
Gasolina Motor	17,4	235,9	276,1	314,5
Naftas	0,0	115,7	153,6	197,8
Kerosene	0,0	0,4	0,0	0,4
Petróleo Industrial	96,0	304,6	252,2	202,3
<b>TOTAL</b>	<b>248,8</b>	<b>851,9</b>	<b>955,6</b>	<b>1 053,2</b>

El saldo en balanza comercial continuaría siendo negativo hasta el año 2010, básicamente a causa de las menores exportaciones frente al total de requerimientos de una demanda de importaciones. En el año 2015, esta situación se revierte en mayor proporción, se registra un saldo positivo de 330,5 millones de US\$. Ver Gráfico N° 8

**GRAFICO N° 8  
PROYECCIONES DE LA BALANZA COMERCIAL DE PETRÓLEO  
CRUDO Y DERIVADOS.**



La entrada de Camisea implica exportación de Líquidos del GN (GLP y gasolinas) en forma creciente. El GLP pasa a representar el 32% y las

gasolinas el 14%, mientras que se reduce el peso de la gasolina motor y el petróleo industrial. (MEM, 2000).

## 8.6 El Gas de Camisea

El yacimiento Camisea está compuesto principalmente de dos campos netamente recuperables: Campo Cashiriari y Campo San Martín; dentro de los cuales se han realizado tres pozos exploratorios en cada uno.

Estos campos geográficamente se encuentran ubicados en el Departamento de Cuzco, provincia de La Convención y distrito de Echarate, aproximadamente a 500 kilómetros al este de la ciudad de Lima.

En mayo de 1999, el gobierno a través del Comité Especial de Alto Nivel de Camisea y el Ministerio de Energía y Minas definieron la estructura para el desarrollo del proyecto, estableciéndose un esquema segmentado que comprende dos módulos independientes de negocio: Módulo de Producción y Módulo de Transporte y Distribución (T&D). La Comisión de Promoción de Inversión Privada (COPRI) llevó a cabo el proceso de promoción y convocó a concurso público internacional los dos módulos del proyecto de acuerdo al cronograma establecido.

El 16 de febrero del 2000 se adjudicó el Módulo de Producción del Proyecto Camisea al consorcio: "Pluspetrol - Hunt Oil - Sk - Tecpetrol"; siendo el operador principal Pluspetrol.

El 20 de octubre del 2000 se otorgó el Módulo de Transporte y Distribución (T&D) al Consorcio "Tecgas - Pluspetrol - Hunt Oil - Graña y Montero - Sonatrach - Sk"; siendo el operador Tecgas.

- a) La etapa de Producción consistió en:
- ✓ Extracción del gas (húmedo) del subsuelo.
  - ✓ Eliminación de los contaminantes ( $H_2O$ ,  $CO_2$ )
  - ✓ Separación del Metano y Etano de los componentes más pesados.
  - ✓ Fraccionamiento de los Líquidos.

- ✓ Entrega del gas y líquidos en condiciones preestablecidas en un contrato.

b) La etapa de Transporte y Distribución consistió en:

La fase de transporte que involucra:

- ✓ Transporte del gas hasta el City Gate.
- ✓ Transporte de los líquidos hasta la Planta de Fraccionamiento.
- ✓ Entrega del gas y sus líquidos en condiciones preestablecidas en un contrato.
- ✓ Transporte del gas desde el City Gate hasta los centros de consumo.
- ✓ La entrega del gas en condiciones preestablecidas en un contrato.

Las reservas probadas de hidrocarburos en los campos de Camisea, expresadas en Tcf (Trillion of cubic feet) para el Gas Natural y en MMBIs (Millones de Barriles) para los Líquidos del Gas son las que se observan en el Cuadro N° 17.

**CUADRO N° 17**  
**RESERVAS PROBADAS CAMISEA**

Estructuras	Reservas Probadas	
	Gas (Tcf)	Líquidos (MMBIs)
Cashiriari	5,4	330
San Martín	3,3	215
<b>TOTAL</b>	<b>8,7</b>	<b>545</b>

El Proyecto de Gas de Camisea es uno de los logros más importantes de la ingeniería en nuestro país. La llegada del gas a Lima (agosto/2004) marcó el primer hito de este importante proyecto, una alternativa para el consumo del gas en el Perú.

En la actualidad somos deficitarios en la producción de combustibles derivados del petróleo, en consecuencia el gas natural y sus líquidos son una gran alternativa de desarrollo para el país.

El Proyecto Gas de Camisea está proyectado para transportar una capacidad máxima de 450 MM de pies cúbicos por día en un gasoducto de 700 Km. de extensión, desde Camisea al City Gate de Lurín; y un poliducto para líquidos de 600 Km. de extensión para transportar 70 mil barriles de líquidos de gas natural por día hasta la planta de fraccionamiento en Pisco.

La planta de fraccionamiento ubicada en la Playa Lobería en Pisco, producirá más de 33 000 mil barriles diarios de hidrocarburos asociados al gas natural; de los cuales 25 000 va a satisfacer a la demanda interna y 8 000 se exportarán a la costa oeste de Estados Unidos.

La planta de fraccionamiento cuenta con una unidad de fraccionamiento para producir gas propano (25%), gas butano (25%) y una unidad de destilación primaria para producir gasolinas (40%) y diesel (10%). Asimismo, cuenta con tanques refrigerados de almacenamiento de gas propano y gas butano.

Tendríamos un excedente de GLP, gas propano y gas butano, de entre 6 a 7 mil barriles día para exportar, así como otros 13 ó 14 mil barriles de gasolina.

Como consecuencia de la puesta en marcha del proyecto Camisea la producción de hidrocarburos líquidos se incrementará en 17%, desde 86 mil barriles por día (MBPD) hasta 100 MBPD.

## 9.- DESARROLLO DEL GLP AUTOMOTOR

En el Perú la aplicación del GLP como combustible automotor se difunde desde los años 1960. En 1995 se dan las condiciones para la construcción y operación del primer punto de venta de gas para autos en Chorrillos y en 1997 se promulga el D.S. N° 019-97-EM "Reglamento de Comercialización de Gas Licuado de Petróleo para Uso Automotor - Gasocentros", en este Reglamento se definen los requisitos y parámetros que deben cumplirse para la construcción de los puntos de venta de gas automotor.

A partir de esta reglamentación muchas empresas o independientes incursionan en este prometedor mercado. También aparecieron los importadores de los Kits de transformación para los vehículos y se dedicaron a la afiliación de talleres para la instalación de equipos. A la fecha hay en Lima aproximadamente 5 importadores de kits de transformación y alrededor de 19 talleres donde se realizan las transformaciones de los autos a la opción del uso del GLP.

El mercado ha crecido sostenidamente desde el segundo semestre de 1999 fecha en la cual el alza constante del precio de los combustibles motivó la búsqueda de alternativas rentables. Muchos migraron al diesel pero muchos al GLP con lo cual a partir de esta fecha se inicia una competencia fuerte a la ya tradicional búsqueda del diesel como alternativa rentable posicionándose el GLP como la nueva alternativa energética rentable para el transporte con el beneficio adicional de la limpieza de los gases de combustión.

El Estado debe definir una política energética en la cual se busque aprovechar los recursos energéticos que tenemos mayoritariamente como la hidroenergía y el gas natural favoreciendo su uso y aplicaciones.

Si bien el mercado se encuentra en franco crecimiento se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones y desarrollo de normas para que este crecimiento sea ordenado y confiable por lo que es necesario la emisión de las siguientes normas:

- ✓ Norma de GLP automotor

- ✓ Norma de Instalación de Kits en vehículos. Vehículos de fábrica.
- ✓ Norma de equipos para vehículos (kits) y su homologación
- ✓ Norma de Reparación y Mantenimiento
- ✓ Norma de Supervisión de Instalaciones
- ✓ Norma de Revisiones Técnicas de vehículos que usan GLP.
- ✓ Norma de Calidad del Aire. Límite de Contaminación de vehículos.
- ✓ Se deben desarrollar campañas de difusión para hacer conocidas las ventajas del GLP automotor en los aspectos de Salud Pública, Técnicos, Económicos y efectos benéficos en la Balanza Comercial Energética.
- ✓ Se debe mejorar el nivel profesional de los técnicos instaladores de los kits de transformación para reducir el riesgo de instalaciones que presenten problemas y limiten el desarrollo del GLP automotor.
- ✓ Se debe asegurar la seguridad y confiabilidad en el despacho de combustibles, asimismo, un mayor número de puntos de venta (Gasocentros) promoverá el cambio de los vehículos a GLP y generará confianza sobre la disponibilidad de este combustible al usuario.
- ✓ Una de las grandes barreras de entrada es el costo de los kits de transformación a gas ya que inhibe en muchos casos del uso de GLP automotor a pesar del convencimiento en los beneficios que puede traer al usuario y a la ciudad. Existe alternativas de financiamiento lideradas por empresa privada para permitir el acceso a esta nueva alternativa energética que ha demostrado no sólo ventajas concretas para el problema de la contaminación del aire de las grandes ciudades sino también para el usuario en su economía personal.
- ✓ Para extender el uso del GLP a todo tipo de vehículos, se debería considerar el aspecto ambiental, los problemas económicos, la existencia de una expedita comercialización del producto a nivel nacional, aspectos de seguridad y mantenimiento.

El Ministerio de Energía y Minas mediante Decreto Supremo N° 025-2005-EM ha aprobado el cronograma de reducción progresiva del contenido de azufre en los combustibles Diesel 1, Diesel 2 y Diesel 2 Especial, habiéndose previsto en dicho cronograma que recién a partir del 1<sup>ro</sup> de enero del 2010 el contenido de azufre en dichos combustibles no podrá exceder de los 50 partes por millón, cifra que corresponde a los estándares ambientales internacionales.

Por otro lado, la Unión Europea (UE) mantiene que combustibles sin azufre permitirán un uso óptimo de las nuevas tecnologías en el caso de los vehículos nuevos, y también una mayor eficacia en los antiguos. Los combustibles “azufre cero” son los que tienen menos de 10 miligramos de azufre por kilo, frente a los 150 permitidos ahora para la gasolina, y los 350 para el diesel. Estos límites deberán reducirse a 50 miligramos por kilo a partir del 1<sup>ro</sup> de enero del 2005, tanto para gasolina como para el diesel.

Debemos recordar que se estima que la explotación del petróleo será para 30 a 40 años mientras que la del gas por 200 años (Patrakhaltsev, 2001).

El uso de GLP es más conveniente desde el punto de vista ecológico, el mismo que ya se distribuye en la capital y al interior del país. Sin embargo, el uso de los combustibles gaseosos en primera instancia pueden ser utilizados en forma mixta sin mayores modificaciones de los motores de combustión interna (Gasolina + GLP y Diesel + GLP), de tal manera que puedan funcionar independientemente.

Se debe dar el paso a la modernización del traspaso al gas sin variar la construcción de los motores de combustión interna (MCI). El gas es un combustible ecológicamente puro, lo que trae consigo el aumento de la vida útil de los MCI (Patrakhaltsev, 2001).

## **10 EL PARQUE AUTOMOTOR**

### **10.1 Combustible**

Los combustibles que se utilizan en el Sector Transporte son: Gasolina de 84 octanos sin plomo desde el 1<sup>ro</sup> de enero del 2005, Gasolina de 90 octanos sin plomo, Gasolina de 95 octanos sin plomo, Gasolina de 97 octanos sin plomo, Diesel, Turbo y Gas Licuado de Petróleo.

### **10.2 Consumo de Energía del Sector Transporte**

El consumo de energía en el Sector Transporte se ha incrementado significativamente en los últimos años como consecuencia del aumento del parque automotor, resultado de la apertura económica y de la política del Gobierno de incentivar la importación de automóviles usados, muchos de los cuales se utilizan como transporte público.

A nivel de sectores económicos el principal demandante de los derivados fue el Sector Transporte, de este modo, este sector se constituyó en el mayor consumidor de energía del Perú (53%). Es un mercado que está en continuo crecimiento en lo que respecta al consumo de energía.

Con relación al Gas Licuado de Petróleo se espera que se produzca un proceso de penetración de GLP en el resto del país, principalmente en taxis, donde la conversión es conveniente debido al diferencial de precios entre la gasolina y el GLP. De este modo, el crecimiento del consumo del GLP estará principalmente asociado al crecimiento del parque en el resto del País.

El 53% del consumo energético en el Sector Transporte se efectúa en Lima - Callao, siendo los taxis (47%) el medio de locomoción que mayor consumo ha presentado.

En el resto del país, los camiones (49%) son los principales demandantes de energía en el transporte carretero.

A nivel país, la suma del consumo energético de los taxis y los camiones representan el 43% del consumo sectorial. La importancia del consumo energético registrado en los taxis se debe a la alta participación de estos dentro del parque y a sus elevados recorridos medios.

En Lima - Callao la estructura de consumo de los hidrocarburos es aproximadamente de un 44% para la gasolina motor, 2% para GLP-GNV y el 54% para el diesel, sin embargo, para el resto del País el diesel representa más del 78% del consumo energético sectorial.

**CUADRO N° 18**  
**SECTOR TRANSPORTE - DEMANDA DE ENERGÍA**  
**POR FUENTE (MBLS)**

<b>Fuentes</b>	<b>1998</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>Tasa (%)</b>
Combustible Jet	2 918	4 026,7	5 068,5	6 379,5	4,71
Diesel	13 536	16 727,3	18 498,0	21 460,5	2,75
Electricidad	0	33,7	69,0	75,3	-----
GNC	0	66,0	402,0	832,0	-----
Gas Licuado	37	25,5	40,5	63,3	3,42
Gasolina motor	7 897	10 857,8	12 487,5	14 544,0	3,66
Petróleo Residual	360	498,0	628,5	794,3	4,77
<b>TOTAL</b>	<b>24 748</b>	<b>32 235,0</b>	<b>37 194,0</b>	<b>44 148,8</b>	<b>3,46</b>

En el Cuadro N° 18 se observa que la penetración del GLP, es moderada. Los principales consumidores de GLP serían los taxis y las camionetas, esto se relaciona con los elevados kilometrajes que estos tipos de vehículos recorren anualmente, con lo cual se logra un beneficio entre el desembolso realizado para la adquisición del equipo de conversión y los ahorros por cambio de combustible.

A nivel de las demás fuentes se aprecia que tanto la gasolina como el diesel serán las fuentes más dinámicas. El consumo de diesel representó en el año 1998 el 54,7% del consumo total de energía del sector transporte y se espera que para el año 2015, descenderá al 48,6%.

El petróleo industrial es consumido principalmente en el transporte acuático y en menor medida en el ferroviario, representando tan solo el 2% del consumo sectorial. Por su parte el combustible de aviación representa el 11% del consumo total del sector.

En cuanto a la distribución regional del consumo en energía en el transporte carretero, se aprecia que el 61% se efectuó en Lima - Callao y el 39% en el resto del país.

### 10.3 Cantidad de Vehículos

De acuerdo a los datos estadísticos del MTCVC, el parque nacional automotor a diciembre del 2005, era de 1'349 510 vehículos de los cuales 881 345 vehículos pertenecen a la región de Lima y Callao.

Lima y Callao tiene el 65,3% de participación dentro del parque automotor nacional, con una antigüedad promedio de 20 años. Ver Cuadro N° 19.

**CUADRO N° 19**  
**PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL Y DEPARTAMENTAL**  
**LIMA Y CALLAO. AÑO 2005**

Clase de vehículo	Nacional	Lima
Automóviles, station wagon y taxis	861 345	562 458
Otros (*)	488 165	266 782
<b>TOTAL</b>	<b>1 349 510</b>	<b>846 227</b>

(\*) Camiones, ómnibus, camionetas rurales, etc.

El Cuadro N° 20 nos muestra el parque automotor nacional, según clase de vehículos, en el año 2005; el 48,2% de vehículos son automóviles, y por lo general los vehículos de carga ligera son gasolineros. Asimismo, la mayoría de carros en nuestro país tienen una antigüedad mayor a los 18 años.

**CUADRO N° 20**  
**PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL**  
**SEGÚN CLASE DE VEHÍCULOS AÑO 2005**

Clase de Vehículo	Nº Vehículo	(%)	Antigüedad Promedio
Automovil	621 553	48,2	21,8 años
Station Wagon	191 425	14,8	17,6 años
Camioneta Pick up	144 815	11,2	19,2 años
Camioneta Rural	125 501	9,7	18,4 años
Camioneta Panel	24 123	1,9	18,3 años
Ómnibus	44 486	3,4	23,4 años
Camión	105 467	8,2	24,2 años
Remolcador	15 300	1,2	-----
Remolque / Semi remolque	17 801	1,4	-----
<b>Total General</b>	<b>1 290 471</b>	<b>100,00</b>	

Fuente: Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción

#### 10.4 Emisiones del Parque Automotor

En el Perú se presentan una serie de problemas ambientales, que afectan tanto la salud de la población como el funcionamiento de los sistemas naturales, que tiene su origen en diversos factores y que se manifiestan a través de diferentes medios. Entre los problemas más frecuentes se encuentran la contaminación del aire, el agua y los suelos, el deterioro de los ecosistemas naturales, los inconvenientes provocados por los ruidos, y aquellos relacionados con la disposición final de residuos sólidos, sólo por citar algunos de los más relevantes.

En el país el Sector Transporte, es el principal consumidor de los derivados del petróleo y el principal emisor de CO y CO<sub>2</sub> a la atmósfera, participando en un 37% de las emisiones totales generadas en el país.

En las últimas décadas, el automóvil ha aparecido de forma masiva en las ciudades, contribuyendo a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape. Los principales

contaminantes lanzados por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos no quemados (HC) y los compuestos de plomo.

No todos los vehículos lanzan los distintos tipos de contaminantes en las mismas proporciones; éstas dependerán del tipo de motor que se utilice, el tipo de combustible, el estado y mantenimiento del vehículo, etc. Los vehículos que emplean gasolina como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

Los principales contaminantes emitidos por los vehículos que utilizan motores de ciclo diesel son partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídridos sulfurosos procedente del azufre contenido en el combustible.

#### **10.4.1 Emisiones Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

Es el principal gas causante del “efecto invernadero” que atrapa el calor de la tierra y contribuye potencialmente al calentamiento global. Se origina a partir de la combustión de carbón, petróleo y gas natural. En estado líquido o sólido produce quemaduras, congelación de tejidos y ceguera. La inhalación es tóxica si se encuentra en altas concentraciones.

#### **10.4.2 Emisiones de Monóxido de Carbono (CO)**

El monóxido de carbono, es un gas inodoro e incoloro. Cuando se inhala, sus moléculas ingresan al torrente sanguíneo, donde inhibe la distribución del oxígeno. En bajas concentraciones produce mareos, jaqueca y fatiga, mientras que en concentraciones mayores puede ser fatal.

El monóxido de carbono se produce como consecuencia de la combustión incompleta de combustibles a base de carbono, tales como la gasolina, el petróleo y la leña, y de la de productos naturales y sintéticos, como por ejemplo el humo de cigarrillos.

Se halla en altas concentraciones en lugares cerrados, como por ejemplo garajes y túneles mal ventilados, e incluso en caminos de tránsito congestionado.

Las emisiones de monóxido de carbono es producido, principalmente, por los vehículos a gasolina sin catalizador.

#### **10.4.3 Emisiones de Hidrocarburos**

Las emisiones de hidrocarburos resultan cuando no se queman las moléculas del combustible en el motor o sólo se queman parcialmente. Los hidrocarburos reaccionan en presencia de los óxidos de nitrógeno y la luz solar para formar ozono a nivel del suelo, que es uno de los componentes del smog.

El ozono irrita los ojos, perjudica los pulmones y agrava los problemas respiratorios. También algunos hidrocarburos del tubo de escape son tóxicos y tienen el potencial de causar cáncer (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos - EPA Aire - Las Emisiones de los Automóviles: Sinopsis, 2002).

#### **10.4.4 Emisiones de Oxido de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

Proviene de la combustión de la gasolina, el carbón y otros combustibles. Es causante del smog y la lluvia ácida.

El smog se produce por la reacción de los óxidos de nitrógeno con compuestos orgánicos volátiles. En altas concentraciones, el smog puede producir dificultades respiratorias en las personas asmáticas y trastornos del sistema respiratorio.

Gran parte del dióxido de azufre y de los óxidos de nitrógeno que se emiten a la atmósfera retornan a la superficie de la tierra, ya sea en estado gaseoso (principalmente en zonas próximas a las fuentes de emisión) o bien en forma de ácidos disueltos en las gotas de lluvia. Estas lluvias tienen un Ph menor a 5, por lo tanto van a producir serios efectos sobre el ecosistema.

La lluvia ácida afecta la vegetación y altera la composición química del agua de los lagos y ríos, haciéndola potencialmente inhabitable para las bacterias, excepto para aquellas que tienen tolerancia a los ácidos.

La exposición directa a concentraciones superiores a 3 ppm aumentan las posibilidades de enfermedades pulmonares. Además causa daño a la forestación y al crecimiento de ciertas variedades de cultivos y frutales; junto con los óxidos de azufre son los responsables de la lluvia ácida.

#### **10.4.5 Emisiones de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

Es un gas inodoro cuando se halla en bajas concentraciones, pero en alta concentración despiden un olor muy fuerte. Se produce por la combustión del carbón, especialmente en usinas térmicas. También proviene de ciertos procesos industriales, tales como la fabricación de papel y la fundición de metales. Al igual que los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre es causante del smog y la lluvia ácida. Puede ocasionar problemas pulmonares permanentes y respiratorios.

#### **10.4.6 Emisiones de Partículas**

En esta categoría se incluye todo tipo de materia sólida en suspensión en forma de humo y polvo. Además, de reducir la visibilidad y la cubierta del suelo, la inhalación de estas partículas microscópicas, que se alojan en el tejido pulmonar, es causante de diversas enfermedades respiratorias.

Las partículas de la atmósfera provienen de diversos orígenes, entre los cuales podemos mencionar la combustión de diesel en camiones y autobuses, la mezcla y aplicación de fertilizantes y agroquímicos, la construcción de caminos, la fabricación de acero, la actividad minera, la quema de malezas, las chimeneas de hogar y estufas a leña.

#### **10.4.7 Compuestos orgánicos volátiles (VOC)**

Todos los compuestos orgánicos contienen carbono y constituyen los componentes básicos de la materia viviente y de todo derivado de la misma. Muchos de los compuestos orgánicos que utilizamos no se hallan en la naturaleza, sino que se obtiene sintéticamente. Los compuestos químicos volátiles emiten vapores con gran facilidad. La emanación de vapores de compuestos líquidos se produce rápidamente a temperatura ambiente.

Los VOC incluyen la gasolina, compuestos industriales como el benceno, solventes como el tolueno, xileno y percloroetileno. Los VOC emanan de la combustión de gasolina, leña, carbón, gas natural, solventes, pinturas, colas y otros productos que se utilizan en el hogar o en la industria. Las emanaciones de los vehículos constituyen una importante fuente de VOC.

#### **10.4.8 El Ozono (O<sub>3</sub>)**

Este gas es una variedad de oxígeno. El ozono de las capas superiores de la atmósfera, constituye la llamada “capa de ozono”, la cual protege la tierra de la acción de los rayos ultravioletas.

A nivel del suelo, el ozono es un contaminante de alta toxicidad que afecta la salud, el medio ambiente y los cultivos.

El ozono que se halla a nivel del suelo proviene de la descomposición (oxidación) de los compuestos orgánicos volátiles de los solventes, de las reacciones entre sustancias químicas resultantes de la combustión del carbón, gasolina y otros combustibles. La oxidación se produce rápidamente a alta temperatura ambiente. Los vehículos y la industria constituyen las principales fuentes del ozono a nivel del suelo.

Se ha estimado los porcentajes de las emisiones de los contaminantes que generan los medios de transporte:

- ✓ 12% de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- ✓ 30% de las emisiones del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- ✓ 33% de las emisiones de partículas 64% de las emisiones de monóxido de carbono (CO)
- ✓ 49% de las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles (VOC)
- ✓ 69% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

Los altos precios de las gasolinas aceleran la tendencia de comprar vehículos livianos que utilizan diesel, los cuales emiten mayor cantidad de otros contaminantes. Ver Cuadro N° 21. (Andrés Gómez-Lobo 2002).

**CUADRO N° 21**  
**EMISIONES UNITARIAS DE CONTAMINANTES PARA VEHÍCULOS LIVIANOS (GR/KM RECORRIDO)**

Combustible	Cilindrada (cc)	Material Particulado	Monóxido de Carbono	Óxidos de Nitrógeno	Dióxido de Azufre
Gasolina	1 500 – 2 000	0,000	2,488	0,496	0,069
Diesel	1 500 – 2 000	0,093	0,576	1,269	0,414

### 10.5 Teoría de la Contaminación vehicular

Los motores de combustión interna (MCI), usan combustible líquido que contiene: carbono, hidrógeno, oxígeno y azufre (mínimo).

La composición de gases de escape es más compleja, puesto que es una mezcla heterogénea de sustancias diferentes con diversas propiedades químicas y físicas. En los MCI se generan emisiones tóxicas, contenidas

en los vapores del combustible, en los gases del cárter y en el tubo de escape.

#### **10.5.1 Los Vapores del Combustible**

Van a la atmósfera desde el tanque de combustible, del carburador y de otros elementos de alimentación. Están compuestos de hidrocarburos de composición mixta. La emisión del hidrocarburo por evaporación constituye entre el 15 - 20% de los vapores del combustible.

Esta fuente es característica para los MCI con carburador, por que usan como combustible tipos de gasolina altamente volátiles. El combustible diesel es más viscoso y menos volátil.

#### **10.5.2 Los Gases del Cárter**

Representa una mezcla gaseosa de productos debido a la combustión incompleta de hidrocarburos que penetran por las holguras entre los anillos del émbolo y cilindros desde la cámara de combustión y se depositan en el cárter. Sus componentes son hidrocarburos y vapores de combustible.

La toxicidad máxima de gases de cárter es diez veces menor a la de los gases de escape. Los gases de cárter irritan las mucosas del aparato respiratorio.

#### **10.5.3 Los Gases de Escape**

Son la fuente principal de emisiones tóxicas, mezcla de productos gaseosos, exceso de aire y otros elementos. Los gases de escape contienen monóxido de carbono, hidrocarburos totales, óxidos nitrosos, aldehídos, sustancias cancerígenas, hollín, entre otros.

Una combustión incompleta del combustible da origen al monóxido de carbono y a los hidrocarburos que aparecen en los gases de escape a causa de la insuficiencia del oxígeno en la cámara de combustión.

El nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, vapor de agua y el dióxido de carbono pertenecen al grupo de sustancias no tóxicas para el organismo humano. Sustancias tóxicas son: monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (NOx), hidrocarburos (HC), aldehídos (RxCHO), hollín, dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S). Ver Cuadro N° 22. En este Cuadro observamos la composición volumétrica de los gases de escape.

**CUADRO N° 22**  
**COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DE LOS**  
**GASES DE ESCAPE**

Componentes de los gases de escape	Contenido máximo en volumen (%)				Observaciones
	Gasolina		Diesel		
Nitrógeno	74,00	78,00	76,00	78,00	No tóxico
Oxígeno	0,30	0,80	2,00	18,00	No tóxico
Vapor de agua	3,00	5,50	0,50	4,00	No tóxico
Dióxido de carbono	5,00	12,00	1,00	10,00	No tóxico
Monóxido de carbono	0,10	10,00	0,01	0,50	Tóxico
Óxidos nítricos	0,10	0,50	0,00	0,40	Tóxico
HC no cancerígenos	0,20	3,00	0,00	0,50	Tóxico
Aldehídos	0,00	0,20	0,00	0,00	Tóxico
Dióxido de azufre	0,00	0,00	0,00	0,03	Tóxico
Hollín (g/m <sup>3</sup> )	0,00	0,04	0,01	1,10	Tóxico
Benzopireno (mg/m <sup>3</sup> )	Hasta	20,00	Hasta	10,00	Cancerígeno

Existen distintos factores de emisión para distintas categorías vehiculares, generalmente debido a las diferencias tecnológicas asociadas a cada uno, tales como el tipo de combustible utilizado,

la existencia de dispositivos de control de emisiones, la capacidad del motor, etc. El factor de emisión indica la masa de contaminante emitida por unidad de distancia recorrida, expresándose generalmente en gramos / kilómetro.

Los vehículos a diesel aportan una importante fracción de material particulado (PM), óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxido de nitrógeno (NOx); mientras que los vehículos gasolineros son responsables de la mayor cantidad de emisiones de gases, especialmente monóxido de carbono (CO).

#### **10.5.4 Motores de Combustión Interna (MCI)**

La energía mecánica, indispensable para poner en acción diferentes máquinas se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La que más se utiliza es la energía térmica obtenida de los combustibles de naturaleza orgánica. Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna (MCI), a ellos corresponde más del 80% de la totalidad de la energía producida en el mundo.

El impacto ambiental del MCI está estrechamente relacionado con un problema social surgido por la utilización creciente del mismo; la reducción de los niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los llamados “gases invernadero”, principalmente el dióxido de carbono y los óxidos nitrosos que atrapan el calor de la tierra y contribuyen potencialmente al calentamiento global y la reducción de los niveles de ruido.

##### **10.5.4.1 Efecto invernadero**

Provocado por las crecientes emisiones a la atmósfera de gases tales como: CO<sub>2</sub>, metano, óxido nitroso y los

cloro-fluorocarbonatos, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción para mitigar los efectos del calentamiento global.

**CUADRO N° 23**  
**COMPUESTOS EMITIDOS AL MEDIO AMBIENTE**  
**DURANTE LA COMBUSTIÓN**

<b>Componentes Tóxicos</b>	<b>Motores Diesel %</b>	<b>Motores de carburador %</b>
Monóxido de carbono	0,20	6,00
Oxido de nitrógeno	0,35	0,45
Hidrocarburos	0,04	0,40
Dióxido de azufre	0,04	0,00
Hollín mg/l	0,30	0,05

La toxicidad de los motores a Diesel depende del contenido de los óxidos de nitrógeno y el hollín. Asimismo, la toxicidad de los motores de encendido por chispa y carburador depende en gran medida de la concentración del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno.

Los motores a Diesel tienen mucha menos responsabilidad en la contaminación ambiental de la que se le imputa normalmente (ver Cuadro N° 23). Su contaminación se ve más por la típica emisión de humo negro formado por partículas microscópicas que no son tóxicas pero si molestan. En consecuencia, los motores de combustión interna que mayor contaminación del medio ambiente provocan son los motores a gasolina a pesar de ser menos visible sus emisiones a la atmósfera.

Los motores de combustión interna tienen gran responsabilidad en los niveles de emisión del dióxido de carbono y los óxidos nitrosos que provocan el “efecto invernadero”.

#### **10.5.4.2 Lluvias ácidas**

Gran parte del dióxido de azufre y de los óxidos de nitrógeno que se emiten a la atmósfera retornan a la superficie de la Tierra, ya sea en estado gaseoso (principalmente en zonas próximas a las fuentes de emisión), o bien en forma de ácidos disueltos en las gotas de lluvia.

Se forma así el ácido sulfúrico por oxidación del dióxido de azufre y ácido nítrico por oxidación de óxidos de nitrógeno.

Si estas reacciones se producen cerca de los focos de emisión, forman el smog ácido; si se producen en capas altas de la atmósfera se forman los ácidos y estos precipitan en forma de lluvia a grandes distancias de los focos emisores.

Estas lluvias tienen PH menor a 5, por lo tanto van a producir serios efectos sobre el ecosistema.

### **10.6 Utilización del GLP en Vehículos**

La conversión a GLP de vehículos que funcionaban con combustibles (gasolinas) surgió como respuesta a dos problemas aparecidos en la década del 80:

- ✓ Reducir las emisiones contaminantes de los vehículos
- ✓ Reducir el costo de funcionamiento.

El objetivo que se busca en las conversiones es lograr que el vehículo tenga un funcionamiento seguro, manteniendo los parámetros los más

parecidos a los originales, lográndose esto modificando el motor lo menos posible.

#### **10.6.1 Reducción en la Emisiones contaminantes**

La característica principal del GLP es la reducción en los gases de emisión que afectan la salud. Al usar GLP como combustible se logra reducir los valores de emisiones muy por debajo de los valores que se obtienen con los combustibles tradicionales.

El GLP combustible emite:

- ✓ 15% menos de dióxido de carbono
- ✓ 20% menos de hidrocarburos
- ✓ 80% menos de monóxido de carbono
- ✓ No contiene plomo
- ✓ No tiene tolueno ni benceno
- ✓ No emite material particulado.

#### **10.6.2 Reducción en el Costo de Funcionamiento**

Si tenemos en cuenta que el rendimiento energético de 1litro de GLP es equivalente a 1,138 veces el rendimiento de 1litro de gasolina y que equivale a 1,025 veces el rendimiento de 1 litro de diesel; teniendo presente además la diferencia en el costo que hay entre los combustibles se tiene que al usar GLP se produce un ahorro de entre el 40% y el 75% en el presupuesto destinado a los combustibles.

Por otra parte, usando GLP se reducen los costos de mantenimiento del motor en un 30% aproximadamente dependiendo del estado previo del motor y del uso del mismo.



## **11 CONVERSIÓN DE UN VEHÍCULO DE GASOLINA A GLP.**

Existen tres formas de convertir un vehículo a GLP:

### **11.1 Vehículo con Motor Dedicado**

Se llama motor dedicado a los motores diseñados para funcionar a GLP exclusivamente. Para convertir un vehículo que funcionaba con otro combustible es necesario cambiar el motor completo.

### **11.2 Vehículo Convertidos Bi-Combustibles**

Este tipo de conversión se usa fundamentalmente en los motores diesel. La misma consiste en colocarle al motor un equipo de conversión pero en este caso las modificaciones son mayores.

### **11.3 Vehículos Convertidos Duales**

Son vehículos que mediante un equipo de conversión, se les modifica el sistema de alimentación de combustible al motor de manera que puedan funcionar a GLP como con el combustible original, para el cual fueron diseñados alternativamente. Esta conversión debe llevarse a cabo procurando no modificar el motor y manteniendo sus parámetros de funcionamiento los más próximos a los originales de fábrica.

### **11.4 Equipos e Instalación**

El sistema es muy fácil de instalar. El montaje se hace aproximadamente de 8 a 12 horas, ya sea en vehículo con carburador, inyección monopunto o multipunto, con garantía de un año o hasta 30 000 Km. y no es necesario realizar modificaciones en el vehículo, de forma tal que luego se puede desmontar el sistema y el vehículo queda igual que antes de la instalación.

Los equipos son importados en "kits" completos desde Europa, consta de todos los componentes necesarios, incluyendo los elementos de

conexión y fijación, salvo el depósito que se fabrica en el Perú bajo estrictas normas de calidad (Certificación ISO 9001).

El sistema consta de los siguientes componentes:

#### **11.4.1 Depósitos de plancha de acero para almacenar GLP (Cilindros de Almacenamiento).**

Pueden ser depósitos cilíndricos o toroidales, todos ellos cuentan con el Certificado de Calidad de acuerdo a la Norma ASME Sec. VIII, Div. 1.

En el mercado, los depósitos son ofrecidos de diferentes capacidades. En las conversiones a GLP la presión a la que se almacena el gas es 10 Bar (ó 150 libras por pulgada cuadrada o psig). Cuadro N° 24.

**CUADRO N° 25  
CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DE ACERO  
PARA ALMACENAR GLP**

<b>TIPO CILINDRICO</b>				
<b>Capacidad Bruta (litros)</b>	<b>Capacidad Neta (litros)</b>	<b>Diámetro (mm.)</b>	<b>Longitud (mm.)</b>	<b>Peso (Kg.)</b>
33,12	26,50	244	750	15,50
42,58	34,06	244	950	20,00
52,04	41,63	300	800	20,50
66,24	53,00	300	990	25,00
80,43	64,34	360	850	26,50
94,63	75,70	360	1000	31,00

#### **11.4.2 Multiválvulas o Válvulas Independientes para el Depósito.**

En ambos casos se cubren las funciones siguientes:

- ✓ Llenado del tanque con parada automático al 80% de su capacidad para mantener el equilibrio entre la fase líquida y gaseosa dentro del depósito.

- ✓ Medición del nivel del llenado y transmisión de la señal al conmutador e indicador de luces, que se instala en el tablero de instrumentos.
- ✓ Válvula de seguridad que automáticamente regula la presión al interior del tanque, cuando la presión se incrementa por exceso de temperatura.
- ✓ Abastecimiento del GLP al motor. Existe una válvula que se puede cerrar o abrir manualmente.

#### **11.4.3 Válvula de Llenado Exterior.**

Este elemento es la boca por donde se realiza el llenado del GLP al depósito. Esta válvula se puede colocar en distintos sitios del vehículo, dependiendo de lo que disponga el usuario. Puede colocarse junto a la boca de llenado de la gasolina, en la maletera, en el parachoques posterior o en cualquier otro lugar cerca del depósito.

Es una válvula de retención que durante el llenado, permite por diferencia de presión la introducción del gas en los cilindros de almacenamiento y durante la operación normal del vehículo evita que el gas fluya hacia la atmósfera.

#### **11.4.4 Evaporador - Regulador.**

Este componente es el corazón del sistema. En él, el GLP que llega en estado líquido, se transforma al estado gaseoso y se regula la alimentación del mismo motor. El cambio de estado del GLP se logra por la transferencia de calor, que se extrae del circuito de refrigeración del motor (con doble beneficio, siendo el primero la gasificación del GLP y el segundo el retorno del refrigerante más frío al motor) y por el cambio de presión en el circuito del GLP.

En el evaporador - regulador se pueden ejecutar tres ajustes diferentes: en primer lugar, el ajuste del funcionamiento del

evaporador en función del tamaño del motor que se va a alimentar; en segundo lugar, la regulación de la alimentación en frío (ralentí); y en tercer lugar, la regulación del flujo del carburante en alta. Este componente requiere de un mantenimiento cada 60 000 Km.

#### **11.4.5 Tubería reforzada de cobre con protección exterior de plástico.**

Esta tubería conecta la válvula de llenado exterior con el depósito en la válvula de llenado del tanque con parada automática al 80%; asimismo, conecta el depósito desde la válvula de abastecimiento al motor, con la válvula electromagnética de GLP que se instala previa al evaporador - regulador.

#### **11.4.6 Tubo de Plástico.**

Este tubo se instala como protector de las tuberías de cobre en la maletera. Elimina la posibilidad de que cualquier objeto que se deposite en la maletera pueda presionar de alguna forma las tuberías de cobre. Así también, sirve para la ventilación del sistema.

#### **11.4.7 Válvula Electromagnética para GLP.**

Con esta válvula se abre o cierra el circuito de GLP. Se acciona desde el interior del vehículo. Normalmente se instala directamente en el evaporador - regulador.

#### **11.4.8 Válvula Electromagnética para Gasolina.**

Estas válvulas se utilizan solamente en los sistemas para vehículos con carburador y sirven para abrir o cerrar el circuito de la gasolina. Como es de suponer, en ningún momento las dos válvulas electromagnéticas están al mismo tiempo abiertas, pues un exceso de carburante haría que el motor se ahogue. Mediante el conmutador ubicado en el tablero de instrumentos

se accionan estas válvulas, abriendo una y cerrando la otra, o cerrando las dos.

#### **11.4.9 Unidad de Mezcla.**

Mediante este componente suministramos el GLP al motor, sea directamente al carburador o al múltiple de admisión, en el caso de vehículos con inyección multipunto. Esta es una pieza específica por modelo de vehículo, pues sus medidas dependen de: los elementos donde va fijada, el flujo del GLP (cantidad y tamaño de los orificios), el tamaño y la potencia del motor.

#### **11.4.10 Manguera Reforzada.**

Con esta manguera, que tiene una cubierta de malla de acero inoxidable, se conecta el evaporador - regulador con la unidad de mezcla y se abastece el GLP, en estado gaseoso, al motor.

#### **11.4.11 Conmutador e Indicador del Llenado del Depósito.**

Este componente se instala en el tablero de instrumentos del vehículo, permite accionar sobre las válvulas electromagnéticas a fin de utilizar GLP o gasolina. El cambio de uno a otro circuito de carburante, se hace sin tener que parar el vehículo. Además, este conmutador indica qué carburante se está utilizando y el nivel del llenado del depósito de GLP.

#### **11.4.12 Emulador (Sólo para vehículos con Inyección Electrónica Multipunto).**

Elemento electrónico que emula el funcionamiento del sistema de inyección, aún cuando realmente no esté en operación, pues se está usando GLP. Por lo tanto, las señales que se reciben del sistema de inyección en el tablero de instrumentos no indican error por el no uso.

#### 11.4.13 Sensor de Oxígeno (Sólo para los vehículos con Inyección Electrónica Multipunto).

Permite conocer la calidad de la mezcla del combustible cuando se está usando GLP, a fin de poder regular convenientemente la alimentación del carburante al múltiple de admisión.

#### 11.4.14 Elementos de Fijación y Conexión.

Los equipos son importados en "Kits" completos que incluyen todos los elementos para fijar los componentes al vehículo y para conectarlos entre sí. Cuenta con cuatro formas diferentes de fijar los depósitos al vehículo, de manera tal que se atiende todas las alternativas posibles. Ver Figura N° 3.

**FIGURA N° 3  
KIT DE CONVERSIÓN GLP**



### **11.5 Tecnología Disponible**

En el Perú se están creando las condiciones para la utilización del gas. El uso de carros a gas GNC es cero, y de GLP es muy pequeño; pero por otro lado la utilización de sistemas de conversión de motores gasolineros a sistemas duales, es decir, de gasolina y GLP, es una alternativa que se está utilizando, y las condiciones tecnológicas son cada vez más favorables en el corto plazo.

Actualmente existen sistemas de conversión que están compuestos por reductores que proporcionan un suministro muy estable debido a su avanzada concepción. Está dotado de una etapa evaporadora de gran eficiencia que acondiciona el combustible para un óptimo rendimiento. Posee, además 2 válvulas solenoide para la interrupción del flujo de combustible con sistema electrónico.

Para instalar este reductor no es necesario perforar el carburador, su adaptación, montaje y desmontaje es sencillo.

### **11.6 Costos de Conversión Gasolina A GLP**

Instalar el equipo de conversión de motor gasolinero a GLP en promedio en el mercado se encuentra entre US\$ 500 a US\$ 800 a más por automóvil incluido IGV e instalación, la diferencia de precios depende de la antigüedad del vehículo, del número de cilindros, las condiciones del vehículo, calidad, garantía y los accesorios adicionales al Kit (extintores internos, etc).

Instalar el equipo de conversión de motor Diesel a GNC en promedio en el mercado se encuentra a US\$ 4 000 incluido IGV.

### **11.7 Requisitos de Infraestructura**

#### **11.7.1 Estación de servicio de GLP**

La inversión para un punto de venta de GLP es de noventa mil (\$ 90 000) dólares para GLP. Estos costos incluyen la compra e

instalación de los tanques y surtidores, acoples y válvulas de carga y sistemas de seguridad y protección.

Asimismo, los costos dependen de la cantidad de carros que se espera atender, lo cual podría incrementar la inversión.

A nivel país existen 10 gasocentros y 51 Estaciones de Servicios de Combustibles Líquidos que expenden GLP, los cuales se encuentran ubicados en los departamentos siguientes: Ancash (1), Arequipa (2), Cajamarca (1), Ica (1), Junín (1), Lambayeque (1), La Libertad (3), Lima - Callao (7), Lima (43), Piura (1).

#### **11.7.2 Estación de servicio de GNC**

La inversión para un punto de venta de GNC es de US\$ 800 000 actualmente existe 04 gasocentros de GNC, ubicados en la provincia de Lima.

Estos costos incluyen conexión a la red de gas, el costo de la estación de compresión, la unidad de almacenamiento, compra e instalación de surtidores, acoples y válvulas de carga y sistemas de seguridad y protección.

Como en el caso del GLP los precios varían de acuerdo a la cantidad de carros que se desea atender y de la calidad de los equipos y sistemas que desea utilizar, lo cual podría disminuir o aumentar los costos.

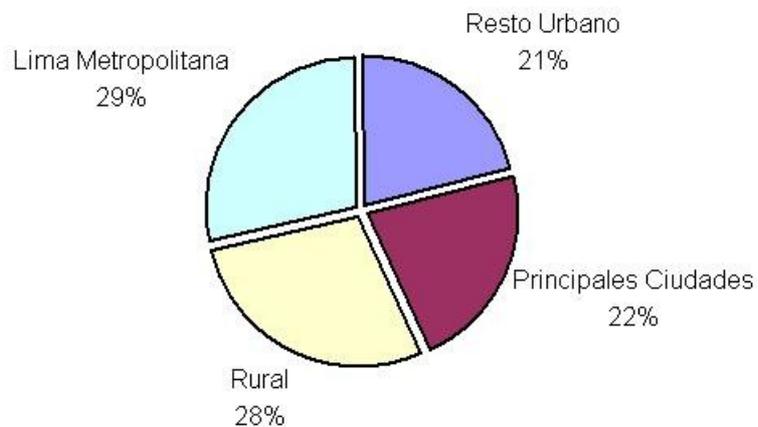
## 12 MERCADO DEL SECTOR TRANSPORTE

Inicialmente podemos considerar el mercado de Lima y Callao que se caracteriza por:

- ✓ Más de 7 millones de usuarios (29% de la población de Perú).
- ✓ 68% del parque automotor nacional.
- ✓ Más del 50% de la actividad económica peruana.
- ✓ 640 MW de capacidad convertible a gas natural.

Ver Grafico N° 9

**GRÁFICO N° 9**  
**CONCENTRACIÓN DEMOGRÁFICA - 2005**



El Sector Transporte constituye un importante mercado potencial para el gas natural de Camisea. Es menos contaminante que los combustibles líquidos. De allí que, sustituir progresivamente estos combustibles por el GLP/GNC en el transporte urbano permitirá reducir el nivel de contaminación del ambiente y un beneficio económico para los usuarios por el menor precio del GLP/GNC.

**GRÁFICO N° 10**  
**CONSUMO DE HIDROCARBUROS POR SECTORES ECONÓMICOS**



Fuente: Balance Nacional de Energía 2003

En el Gráfico N° 10 se puede observar que el 53% del consumo de hidrocarburos lo tiene el Sector Transporte, de allí la importancia de este estudio.

### 13 ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE

El Cuadro N° 24 muestra la estructura de precios de los combustibles, al 31 de diciembre del 2005 (Soles por galón), observándose que un galón de GLP es más económico que un galón de cualquier tipo de gasolina o Diesel. Ver Grafico N° 11

**CUADRO N° 24**  
**PRECIOS AL PÚBLICO DE LOS COMBUSTIBLES - DICIEMBRE 2005**  
**(SOLES POR GALÓN)**

Combustibles	Precio Neto Petroperú (al 31/12/2005)	IMPUESTOS			Precio Explanta (Callao)	Margen Comercial (1)	Precio al Público (*)
		Al Rodaje 8%	Selectivo al Consumo (2)	General a las Ventas (19%)			
GLP (**)	1,78	-	0,14	0,36	2,28	0,98	3,26
Gas 97 Oct.	6,80	0,54	3,85	2,13	13,32	2,09	15,61
Gas 95 Oct.	6,63	0,53	3,62	2,05	12,83	2,06	14,89
Gas 90 Oct.	6,16	0,49	3,31	1,89	11,86	0,98	12,84
Gas 84 Oct.	5,73	0,46	2,60	1,67	10,46	1,03	11,49
Kerosene	6,88	-	1,77	1,64	10,29	1,04	11,33
Diesel 2	6,95	-	1,40	1,59	9,94	0,60	10,54
Pet. Ind. N° 6	4,15	-	-	0,79	4,94	-	-
Pet. Ind. 500	3,92	-	-	0,74	4,66	-	-

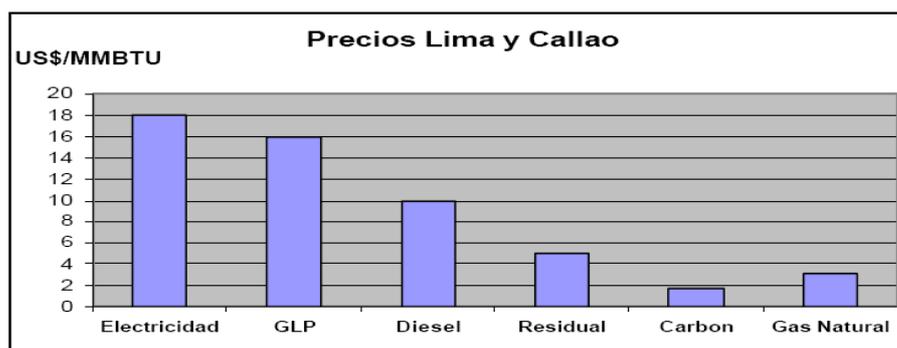
(1) Los márgenes son libres, los valores son estimados (DGH). Incluye el I.G.V. sobre el margen.

(2) El impuesto Selectivo al Consumo, por medio del D.S. N° 025-97-EF, establece montos fijos para cada tipo de combustible.

(\*) Fuente: INEI-DTIE-Dirección Técnica de Indicadores Económicos

(\*\*) Precio expresado en soles por Kilogramo, el factor de conversión del GLP es 2.014 Kg/galón equivalente a S/ 6,52 Soles por Galón.

**GRÁFICO N° 11**  
**Precio US\$/MMBTU**



Fuente: OSINERG-GART, Publicación semanal de precios de combustibles

### 13.1 Impuestos a los Combustibles

Los combustibles están grabados con tres (3) tipos de impuesto:

#### 13.1.1 Impuesto Selectivo al Consumo (I.S.C.)

Grava de manera diferenciada el consumo de un determinado combustible.

El Impuesto Selectivo al Consumo (I.S.C.), aprobado mediante el Decreto Supremo (D.S.) N° 025-97-EF, publicado el 12 de marzo de 1997, establece montos fijos (nuevos soles por galón) para cada tipo de combustible.

Mediante el D.S. N° 083-2003-EF, de fecha 15 de Junio del 2003, modificó los valores del I.S.C. de los combustibles.

Asimismo, el 17 de Agosto del 2004, mediante el D.S. N° 112-2004-EF, se modifican el I.S.C. del Kerosene, Diesel y GLP, posteriormente el 06 de Noviembre del 2004, se modificó una vez más el I.S.C. del diesel mediante el D.S. N° 152-2004-EF.

El D.S. N° 044-2006-EF, de fecha 13 de abril del 2006 modifica el ISC aplicable a los combustibles:

<b>Producto</b>	<b>Monto en nuevos soles</b>
<b>Gasolinas para motores.</b>	
Hasta 84 octanos.	S/. 2,35 por galón
Más de 84 hasta 90 octanos	S/. 3,05 por galón
Más de 90 hasta 95 octanos	S/. 3,32 por galón
Más de 95 octanos	S/ 3,55 por galón.

El D.S. N° 051-2006-EF, de fecha 25 de abril del 2006 modifica el ISC aplicable a los combustibles:

<b>Producto</b>	<b>Monto en nuevos soles</b>
-----------------	------------------------------

**Gasolinas para motores.**

Hasta 84 octanos	S/. 2,25 por galón
Más de 84 hasta 90 octanos	S/. 2,96 por galón
Más de 90 hasta 95 octanos	S/. 3,32 por galón
Más de 95 octanos	S/. 3,45 por galón
Queroseno y Carburantes Turbo A-1	S/. 2,00 por galón
Gasoil	S/. 1,74 por galón

**13.1.2 Impuesto al Rodaje**

Grava el consumo de combustibles utilizados en el sector automovilístico (gasolinas), exceptuando entre estos al gas licuado de petróleo (GLP), kerosene, Diesel y petróleos residuales. El porcentaje asciende al 8% sobre el precio Ex-Refinería.

**13.1.3 Impuesto General a las Ventas (I.G.V.)**

Grava el consumo de todos los combustibles y cuyo porcentaje es de 16%, al cual se le adiciona el Impuesto de Promoción Municipal (2%); lo cual hace un total de 18% que se aplica sobre el monto que resulta de la suma del precio Ex -Refinería, el ISC y el Impuesto al Rodaje.

Posteriormente, la Ley N° 28033, publicado el 16 de julio del 2003, Ley que modifica la Ley del Impuesto General a las Ventas e Impuesto Selectivo al Consumo, dispone el incremento temporalmente de la tasa del IGV del 18 al 19% hasta el 31 de diciembre del 2004.

Asimismo, de conformidad con la Segunda Disposición Final de la Ley N° 28426 “Ley de Equilibrio Financiero del Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2005” publicado el 21/12/2004, vigente a partir 01/01/2005; establece que la tasa

del Impuesto General a las Ventas será de 17% hasta el 31/12/2005.

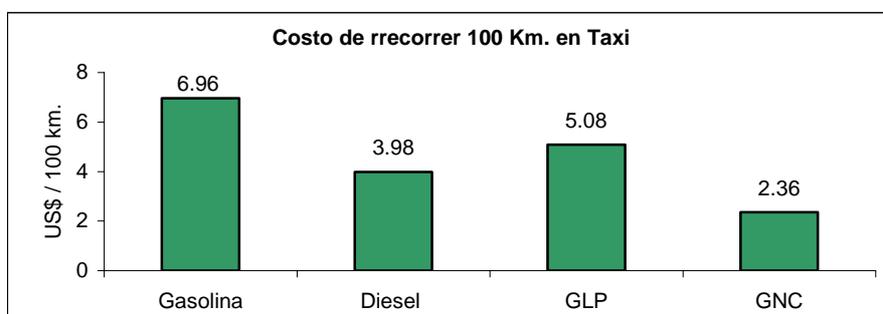
Por otro lado, en el Cuadro N° 25 se observa el precio en unidades energéticas, y se distingue que el GLP es más caro que el Diesel, pero más económico que la gasolina.

**CUADRO N° 25**  
**PRECIO DE COMBUSTIBLE EN UNIDADES ENERGÉTICAS**  
**(Soles/Galón)**

Productos	Precio Productor	Impuestos		IGV (19%)	Precio Ex Planta	Margen Comercial	Precio al Público	P.C. (BTU/gal)
		Rodaje (8%)	ISC					
Gasolinas	6,33	0,51	3,35	1,94	12,18	1,59	13,75	117 479
Diesel	6,95		1,40	1,59	9,94	0,60	10,54	130 215
GLP	3,58		0,28	0,72	4,58	1,97	6,57	97 500

Una forma ilustrada de mostrar el rendimiento de los diferentes combustibles utilizados en el parque automotor es mediante el ejemplo mostrado en el Gráfico N° 12 donde se observa el costo de un taxi en recorrer 100 Km, de esta gráfica se concluye que el GLP es más caro que el Diesel y más económico que las gasolinas.

**GRÁFICO N° 12**  
**COSTO DE ALTERNATIVAS**



En el Cuadro N° 26 se muestra los precios equivalentes por galón de combustible con la intención de ilustrar las diferencias

en precio por unidad energética y la diferencia en rendimientos energéticos de los principales combustibles utilizados en el Sector Transporte.

#### CUADRO N° 26

##### DETALLE DE LOS PRECIOS DE ENERGÍA POR GALÓN

Combustible	Unidad	Precio S/.	Precio US \$	US \$ por MMBTU
GLP	Galón	7,37	2,10	21,54
97 octanos	Galón	14,52	4,14	35,06
90 octanos	Galón	11,76	3,36	28,57
84 octanos	Galón	10,39	2,96	25,45
Diesel	Galón	9,26	2,64	20,27

Fuente: Instituto Canadiense de Desarrollo de la Industria del Petróleo

t.c. = S/.3.5 por dólar americano

#### 13.1.4 Precio Ex Planta de los Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo

Fórmula del Cálculo:

Precio Ex - Planta = Precio Ex - Refinería + ISC+ Imp. al Rodaje + IGV .....(\*\*).

Ejemplo:

Cálculo del precio ex planta de la gasolina de 84 octanos, en Nuevos Soles por galón (Al 31 de diciembre del 2005):

\* Precio Ex-Refinería: Se toma el Precio publicado por PETROPERU S.A.

Precio Ex - Refinería Gasolina 84 Octanos = S/. 5,73 / galón

\* ISC: Monto en S/. / galón

ISC = S/. 2,60 / galón

\* Impuesto al Rodaje (8% Precio Ex Refinería) = 0,08 x Precio Ex Refinería = 0,08x 5,73 = 0,4584

Imp. al Rodaje = S/. 0,46 / galón

\* IGV (19% = 0,19 x (Precio Ex Refinería + ISC + Imp. al Rodaje)

IGV = 0,19 (5,73+2,60+0,46)

IGV = 0,19 (8,79) = 1,67

IGV = S/. 1,67 / galón

Reemplazando valores en la fórmula (\*\*)

Precio Ex - Planta = Precio Ex - Refinería + ISC+ Imp. al Rodaje + IGV .....(\*\*).

Precio Ex Planta = 5,73+2,60+0,46+1,67 = S/. 10,46 Nuevos soles / galón

Precio al público = Precio Ex Planta + margen de comercialización

Precio al público = S/. 10,46 / galón + S/.1,03 / galón

Precio al público = S/. 11,49 nuevos soles / galón

### 13.1.5 Precio Ex Planta del GLP

Fórmula del Cálculo:

Precio Ex - Planta = Precio Ex - Refinería + ISC+ Imp. al Rodaje + IGV .....(\*\*).

Ejemplo:

Precio de la Refinería = Se toma el precio publicado por PETROPERU S.A. expresado en soles por Kilo.

\* Precio de la Ex Refinería GLP = S/. 1,78 soles / kilo

\* ISC = monto en S/. / Kilo

ISC = S/. 0,14 / kilo

\* Impuesto al Rodaje = 0%

\* IGV (19%) = 0,19 (Precio Ex - Refinería + ISC + Imp. Rodaje)

$$\text{IGV} = 0,19 (1,78 + 0,14 + 0)$$

$$\text{IGV} = 0,19 (1,92)$$

$$\text{IGV} = \text{S/} 0,36 / \text{kilo}$$

Precio Ex Planta = Precio Ex – Refinería + ISC+ IMP al Rodaje +IGV .. .. (\*\*)

Reemplazando valores en (\*\*)

$$\text{Precio GLP S/} / \text{kilo} = 1,78 + 0,14 + 0 + 0,36$$

Precio GLP S/ / Kilo = 2,28 + margen de ganancia

$$\text{Precio GLP S/} / \text{Kilo} = 2,28 + 0,98 = \text{S/} 3,26 / \text{Kilo}$$

Factor de corrección del GLP para pasar a un galón de GLP

$$\text{S/} 3,26 / \text{kilo} \times 2,014 \text{ Kg} = \text{S/} 6,56 \text{ soles} / \text{galón}.$$

El precio al público esta conformado por el precio Ex Planta más el margen de comercialización, el cual se rige por la oferta y la demanda según lo establecido en la Ley General de Hidrocarburos.

#### 14 RENTABILIDAD DE LOS ESQUEMAS DE CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS GASOLINEROS A GLP

En términos energéticos, y considerando el poder calorífico del Diesel N° 2 y de la Gasolina, se puede determinar el requerimiento de energía de cada tipo de usuario, obteniéndose un consumo de 255,8 y 320,8 millones de BTU para el Taxi a Diesel y Gasolina, respectivamente. Ver Cuadro N° 27.

**CUADRO N° 27**  
**RENTABILIDAD DEL GLP**

Consumos						
Vehículo	Rendimiento km/Gal	Recorrido		Días de trabajo		
		km/Día	Km/Año	Días/Semana	Semanas/Año	Días/Año
Taxi a Diesel	50	300	93 600	6	52	312
Taxi a Gasolina	36	300	93 600	6	52	312
Vehículo	Consumo de Combustible		Consumo de Energía		Con GLP	10*6 BTU/Año
	Gal/Año	Bls/Año	10*6 BTU/BI	10*6 BTU/Año		
Taxi a Diesel	1 872,0	44,6	5, 736	<b>255,8</b>		<b>296,6</b>
Taxi a Gasolina	2 600,0	62,0	5, 176	<b>320,8</b>		<b>296,6</b>
*GLP			4, 055			
Economía con Combustibles Líquidos						
Vehículo	Moneda Local				Pago US\$/Año	Respecto al GLP
	S/. Gal	US\$/Gal	US\$/BI	US\$/10*6 BTU		
Taxi a Diesel	9,16	2,80	117,79	20,50	5 253,43	<b>-16%</b>
Taxi a Gasolina	10,27	3,14	132,06	25,50	8 187,72	<b>26%</b>
* GLP	6,98	2,14	89,78	22,10	6 080,30	

Tipo de Cambio 3,27 S/. / US\$

\* GLP: Fuente ww.cte.org.pe

Del cálculo efectuado se determina que el consumo anual de gasolina es igual a 217 galones por mes, es decir 5,2 barriles por mes. Si consideramos que en promedio la gasolina tiene un Poder Calorífico Superior (PCS) de 5,176

MMBTU, entonces la energía mensual y anual consumida sería de 26,91 MMBTU y de 294 MMBTU/Año respectivamente, para el taxi a gasolina.

El consumo anual de diesel es igual a 156 galones por mes, es decir 3,7 barriles por mes. Si consideramos que el diesel tiene un Poder Calorífico Superior (PCS) de 5,736 MMBTU, entonces la energía mensual y anual consumida sería de 21,22 MMBTU y 255 MMBTU/Año respectivamente, para el caso del taxi a diesel.

El precio del Diesel N° 2 y de la Gasolina 84 octanos a febrero del 2005, en Lima, es de S/.9,16 y S/.10,27 Nuevos Soles por Galón, respectivamente. Considerando un tipo de cambio de 3,27 S/. / US\$ y que un Barril tiene 42 galones, se puede calcular el precio al público de dicho combustible en US\$ / Barril, resultando los valores de US\$ 117,79 / barril y US\$ 132,062 / barril para el Diesel y la Gasolina, respectivamente.

El precio del Diesel N° 2 y de la Gasolina (US\$ / BI) en términos de la energía contenida se determina dividiendo el precio por el Poder Calorífico Superior (PCS), con lo cual se obtiene un valor de 20,50 y 25,50 US\$ por millón de BTU (US\$ / MMBTU) para el Diesel N° 2 y la Gasolina, respectivamente.

La factura pagada por concepto del combustible en un Taxi a Diesel N° 2 y uno a Gasolina resulta en 5 253,43 y 8 187,72 US\$ al año, es decir que el taxista a Diesel N° 2 ahorra 2 933,89 US\$/Año respecto a uno de gasolina por el mismo recorrido.

En el Cuadro N° 27 se observa que, la conversión de un taxi de motor Diesel a GLP económicamente no se justifica porque el Diesel es más económico que el GLP, siendo un factor limitante para la conversión al sistema dual.

Por otro lado, se observa que es rentable convertir un taxi gasolinero a GLP, porque el GLP es más económico que la gasolina, asimismo, el periodo de recuperación de la inversión es corto y la conversión es ecológicamente sustentable.

La variable distancia recorrida en un período de tiempo es bastante determinante para la toma de decisiones entre si seguir con un determinado

tipo de motor o cambiarlo, es decir; menor distancia recorrida en una unidad de tiempo resulta menos rentable hacer un cambio de motor gasolinero a GLP.

Asimismo, la conversión de un motor gasolinero a GLP es rentable y su variación es muy pequeña con el aumento de la tasa de interés, esto hace que el financiamiento para convertir motores Gasolineros a GLP sea una alternativa bastante atractiva ya sea para los prestamistas o para los beneficiarios de este préstamo.

La conversión de motores gasolineros a GLP/GNC es bastante rentable, siendo el GNC un poco más rentable que el GLP durante el periodo de recuperación de capital. Es importante recalcar que una vez recuperada la inversión el GNC es mucho más rentable que el GLP.

Por otro lado, la inversión realizada para la instalación de una Estación de Servicio de abastecimiento de GLP es 10 veces menor que una de GNC, asimismo, en el Perú actualmente existen estaciones de servicio de GLP en las principales ciudades del territorio nacional, lo cual favorece la utilización de este combustible.

#### 14.1 Cálculo de la Rentabilidad de los Esquemas de Conversión

##### **GASOLINA 84 OCTANOS**

Precio de la gasolina	\$ 3,15 / gal
Para un motor que consume	36 Km. / gal.
Un Taxi recorre	300 Km. / día
En un mes será:	7200 Km. / mes
Facturación por mes de gasolina = 205,7 gal / mes x \$ 3,15 / gal.	
	<b>= \$ 647,95 / mes</b>

##### **G.L.P.**

Precio del G.L.P.	\$ 20,00 /MMBTU
Un vehículo recorre	\$ 5,08/100km
Para la misma cantidad de km.	
Facturación por mes de G.L.P = (\$5,08 / 100 km ) x (7 200 km/mes)	
	<b>= \$ 365,76 / mes</b>

Beneficio del G.L.P.

$$\text{\$ } 647,95 / \text{MES} - \text{\$ } 365,76 / \text{MES} = \text{\$ } 282,19 / \text{MES}$$

Ahorro en la Facturación Mensual por uso de G.L.P. : **\\$ 282.19 / MES**

#### 14.1.1 Análisis económico

##### 14.1.1.1 Gastos Operativos

La conversión de un vehículo de Gasolina a G.L.P.

\\$ 800.00 DOLARES AMERICANOS

##### 14.1.1.2 Flujo de Caja Económico

$$\text{Ingreso} = 282,19 \text{ \$/mes} = 3\,386,28 \text{ \$/anual}$$

$$\text{Gastos Operativos} = (\text{\$}800 + \text{\$}1200) = 2\,000,00 \text{ \$/anual}$$

Flujo de Caja = Ingresos - Gastos Operativos

$$\text{Flujo de Caja} = 3\,386,28 - 2\,000 = 1\,386,28 \text{ \$/anual}$$

$$\text{VAN} = -2000 + (\text{FC1} / (1+r)^n)$$

Donde:

r = Tasa de descuento promedio 12% (variable en el mercado)

n = años

FC1 = Flujo de caja en el primer año

Evaluando para n=2 años, tenemos:

$$\text{VAN} = -2000 + (\text{FC1} / (1+r)^1) + (\text{FC2} / (1+r)^2) + (\text{FC3} / (1+r)^3)$$

$$\text{VAN} = -2000 + (1\,386,28 / (1,12)) + (1\,386,28 / (1,12)^2)$$

$$\text{VAN} = \text{\$ } 342,88 \text{ DOLARES AMERICANOS (al cabo de 2 años)}$$

##### 14.1.1.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR es cuando el VAN es cero

$$\text{VAN} = -1\,200 + \frac{\text{FC1}}{(1+r)} + \frac{\text{FC2}}{(1+r)^2} + \frac{\text{FC3}}{(1+r)^3}$$

Donde:

FC1, FC2, son conocidos anteriormente

Resolviendo cuando VAN = 0

r = 25% > tasa de descuento (12%) , por lo tanto es rentable el proyecto

#### 14.1.1.4 Tiempo de recuperación.

$$T = (800 + 1\,200/12) / \$ 282,19 = \$ 900 / \$ 282,19 = 4 \text{ meses}$$

### 14.2 Ventajas del Uso del GLP

La conveniencia de la utilización del GLP respecto a la gasolina resulta ventajosa, considerando los 3 factores más importantes:

- ✓ Volatilidad.
- ✓ Octanaje.
- ✓ Limpieza de combustión resultan favorables al GLP.

#### 14.2.1 Volatilidad

La volatilidad de la gasolina resulta importante para su comportamiento en el motor, en razón de que en el interior de los cilindros se comprime una mezcla de gases, por lo cual debe vaporizarse en el carburador o a partir de los inyectores antes de ingresar a los cilindros.

Las temperaturas a las que estos hidrocarburos se convierten de líquido en vapor no sólo son importantes en la producción del combustible, sino también en su performance dentro del motor.

La volatilidad afecta la performance del motor de varias maneras. Si es demasiado baja el motor puede ser difícil de arrancar y tomar un tiempo para calentar. Si es demasiado alta puede haber problemas de obstrucción o de rendimiento irregular en clima caliente.

La utilización de GLP, tratándose directamente de gases, facilita la dosificación y mezcla con el aire.

#### 14.2.2 El Número de Octano

El número de octano de un combustible es una referencia práctica de su comportamiento respecto al golpeteo que se producirá en un motor.

Expresa su capacidad antidetonante al ser comprimido y calentado en el interior del cilindro. Las gasolinas comerciales tienen valores cercanos a 100 (84, 90, 95, 97) y en la medida que se aproximen a este valor, permitirán utilizar motores con una relación de compresión entre 7 y 9.

El GLP es una mezcla propano y butano y tiene un número octano más alto que la gasolina (103-106), por lo cual podría emplearse en motores con mayor relación de compresión en los cilindros; sin embargo, considerando que se mantienen ambas posibilidades de combustión en los motores y que el GLP posee menor poder calorífico por volumen que la gasolina, al operar con GLP el rendimiento disminuye.

#### **14.2.3 Limpieza de Combustión**

Siendo la gasolina una mezcla de más de 100 hidrocarburos, presentará una fracción de componentes que podrían no completar su combustión en el motor, constituyendo emisiones contaminantes al ser descargados a la atmósfera. En el caso del GLP, debido a que no tienen que atomizarse para ser inyectados y su facilidad de combustión, la posibilidad de emisiones contaminantes es mucho menor.

## 15. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CONSUMO DE GLP EN EL SECTOR TRANSPORTE

### 15.1 Ventajas:

- ✓ Niveles de emisión de gases contaminantes son menores en comparación de la Gasolina y el Diesel, esto trae como consecuencia la disminución de los gases que agravan el efecto invernadero provocado por la emanación de dióxido de carbono.
- ✓ El uso del GLP permite disminuir el monóxido de carbono.
- ✓ El gas no produce desechos sólidos
- ✓ Mayor durabilidad del vehículo y menores costos de mantenimiento.
- ✓ El uso de GLP en la conversión de gasolina a gas: usar la mezcla: Gas + Gasolina + Aire, aumentando el número de octano, esto permite utilizar gasolinas de bajo octanaje.
- ✓ Toxicidad:
  - ↓ CO en 3 - 4 veces
  - ↓ NOx en 1,2 – 2,0 veces
  - ↓ CH en 1,2 – 4,0 veces
  - ↓ C en 2,0 – 4,0 (Diesel) veces
  - ↓ CO<sub>2</sub> en 25%
- ✓ Ruido:
  - ↓ Ruido (Encendido por chispa ) (8 - 9 Db)
  - ↓ Ruido (Gas 3-8 Db)
- ✓ Economía:
  - \* Precio de gasolina de bajo octanaje ↓
  - \* Precio de combustibles pesados ↓
- ✓ Vida útil Motor a gas = 1,5 vida útil (carburador, gasolina, diesel)
- ✓ Tiempo de trabajo del aceite = 1,5 – 2,0 (carburador, gasolina, diesel)

- ✓ Consumo de aceite ↓ 10 - 12%
- ✓ El uso del gas ayudaría a reducir, incluso a desaparecer, el déficit de la Balanza Comercial de Hidrocarburos.
- ✓ El Estado tiene que aprovechar los recursos energéticos que se tienen en el Perú y el Gas natural es una gran alternativa.
- ✓ Menor costo en el mercado respecto de otros combustibles.
- ✓ Existen alternativas de financiamiento para la conversión de vehículos gasolineros o petroleros a gas.

### 15.2 Desventajas:

- ✓ Tanque grande y de gran peso, especialmente en el caso de GNC.
- ✓ Difícil predecir costo de mantenimiento a futuro.
- ✓ El uso del GLP requiere de información y capacitación.
- ✓ Inicialmente: falta de infraestructura de gasocentros.
- ✓ Riesgos adicionales de operación (alta presión).
- ✓ Para el ómnibus (grande y con ruta fija) éstas desventajas están referidas a las instalaciones y tiempo de carga de combustibles.
- ✓ El contacto con el gas natural licuado puede causar congelamiento
- ✓ La absorción de los vapores causan daños físicos y mentales en el ser humano.
- ✓ Inspecciones periódicas de los tanques.
- ✓ Actualmente no existe una cultura de uso del gas en el país.
- ✓ Existen pocos puntos de venta de GLP a nivel nacional..
- ✓ Para que un motor a GLP funcione igual que un motor gasolinero debe aumentar su volumen en un 45%, y en general un motor a gas no solo aumenta el volumen del vehículo también aumenta su peso.

## 16 CONCLUSIONES

- ✓ La conversión de vehículos a gasolina a GLP es factible tecnológicamente, poco a poco su infraestructura en el Perú va en aumento, lo cual la hace rentable
- ✓ El uso del GLP es rentable, debido que a nivel nacional existen gasocentros de GLP, y además la inversión se recupera a corto plazo.
- ✓ El gas de Camisea es un recurso natural que constituye una gran oportunidad para el consumo de GLP en el Perú.
- ✓ Las reservas de gas en el Perú son grandes, por lo que un incremento de la demanda en el futuro no ejercerá variación en los precios.
- ✓ El GLP permiten una combustión mas limpia y su costo es significativamente menor que la gasolina, siendo el GLP la alternativa económica más inmediata en nuestro País.
- ✓ Para que los motores de encendido por chispa puedan funcionar con GLP se requieren ciertas adaptaciones.
- ✓ Para el caso del GLP se emplea adicionalmente un evaporador para transformar el gas líquido en vapor antes de que el gas ingrese al mezclador aire - combustible.
- ✓ El GLP posee un elevado número de octanaje, debido a lo cual es posible una mayor relación de compresión en el motor y de este modo obtener una mayor eficiencia que un motor convencional gasolinero.
- ✓ El GLP permite mayor capacidad de almacenamiento en el vehículo por cuanto se puede fácilmente llenar el tanque en estado líquido.
- ✓ Para que un automóvil que funciona con gasolina mantenga su misma energía cuando funciona con GLP, el tanque adicional de combustible deberá aumentar aproximadamente en un 45% su volumen.
- ✓ Existe gran mercado para el combustible GLP, en el servicio de taxi y camionetas rurales

- ✓ En las actuales condiciones técnicas y económicas del país, los inversionistas prefieren invertir en gasocentros a partir de GLP, dado que existen las condiciones para este tipo de inversión.

**17 RECOMENDACIONES**

- ✓ Incentivar la conversión de vehículos a través de fuentes de financiamiento.
- ✓ Mejorar la infraestructura, equipamiento y operación del sistema.
- ✓ Promover el desarrollo de la infraestructura de centros de ventas de gas.
- ✓ Desarrollar estrategia de comunicación y educación de la cultura del gas.
- ✓ Ejecución de un plan masivo, en el Sector Transporte, para el consumo y uso del GLP en automóviles.
- ✓ Se debe fomentar la competencia en las Estaciones de Servicio y en caso necesario regular el margen de comercialización a fin de que los beneficios del GLP lleguen a los clientes y permita pagar las inversiones.
- ✓ Dar leyes ambientales que fomenten el uso del gas y castiguen el uso de otros combustibles contaminantes.
- ✓ Debido a que en nuestro medio no existe cultura de gas, se hace necesario que el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Hidrocarburos y las Municipalidades Departamentales inicien una campaña de incentivo al uso del gas, por medio de normas, reglamentos, etc. a fin de adquirir los equipos necesarios, así mismo, la supervisión debe estar a cargo de las respectivas municipalidades, quienes son las encargadas de otorgar el certificado de revisión técnica anual a todos los vehículos en general.

## 18. GLOSARIO DE TERMINOS Y DEFINICIONES

- AAP : Asociación de Automotrices del Perú.
- ARAPER : Asoc. de Representantes Automotrices del Perú.
- B/d : Barriles por día.
- Benzopireno: Es un hidrocarburo policíclico aromático de mayor factor de riesgo, puede desencadenar desórdenes celulares produciendo cáncer  
  
Esta considerada como una sustancia peligrosa debido a su potencial tóxico en la salud humana.
- BTU : British Thermal Unit (Unidad de Calor). Es el calor requerido para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit. Es la unidad preferida en la comercialización del gas.
- CO : Monóxido de Carbono.
- CO<sub>2</sub> : Dióxido de Carbono.
- CENERGIA : Centro de Conservación de Energía y del Ambiente.
- City Gate : Es la puerta de entrada del gas natural a la ciudad. Allí se procede a la medición del volumen del gas recibido, así como al filtrado, reducción de presión y odorización del mismo.
- CFC : Clorofluocarbono.
- COPRI : Comisión de Promoción de Inversión Privada.
- CTE : Comisión de Tarifas Eléctricas.
- DIESEL : Combustible para uso en motor industrial.
- DGH : Dirección General de Hidrocarburos.
- Efecto Invernadero: Calentamiento por retención de la radiación solar reflejada.
- FC : Flujo de Caja

- GPA : Asociación de Procesadores de Gas.
- GLP : Gas Licuado de Petróleo.
- Gas Natural : Mezcla de hidrocarburos en estado gaseoso, constituida predominantemente por metano.
- GNC : Gas Natural Comprimido.
- Gasocentro : Lugar donde se expende gas.
- Gasolina : Combustible para uso automotor.
- G/Km : Gramos por kilómetro.
- HAP : Contaminantes Atmosféricos Peligrosos.
- IGV : Impuesto General a las Ventas
- ISC: : Impuesto Selectivo al Consumo
- MW : Mega watt.
- MBLS : Miles de Barriles.
- MMBLS : Millones de Barriles.
- MMBTU : Millón de BTU.
- MINEM : Ministerio de Energía y Minas.
- MTCVC : Ministerio de Transportes Comunicación Vivienda y Construcción.
- MCI : Motores de Combustión Interna.
- NO : Monóxido de Nitrógeno.
- NO<sub>2</sub> : Dióxido de Nitrógeno.
- OPEP : Organización de Países Petroleros.
- OSINERG : Organismo Supervisor de la Inversión en Energía.
- OTERG : Oficina Técnica de Energía - MINEM.

- NOx : Óxidos de Nitrógeno
- O3 : Ozono.
- MMUS\$ : Millones de dólares americanos.
- psi : Libras por pulgada cuadrada.
- PM : Material Particulado.
- ppm : Partes por millón.
- PETROPERU S.A. : Petróleos del Perú S.A.
- PC : Poder calorífico.
- PCS : Poder Calorífico Superior.
- % : Porcentaje.
- Ralentí : Número de revoluciones por minuto al que funciona un motor de explosión cuando no está acelerado. En condiciones normales es estable, pero puede aumentar si – por ejemplo- entra en funcionamiento el aire acondicionado. Normalmente está entre 700 y 1 100 rpm.
- SO2 : Dióxido de azufre.
- SOx : Óxidos de azufre.
- TIR : Tasa de Retorno
- TEP : Tetraetílico de Plomo.
- Tep : Toneladas equivalentes de petróleo = 7.2 bls
- t/año : Toneladas por año
- t/d : Toneladas por día.
- UE : Unión Europea.
- VAN : Valor Actual Neto
- VOC : Compuestos Orgánicos Volátiles.

**EQUIVALENCIAS**

- MBTU = Miles de BTU
- 1 BI Residual Nº 2 = 6,222 MBTU
- 1 BI Diesel Nº 2 = 5,736 x 10<sup>6</sup> BTU
- 1 BI Gasolina = 5,176 x 10<sup>6</sup> BTU
- 1 BI GLP = 4,055 x 10<sup>6</sup> BTU
- 1 Balón 10 Kg de G LP = 0,470 MBTU
- 1 MWh de Electricidad = 3,412 MBTU
- Poder Calorífico del GN = 28,317 m<sup>3</sup>/MBTU
- Volumen = 35,315 PC/m<sup>3</sup>
- US gal LPG = 91,589 BTU
- 1 Litro de GLP = 25,530,000 Joules
- 1 US gal = 3,785 Litros
- 1 US gal GNC = 2,46 Kgm. GNC

**Datos Prácticos**

- 1 millón BTU = 1 000 ft<sup>3</sup> de gas
- 1 millón BTU = 6,7 gal Petróleo industrial
- 1 millón BTU = 10,2 gal de GLP.
- 1 millón BTU = 39 Kg antracita / bituminoso
- 1 millón BTU = 293 Kwh

BTU * 0,001:		pies cúbicos de gas
1 m3	:	35,3147 ft3
1 m3	:	6,2897 bls
1 bls US	:	0,158988 m3
1 bls US	:	5,6114 ft3
1 pie cúbico gas:		0,02832 m3 gas

## 19. BIBLIOGRAFÍA

- ALGUERI RICARDO C. (2001). "Experiencia en la Conversión de Vehículos a GNC".

Simposio "Gas Natural Comprimido como opción para Reducir las Emisiones Gaseosas en el Transporte Urbano". 27 Junio 2001. ALURE - Proyecto "Eficiencia Energética en Sector Productivo y Transporte". Junio 2001.

- AGUINAGA JORGE. (2001) "Eficiencia Energética en el Sector Productivo y Transporte Urbano".

Simposio "Gas Natural Comprimido como opción para Reducir las Emisiones Gaseosas en el Transporte Urbano". 27 Junio 2001. ALURE - Proyecto "Eficiencia Energética en Sector Productivo y Transporte". Junio 2001.

- CÁCERES GRAZIANI LUIS. (2000). "El Gas Natural".

Publicado por Comité de Administración de los Recursos de Capacitación - CAREC del Ministerio de Energía y Minas. Lima Perú, Mayo 2000.

- CENERGIA, (1999). Estudio "Campaña de Muestreo de Gases de Escape de Vehículos a Gasolina en Lima y Callao". CENERGIA, Diciembre de 1999.

- CENERGIA, (1999). "Estudio "Campaña de Mediciones de Humos en el Transporte Urbano de Pasajeros en Lima - Callao y Huarochiri".

- Proyecto ALURE N° ALR/B7-3011/95/042 "Eficiencia Energética en el Sector Productivo y Transporte. Diciembre 1999.

- DÍAZ JOSÉ LUIS "El Gas Natural Comprimido como opción para reducir Emisiones Gaseosas en el Transporte Urbano". CENERGIA .

- ESPINOZA LUIS. (2001) "Tarifas de Gas Natural Comprimido para Transporte". Simposio "Gas Natural Comprimido como opción para Reducir las Emisiones Gaseosas en el Transporte Urbano". 27 Junio 2001. ALURE - Proyecto "Eficiencia Energética en Sector Productivo y Transporte". Junio 2001.

- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (1997) “Anuario Estadístico de Hidrocarburos 1996-1997”. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos. Lima, Perú.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (1998). “Plan Referencial de Hidrocarburos”. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos. Lima, Perú.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2001). “Balance Nacional de Energía 2000” - Ministerio de Energía y Minas, Oficina Técnica de Energía. Lima, Perú 2001.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2002). “Balance Nacional de Energía 2001” - Ministerio de Energía y Minas, Oficina Técnica de Energía. Lima, Perú 2002.
- TAPIA GRILLO JUAN. (2001). “Diagnóstico Energético Ambiental del Transporte en Lima y Callao”. Simposio “Gas Natural Comprimido como opción para Reducir las Emisiones Gaseosas en el Transporte Urbano”. 27 Junio 2001. ALURE - Proyecto “Eficiencia Energética en Sector Productivo y Transporte”. Junio 2001.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. (2001). “Gas de Camisea UNI - Promoviendo la Cultura del Gas Natural”. Facultad de Ingeniería Mecánica - UNI (Folleto). Lima, Perú.

Paginas WEB Revisadas:

- [www.mem.gob.pe/publica/shh/octubre01/producción](http://www.mem.gob.pe/publica/shh/octubre01/producción), Ministerio de Energía y Minas (MINEM).
- [www.mem.gob.pe/publica/shh/octubre01](http://www.mem.gob.pe/publica/shh/octubre01), Ministerio de Energía y Minas (MINEM).
- [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe), Instituto Nacional de Estadística e Informática. (INEI)
- [www.cte.org.pe](http://www.cte.org.pe), Comité de Tarifas Eléctricas - Organismo Supervisor de la Inversión Energética (OSINERG).

- [www.oterg.org.pe](http://www.oterg.org.pe), Ministerio de Energía y Minas (MEM), Oficina Técnica de Energía. (OTERG).
- [www.cope.petroperu.com](http://www.cope.petroperu.com), Petróleos del Perú S.A. PETROPERU.
- [www.inlab.com.ar](http://www.inlab.com.ar); [Instituto Petrolero Argentino](#)
- <http://omega.ilce.edu.mx> [Instituto Petrolero Mexicano.](#)
- <http://es.wikipedia.org>; [Enciclopedia](#)

## INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1	Vehículos Gasolineros Evaluados.....	12
CUADRO N° 2	Emisiones Diarias Promedio de la Muestra Gasolinera.....	12
CUADRO N° 3	Emisiones Estimadas del Parque Departamental Gasolinera	13
CUADRO N° 4	Límites Permisibles para Vehículos Gasolineros.....	13
CUADRO N° 5	Parque Automotor - Lima.....	14
CUADRO N° 6	Resumen de Vehículos Diesel Evaluados.....	15
CUADRO N° 7	Emisiones Promedios Diarias/Vehículos a Diesel.....	16
CUADRO N° 8	Emisiones Diarias Promedio por Recorrido / Diesel.....	16
CUADRO N° 9	Emisiones Totales del Parque Vehicular Diesel.....	17
CUADRO N° 10	Emisiones Totales de Gases del Parque Vehicular.....	17
CUADRO N° 11	Requisitos de calidad GLP automotriz.....	30
CUADRO N° 12	Valores del N° Octanos/Componentes del GLP.....	31
CUADRO N° 13	Mezclas de Propano Butano Comercial.....	31
CUADRO N° 14	Balanza Comercial de Petróleo y Derivados.....	40
CUADRO N° 15	Proyección de las Importación Petróleo Crudo.....	42
CUADRO N° 16	Proyección de las Exportación Petróleo Crudo.....	42
CUADRO N° 17	Reservas Probadas Camisea.....	45
CUADRO N° 18	Demanda de Energía por Fuente.....	51
CUADRO N° 19	Parque Automotor Nacional y Departamental Lima Año 2005	52
CUADRO N° 20	Parque Automotor de Lima-Callao según Clase de Vehículos	53
CUADRO N° 21	Emisiones Unitarias de Contaminantes.....	58
CUADRO N° 22	Composición Volumétrica Gases de Escape.....	60

CUADRO N° 23	Compuestos emitidos al Medio Ambiente.....	62
CUADRO N° 24	Precio al Público de Combustibles.....	76
CUADRO N° 25	Precio de los Combustibles en unidades Energéticas.....	79
CUADRO N° 26	Detalle de los Precios de Energía por Galón.....	80
CUADRO N° 27	Rentabilidad del GLP.....	83

### INDICE DE GRÁFICOS

		Página
GRÁFICO N° 1	Crecimiento Población Lima.....	19
GRÁFICO N° 2	Evolución del Parque Automotor.....	20
GRÁFICO N° 3	Producción y Venta de Petróleo.....	35
GRÁFICO N° 4	Producción y Venta de GLP.....	36
GRÁFICO N° 5	Producción y Venta de Gasolinas.....	37
GRÁFICO N° 6	Producción y Venta de Diesel.....	38
GRÁFICO N° 7	Balanza comercial.....	41
GRÁFICO N° 8	Proyección Balanza Comercial.....	43
GRÁFICO N° 9	Concentración Demográfica.....	74
GRÁFICO N° 10	Consumo de Hidrocarburos por Sector Económico.....	75
GRÁFICO N° 11	Precios US\$/MMBTU.....	76
GRÁFICO N° 12	Costos de Alternativas.....	79

**INDICE DE FIGURAS**

	Página
FIGURA N° 1 Producción de GLP en Refinerías.....	28
FIGURA N° 2 Producción de GLP en Plantas de Fraccionamiento.....	29
FIGURA N° 3 Kit de Conversión de GLP.....	71

**INDICE DE TABLAS**

	Página
Tabla N° 1 Relación Aire - Combustibles	33
Tabla N° 2 Producción y Demanda de Petróleo	34
Tabla N° 3 Producción y Venta Anual de GLP	36
Tabla N° 4 Producción y Venta Anual de Gasolina	37
Tabla N° 5 Producción y Venta Anual de Diesel	38

**ANEXOS**

TABLA N° 02  
**DATOS ESTADÍSTICOS DE PRODUCCIÓN Y DEMANDA  
 DE PETRÓLEO AÑOS 1990-2005**

<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCIÓN (MBLS)</b>	<b>VENTAS (MBLS)</b>
1990	39 266.6	42 643.0
1991	35 915.7	39 484.4
1992	36 666.3	41 644.3
1993	39 033.9	42 621.7
1994	46 467.6	46 451.5
1995	44 443.1	52 528.1
1996	43 909.2	54 541.3
1997	43 157.1	53 513.3
1998	41 417.1	54 489.7
1999	37 420.5	62 127.9
2000	34 891.4	57 465.6
2001	33 992.8	60 456.8
2002	33 862.3	61 474.5
2003	31 872.6	51 952.0
2004	29 243.4	53 192.0
2005	27 540.9	48 982.8

TABLA N° 03  
**DATOS ESTADÍSTICOS DE PRODUCCIÓN Y VENTA  
 DE GLP AÑOS 1990-2005**

<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCION (MBLS)</b>	<b>VENTAS (MBLS)</b>
1990	1 471.80	1,987.60
1991	1 478.10	2 163.70
1992	1 534.70	2 289.50
1993	1 516.70	2 402.10
1994	1 492.80	2 719.90
1995	1 923.50	3 106.60
1996	1 973.60	3 191.20
1997	2 328.80	3 414.30
1998	2 292.40	4 038.66
1999	2 983.20	4 698.72
2000	3 130.17	4 959.81
2001	2 945.28	5 146.73
2002	3 082.08	5 860.32
2003	3 061.10	6 404.26
2004	4 683.01	6 691.34
2005	8 780.97	7 810.27

TABLA N° 04

**DATOS ESTADÍSTICOS DE PRODUCCIÓN Y VENTA  
DE GASOLINAS AÑOS 1990-2005**

<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCION (MBLS)</b>	<b>VENTAS (MBLS)</b>
1990	10 471.60	10 081.80
1991	10 044.00	9 452.50
1992	9 276.70	9 439.90
1993	8 796.30	9 187.10
1994	8 319.50	9 495.40
1995	8 355.40	9 976.40
1996	9 474.40	10 510.60
1997	9 640.80	10 157.40
1998	10 134.00	10 117.35
1999	9 436.60	10 139.22
2000	9 298.98	9 302.12
2001	8 646.14	8 408.68
2002	8 413.62	8 449.54
2003	8 408.35	7 961.75
2004	8 197.47	7 960.17
2005	7 320.91	7 282.10

**TABLA N° 05  
DATOS ESTADÍSTICOS DE PRODUCCIÓN Y VENTA  
DE DIESEL AÑOS 1990-2005**

<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCION (MBLS)</b>	<b>VENTAS (MBLS)</b>
1990	8 578.6	11 919.4
1991	9 584.9	11 371.9
1992	11 578.6	14 285.7
1993	12 163.4	14 077.1
1994	12 007.7	16 140.9
1995	12 430.1	18 985.5
1996	12 541.1	19 447.0
1997	15 091.8	19 543.4
1998	15 040.1	20 125.5
1999	13 605.3	21 236.5
2000	12 370.7	20 056.8
2001	13 476.2	18 283.2
2002	13 705.7	17 974.9
2003	13 905.7	19 863.2
2004	14 632.0	23 329.7
2005	16 846.3	21 398.2