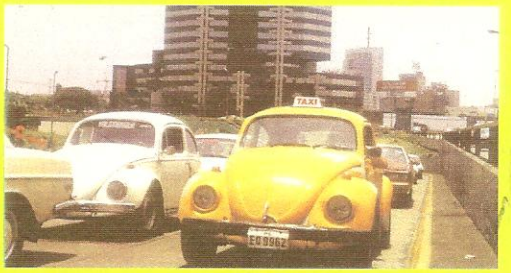
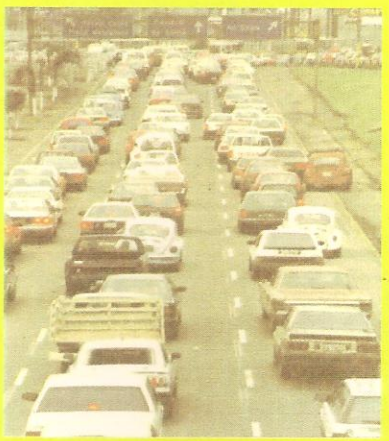
ENERGIA, AMBIENTE Y TRANSPORTE EN LIMA METROPOLITANA

PROMOCION DEL USO DE GAS LICUADO DE PETROLEO Y GAS NATURAL COMPRIMIDO EN EL TRANSPORTE URBANO





Elaborado por:
Jan H.A. van den Akker (ETC Energy)
Contribución de:
Juan Tapia Grillo (CIDATT)
En cooperación con:
CENERGIA

Programa

alure

CENERGIA

Comisión Europea

ETC ENERGY

ENERGIA, AMBIENTE Y TRANSPORTE EN LIMA METROPOLITANA

PROMOCION DEL USO DE GAS LICUADO DE PETROLEO Y GAS NATURAL COMPRIMIDO EN EL TRANSPORTE URBANO

ETC Energy

Comisión Europea
Programa ALURE
Proyecto ALR/B7-3011/95/042

Junio/diciembre de 2000

Elaborado por:
Jan H.A. van den Akker (ETC)

Contribución de:
Juan Tapia Grillo (CIDATT)

En cooperación con CENERGIA

RESUMEN EJECUTIVO

Gas licuado de petróleo (GLP) y gas natural comprimido (GNC)

En el Perú, el aprovechamiento de los recursos energéticos y la utilización de combustibles, se ha caracterizado por el marcado desequilibrio entre lo que son los recursos disponibles y el uso de éstos. En el caso del sector de transportes, se ve un consumo intensivo de derivados de petróleo (Diesel y gasolina), que el país se dispone en menor cantidad y por eso son importados. Contrariamente, el gas natural, a pesar de su abundancia y la posibilidad de ser utilizado en el sector transporte no ha sido explotado para tal uso.

Mientras el gas natural no llega a la capital hasta la construcción de un gasoducto desde el yacimiento de Camisea a Lima, esperada para el año 2004, el gas licuado petróleo (GLP) está disponible para el uso automotor. Si bien en la actualidad, el Gobierno está considerando algunas medidas para la promoción del GLP, estas medidas se caracterizan por no estar acompañadas de proyectos verdaderos de fomento y seguimiento. En realidad, se delega gran parte de esta responsabilidad a la empresa privada.

Además, se presentan problemas relacionados con la contaminación ambiental en los centros urbanos del país. En tema a la contaminación del aire, la capital de Lima es la ciudad donde este problema se ha hecho más evidente. Sin embargo, hasta ahora han sido realizados pocos estudios para determinar la incidencia de la contaminación y tampoco se han tomadas medidas.

El presente estudio abarca esta problemática, proponiendo el GLP, y al mediano plazo, el gas natural comprimido (GNC), como combustibles idóneos, tanto desde el punto de vista ambiental como económico y técnico, para ciertos segmentos del transporte de Lima Metropolitano, todo ellos caracterizados por su alto recorrido anual, por ejemplo, el transporte público de pasajeros. El estudio es de carácter integral, tocando factores técnicos, energéticos, económicos y ambientales. Hace énfasis además en el aspecto ambiental, al tener el GLP y sobre todo el GNC ventajas que hacen que éstos sean mejores alternativas a los combustibles convencionales para la solución de problemas de contaminación urbana.

El GNC y GLP se presentan como una mejor alternativa, principalmente por la abundancia de estos combustibles y su bajo costo, cuando se inicia la explotación del yacimiento de Camisea en al año 2003. En lo referente a las reservas podemos decir que el Perú es un país gasífero y no así petrolero. Las reservas probadas de gas natural alcanzaron un volumen de 6,999 MMMPC en 1997, de las cuales Camisea dispone de 6,470 MMMPC y Aguaytía dispone de 302 MMMPC. Las reservas probadas se incrementarán hasta 12,280 MMMPC en el año 2008, mientras que las reservas probadas de petróleo disminuirán paulatinamente de 284 MMMBs en 1997 hasta 163 MMBs en el año 2008.

En cuanto a los derivados de petróleo, el Perú es deficitario en GLP y Diesel, mientras exporta residuales y gasolina. Hasta el año 2003 no se presentarán cambios importantes. Para el período 2003-2008 los nuevos descubrimientos de reservas de crudo y el inicio de operaciones del proyecto de gas natural en Camisea permitirán modificar la balanza comercial hacia un saldo positivo, debido a una menor importación de crudo y la sustitución de los combustibles por gas natural, eliminando las importaciones de GLP.

A diferencia de la gasolina o el Diesel (que son obtenidos del petróleo a través de un complejo proceso químico, el GLP es una mezcla relativamente simple de propano y butano. El gas natural consiste del 90% de metano y pueda ser utilizado como combustible sin requerir un

procesamiento complejo adicional. Este hecho hace que el costo del gas natural sea menor al del GLP y considerablemente menor al de la gasolina.

Tecnología

Desde el punto de vista técnico, podemos decir que la conversión de motores a gasolina a sistemas duales o dedicados al GLP o GNC es factible. Poseen cualidades que en general lo hacen apto para su utilización en motores gasolineros. Siendo combustibles más limpios, coadyuvan a mantener el motor en mejores condiciones por tiempo mayor.

También, presentan ventajas económicas sobre un vehículo a gasolina. Dependiendo de las circunstancias y la utilización del vehículo, es viable económicamente la sustitución de la gasolina por el GLP y, a partir de la llegada del gas natural de Camisea en Lima, por el GNC. El uso de ambos combustibles genera ahorros a corto plazo para los transportistas, dependiendo del rendimiento del vehículo, el diferencial de precio entre la gasolina y el combustible alternativo y la distancia anual recorrida.

Existen en el Perú los conocimientos, recursos humanos y herramientas necesarias para el manejo de la tecnología de GLP y de GNC, en cuanto significa la conversión, distribución, abastecimiento, gestión, operación y mantenimiento del uso de estos combustibles, lo que ha sido demostrado por 1,900 vehículos que operan con sistema GLP. Las bondades técnicas y económicas de la sustitución de la gasolina por el GLP y el GNC han sido demostradas en otros países. Mientras que la conversión de un vehículo Diesel a GLP o GNC es plenamente posible desde la perspectiva técnica, se presentan algunas complicaciones que hacen que la conversión de este tipo de motores no sea atractiva económicamente.

Sin embargo, cabe destacar que la utilización del GLP, y sobre todo del GNC, es de mayor complejidad en cuanto a equipos de conversión, infraestructura de talleres y servicentros en comparación con gasolina y Diesel. Con respecto a la seguridad, resulta que el GLP y el GNC ofrece una seguridad superior a los combustibles convencionales, siempre que exista un acatamiento de las normas de seguridad recomendadas para la prevención de accidentes.

Si bien existe el gas natural en cantidades muy superiores a las del petróleo, una de sus principales desventajas son las que refieren al almacenamiento y transporte debido a su condición gaseosa. Para su utilización en Lima Metropolitana será necesario la construcción de un gasoducto de Camisea a Lima. Tal gasoducto se justifica del punto de vista de una demanda del tamaño adecuado.[1] Adicionalmente, se necesita construir una red interna de gasoductos en Lima que permita la instalación de servicentros en toda la ciudad.

Al ser combustibles difícilmente licuables, el almacenamiento del gas en los vehículos necesita la presencia de pesados cilindros, sobre todo en el caso del GNC, que puedan soportar las altas presiones necesarias de almacenaje. Aunque el volumen de un tanque a gas es más grande que un tanque de gasolina, no permitan almacenar el equivalente energético, reduciendo la autonomía del vehículo.

Evaluación de las características del parque de automóviles y station wagon en Lima Metropolitana

Durante esta misión se notó una falta de estadísticas confiables en los Registros Administrativos en la jurisdicción de Lima Metropolitana (Callao y las municipalidades de la Provincia de Lima), que no reflejan el uso real de combustibles que utilizan los vehículos, ni la estructura de vehículos preferentemente al servicio de taxis y de uso privado. Se decidió organizar una muestra de 2,500 vehículos para la evaluación de la distribución del parque automotor por tipo de combustible y por servicio de transporte público. CIDATT organizó esta evaluación durante los meses mayo y junio de 2000. En términos específicos, este estudio ha logrado evaluar:

[1] El mercado principal par el gas de Camisea lo constituye la generación eléctrica en las centrales de Santa Rosa y Ventanilla ubicadas en Lima Metropolitana, que en conjunto cuentan con 762 MW, centrales térmicos futuros y el reemplazo de derivados de petróleo (residual, Diesel, GLP) en la industria.

- Las características actuales del parque de vehículos;
- Las características de vehículos inscritos en el Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) a cargo de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana;
- Estimar la composición modal de automóviles y station wagon actualmente existentes;
- Estimar la composición de combustibles utilizados por automóviles y station wagon actualmente existentes;
- Nivel socioeconómico de los propietarios de vehículos;
- Recorrido promedio de vehículo, según tipo de uso.

La tabla 1 presenta un resumen de los resultados de la evaluación de CIDATT y el diagnóstico del presente informe.

Tabla 1 Resumen de las características del transporte particular y público de pasajeros en Lima y Callao

		Automóviles y station wagon			Camioneta rural y combi	Microbús	Omnibus
		Uso particular	Taxi registrado o autorizado	Taxi informal			
Vehículos	Uds.	298 765	67 211	124 131	62 387	10 012	19 415
- Gasolina	Uds.	279 326	53 907	102 975	24 141	--	--
- Diesel		18 902	12 662	20 435	38 198	10 012	19 415
- GLP		537	642	721	48	--	--
Uso en transporte público		--	67 211	124 131	12 789	10 012	15 930
Rendimiento promedio	km/litro						
- Gasolina		8.9	9.5	9.5	6.3		
- Diesel		12.8	13.2	13.2	5.7	4.8	1.8
- GLP		8.1	8.1	8.1	5.5		
Distancia recorrida	km/día	60	170	290	202	266	245
Marca		*Toyota - 23%	Volksw. - 30%	Daewoo - 61%		Volvo - 22%	
		*Volksw. - 15%	Toyota - 20%	Toyota - 20%		Mercedes-11%, International-10%	
		*Nissan - 11%	Daewoo - 18%	Nissan - 9%		Mitsubishi-9%, Asia-8%	
		*Daewoo - 6%	Nissan - 8%			Ford - 7%	
Modelo	< 1991	*65%	68%	100%	100%	100%	100%
	1991-1999	*35%	32%				
Edad promedia	años	*16	17	6	12	16	19

* Datos para el parque total, incluyendo los taxis (in)formales

Uso del gas para el autotransporte en Lima Metropolitana

Se recomienda priorizar la conversión de vehículos caracterizados por su alto recorrido diario. Desde el punto de vista privado (del propietario de vehículo), cuanto más ahorra combustible, tanto más pronto recupera la inversión inicial de la conversión. Hasta ahora, la presencia del GLP en el autotransporte es mínima, ni el 1% del parque automotor susceptible. Existe un gran potencial por explotar, sobre todo el transporte público que es el segmento de mercado que está caracterizado por el gran kilometraje anual. Dentro de este transporte público, el grupo meta más importante son los taxis con motores a gasolina, porque la mayoría de los microbuses, minibús y ómnibus, operan a Diesel. En Lima operan alrededor de 23,100 taxis autorizados, 44,100 registrados y un gran número de taxis informales. De los taxis autorizados y registrados (67,200) el mercado inmediato de conversión es de 30,100 vehículos. El restante está conformado por los vehículos que por las siguientes razones no pueden ser convertidos:

- Técnicas (utilización del Diesel como combustible, 12,700 vehículos);
- Económicas (modelos de vehículos con edad de mas de 10 años, 13,100);
- Prácticas (modelos subcompactos, 10,800);
- No es conveniente la conversión o ya son convertidos a GLP (600 vehículos).

Tabla 2 Impacto ambiental de la introducción del GLP y del GNC

Sustitución de	CO_2	CH_4	CO	NO_x	SO_2	COV	MP
Gasolina por:							
- GLP	+	0	++	--	++	++	++
- GNC	+	--	++	-	++	++	++
- Diesel	-	+	++	+	--	++	--
Diesel por:							
- GLP	+	-	+/-	+/-	++	-	++
- GNC	+	--	+/-	+/-	++	-	++
Impacto ambiental del gas o contaminante	Efecto invernadero	Efecto invernadero	Salud	Salud Smog	Salud Lluvia ácida	Salud Smog Lluvia ácida	Salud

+: Reducción de las emisiones, producido por la sustitución de gasolina o del Diesel en el parque de vehículos en Lima. Se asume la no aplicación de tecnología de control de emisiones o de tecnología simple.

- : Aumento de las emisiones

Aunque la sustitución por el GNC, sería viable para taxis también, la presencia de un tanque grande en la maletera y la falta de gasocentros podrían hacer inaceptable el GNC. Sin embargo, los ahorros sustanciales atraerían ciertos grupos de transportistas que operan vehículos más grandes, como camionetas, combis y buses.

Aspecto socioeconómico

Determinada la factibilidad técnica del uso de GLP y GNC en el transporte, se discute la inversión requerida por cada de tipo de vehículo. Desde la perspectiva del propietario, vemos que el costo de la conversión a GLP es de US$ 500-1,500 para el taxista. De acuerdo a los precios de combustibles de mayo del 2000 y asumiendo un recorrido anual de 70,000 kilómetros, esto implica un período de recuperación de su inversión de 5 a 15 meses, respectivamente. El costo de la conversión a GNC es de US$ 900-5,000 para el taxista. De acuerdo a los precios de combustibles de mayo del 2000 y asumiendo un recorrido anual de 70,000 kilómetros, una inversión promedia de US$ 1,150 implica un período de recuperación de 6 meses.

Si un transportista en el año 2004 está contemplando comprar un ómnibus, el debe incorporar el costo de combustible en su decisión. Asumiendo que un ómnibus a GNC cuesta US$ 11,000 más que el mismo vehículo a Diesel y asumiendo un precio de $ 0.24 por m^3, la inversión adicional será recuperada en poco más de un año.

La utilización masiva del GLP o del GNC puede generar circuitos económicos atractivos para la inversión privada en los siguientes campos:

- Conversión tecnológica y mantenimiento de equipos, lo cual ha de ser realizado en talleres especializados
- Suministro de GLP y GNC, para lo que deberá contarse con estaciones de servicio adecuadas para el efecto
- Abastecimiento de equipos y repuestos mediante empresas comercializadores e/o importadores.

Desde el punto de vista social, se prevé la demanda de profesionales en el área administrativa, contable, técnica especializada y personal de apoyo. Si bien no es probable que se pueda disminuir el precio de los pasajes en la que se disminuyen los costos de operaciones del transportista, porque se pretende mejorar la economía de su negocio a corto plazo y así generar más ingresos para su familia. A largo plazo da una opción que equilibre los incrementos futuros de las tarifas del servicio del transporte público.

Impactos ambientales

Los impactos directos producidos por la utilización de GLP y del GNC en el transporte, consisten principalmente en la reducción de de gases de efecto invernadero y de contaminantes a la atmósfera. En comparar las emisiones de varios combustibles hay que tomar en cuenta que en el Perú se utilizan motores a gasolina y a Diesel sin tecnología de control de emisiones. Las regulaciones en el Perú ni exigen normas máximas, ni el uso de convertidores catalíticos. Por eso, la introducción de combustibles más limpios puede tener un efecto grande en el caso de ciertos contaminantes, relativo a la reducción posible en un país industrializado, por otro lado en el caso de otros contaminantes las reducciones son mínimas o negativas sin utilizar catalizadores.

En comparación con un motor utilizando la gasolina, las emisiones de CO, COVs, SO_2 y partículas de un vehículo a GLP son menores, pero las emisiones de NO_x son más[2]. Los beneficios ambientales del uso de GNC son aún más destacados que en el caso de GLP, pero un vehículo a GNC emite más metano, que es un gas de efecto invernadero. Por emitir menos CO_2, el impacto al efecto invernadero de la sustitución por GNC es más positivo que en el caso de sustitución por GLP. En comparación con el Diesel, las emisiones de SO_2 y de las partículas de un motor a GLP o a GNC se reducen drásticamente, pero emite más CO y NO_x. Los efectos esperados de la sustitución de gasolina y Diesel por GLP o GNC en los diferentes contaminantes se resumen en la tabla 2.

Recomendaciones: estrategias y mecanismos para la introducción del GLP y del GNC

1. Durante la realización de este estudio, se logró investigar las siguientes oportunidades que hacen que la introducción del GLP y el GNC sea posible de efectuarse:
   - Factibilidad técnica
   - Factibilidad económica
   - Existencia del mercado automotor para el GLP y el GNC
   - Impactos positivos

   Se puede resumir los impactos generados por el uso de combustibles más limpios (GNC y GLP) de la siguiente manera:
   - Manejo eficiente de los recursos energéticos del país, al proponer la sustitución de gasolina por gas natural, recurso de gran abundancia en el Perú;
   - Incremento en el ingreso de los transportistas, taxistas y sus familias dependientes;
   - Generación de empleo en distintos rubros de la economía;
   - Disminución de los contaminantes y gases de efecto invernadero.

   En este sentido, la difusión de combustibles más limpios debe recibir todo el apoyo posible de las instituciones relevantes y el público en general.

2. No obstante, existen varios factores barreras que inhiben la introducción del GLP y el GNC a gran escala:
   - Escasez de la infraestructura de abastecimiento de GLP y ausencia de tal sistema en el caso del GNC;
   - Pocos talleres y mecánicos especializados en la conversión de motores
   - Desinformación en el tema de GLP y GNC
   - Poca liquidez económica del transportista promedio para superar el costo inicial del equipo de conversión.

[2] CO_2: dióxido de carbono, CO: monóxido de carbono, SO_2: CH_4: metano, COVs: compuestos orgánicos volátiles, NO_x: óxidos de nitrógeno

- Inexistencia de un apoyo institucional coordinado en la difusión de los combustibles más limpios para su utilización automotriz.

3. Analizadas estas barreras y oportunidades, la estrategia a seguir deberá contemplar el diseño de un programa integral para la promoción del uso de GLP y el GNC (cuando esté disponible en Lima a través gasoductos):
   - Coordinación institucional
   - Financiamiento y crédito
   - Difusión y capacitación
   - Proyectos pilotos
   - Monitoreo y evaluación.
   - Integración con otras medidas en una estrategia integral de transporte urbano.

   Coordinación institucional
   Se recomienda el establecimiento de un Comité Técnico de Combustibles Alternativos, dentro de la estructura del actual Comité de Gestión del Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire y Retiro del Plomo. En el Comité Técnico podrían participar representantes de los ministerios y otros organismos gubernamentales involucrados, los municipios, las organizaciones gremiales de los transportistas y las empresas relacionadas con el GLP y el GNC. Las actividades de tal Comité deberían referirse a la planificación de estrategias, el marco legal y normativo del uso de GLP y de GNC y al aspecto financiero dentro del marco de un programa integral.

   Financiamiento y crédito
   La estrategia financiera considera tres grupos de demandantes de financiamiento, interesados en abrir estaciones de servicio, abrir talleres de conversión y de mantenimiento y convertir su vehículo a GLP o a GNC. El último grupo es más importante y el más necesitado por lo que se propone incentivar a los entes financieros a proporcionar créditos al sector a través mecanismos de financiamiento, tales como fondos de garantía y líneas de crédito.

   Difusión y capacitación
   La difusión de esta información se deberá realizar a través de varias medios, incluyendo charlas, reuniones y visitas a grupos organizados de transportistas y de conductores (usando boletines, material audiovisual y equipo demostrativo) y a través de una difusión general utilizando radio, TV y periódicos para crear una conciencia en la opinión pública.

   Proyectos y pilotos
   No es racional empezar inmediatamente un programa masivo y de largo aliento de sustitución de combustibles. Se propone que se ejecute proyectos pilotos, los cuales permitirán ajustar las estrategias arriba mencionadas a la realidad práctica, ensayar a pequeña escala los mecanismos planteados e identificar las barreras claves que inhiben el desarrollo del programa de sustitución de combustibles. Se propone arrancar un proyecto de sustitución por GLP para taxis a gasolina en el período 2001-2003 y, cuando llegue el GNC a Lima en el año 2004, un proyecto piloto de GNC para taxis, combis y camioneta en el periodo 2005-2007.

   Programa integral de transporte urbano
   La introducción de combustibles está vinculada estrechamente con otras medidas contempladas en el sector transporte y otros sectores, tales como energía, medio ambiente y planificación urbana. El cuadro lógico en la tabla siguiente da un resumen de medidas potenciales. Es necesario evitar la implementación de tales medidas en una manera aislada. Por eso, se propone que las actividades deberán formar parte integral del Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire y Retiro del Plomo de las Gasolinas.

   Monitoreo y evaluación
   Finalmente, para llevar a cabo todo este planeamiento, se requiere así mismo una estrategia de monitoreo y evaluación que permita evaluar los resultados alcanzados y retroalimentar y reorientar las estrategias de acción.

Grupo	*Opciones potenciales*
Marco institucional de los organismos y organizaciones involucradas; desarrollo urbano y demográfico; planificación urbana	• Mejorar la coordinación entre las diversas autoridades de Lima (municipios, ministerios, sector privado, ONGs, público general) • Actividades de planificación integral (planificación urbana y de transporte), implementado por un ente coordinador • Promover el uso de los suburbios para actividades mixtas (industria ligera, negocios, servicios, viviendas) y facilitar el acceso a los suburbios
Mejoramiento y expansión de la infraestructura (calles, carretera, calles de sentido único, tren eléctrico ligero)	• Construcción de infraestructura para sistemas de transporte más eficientes energéticamente: o Vías exclusivas o priorizadas para autobús, paradas sin refrenar al tráfico o Construir un sistema eléctrico de transporte rápido y masivo de pasajeros • Rehabilitación y mantenimiento de las carreteras; pavimentación en áreas de bajo ingreso • Nuevas infraestructuras (ejes y carreteras periféricos y de circunvalación) • Construcción de infraestructura para el transporte non motorizado (ciclovías y áreas peatonales)
Mejorar las características de sistemas de transporte y la gestión del tránsito	• Mejorar la gestión del tránsito (señales computarizadas, calles de sentido único, acceso restringido a ciertas áreas o corredores, cuotas y peajes, restringir y regular el estacionamiento que refrena al tráfico) • Capacitación a los conductores del servicio público y a los conductores privados • Capacitación a la policía de tránsito • Cargas a vehículos (impuestos selectivos de venta o de registro que promueven el uso de vehículos de uso masivo y/o energéticamente eficientes; carreteras o áreas de peaje)
Influir la demanda por modo de transporte (taxi, combi, autobús, auto particular; transporte de carga) y mejorar el uso de energía en el transporte	• Campañas de información al público • Mejor integración del transporte público con otros modos de transporte • Introducción de horas flexibles de trabajo y promover ' teleworking' • Car pooling' y incentivos al usuario para promover el transporte público masivo • Mejorar los medios de comunicación • Facilitar una red de comunicaciones moderna • Capacitación para mecánicos y técnicos • Programa de inspección técnico y mantenimiento obligatorio de vehículos • Retiro de vehículos antiguos • Introducción de normas técnicos mínimas para vehículos importados
Mejorar la calidad de combustibles y el uso de combustibles alternativos o más limpios	• Normas para la calidad de combustibles y lubricantes • Obligar el uso de la gasolina reformulada / sin plomo • Incentivos tributarios para el uso de combustibles más limpios • Introducción de combustibles alternativos, especialmente para los vehículos de recorrido alto (CNG, GLP, metanol)
Control de emisiones de NO_x, HC, CO, SO_x, partículas	• Normas para emisiones de vehículos • Normas para la calidad del aire • Uso de catalizadores

AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto de grado no hubiera podido ser posible sin la valiosa colaboración del coautor Juan Tapia Grillo (CIDATT) que contribuyó proporcionándome estadísticas valiosas y dando este informe la orientación y enfoque adecuado. En este sentido quiero agradecer también a Jorga Aguinaga y Carlota Huaroto de CENERGIA.

Un gran número de personas e instituciones me han facilitado el acceso a la información nacional e internacional requerida para este trabajo. Quisiera agradecer a Jaap Jansen y Sascha van Rooijen del Netherlands Energy Research Foundation (ECN) y a mi colega de ETC, Jaap de Winter, a Luis Geng, Elvira Moscoso (Municipalidad de Lima), Jorge Canchaya (Solgas-Repsol), Fernando Rodrigo (MEM) y al programa ALURE de la Comisión Europea para cofinanciar este trabajo.

Espero que este estudio coadyuva a la rápida difusión de los combustibles más limpios en Lima y Callao, siendo de valiosas ventajas la introducción de estos. Benefician no solo a los sectores directamente involucrados, sino a toda la población de la ciudad, al contribuir al logro de un aire menos contaminado, una economía creciente y una vida mejor para todos.

Jan van den Akker

ABREVIACIONES

BEP	barril equivalente de petróleo
CENERGIA	Centro de Conservación de Energía y el Ambiente
CETICO	Centro de Exportación, Transformación, Industria, Comercialización y Servicios
CIDATT	Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte Terrestre
cm	centímetro
CH_4	metano
CO	monóxido de carbono
CO_2	dióxido de carbono
CONAM	Consejo Nacional del Ambiente
COV	compuestos orgánicos volátiles
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud
DL	Decreto Legislativo
DS	Decreto Supremo
g	gramo
GLP	gas licuado de petróleo
GNC	gas natural comprimido
GNL	gas natural licuado
HC	hidrocarburos
IGV	Impuesto General a las Ventas
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Propiedad Intelectual
ISC	Impuesto Selectivo al Consumo
km	kilómetro
kWh	kilovatio-hora
m^3	metro cúbico
MBPD	mil de barriles por día
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MEM	Ministerio de Minas y Energía
MMBTU	millón de unidades térmicas británicas
MMPCD	millón de pies cúbicos por día
MP	material particulado
MTCVC	Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción
MTEP	mil de toneladas equivalentes de petróleo
NO_x	óxidos de nitrógeno
ONG	organización no gubernamental
MW	megavatio
PAE	Proyecto para el Ahorro de Energía
PBI	producto bruto interno
PROTUM	Proyecto de Transporte Urbano para el Area Metropolitana de Lima y Callao
S/.	Nuevo Sol
SETAME	Servicio de Taxi Metropolitano
SO_2	dióxido de sulfuro
TEP	toneladas equivalentes de petróleo
US$	dólar de los Estados Unidos (EE.UU)
USD	dólar de los Estados Unidos
µg	microgramo

CONTENIDO

1 ANTECEDENTES E INTRODUCCION 15

2 EL SECTOR DE HIDROCARBUROS 19

2.1 Marco energético 19
2.2 El sector hidrocarburos 21
2.2.1 Marco legal y normativo del sector petrolero
2.2.2 Características del sector hidrocarburos
2.2.3 Precios e impuestos de combustibles
2.3 Consumo de energía 27
2.4 Opciones y planes 28

3 TRANSPORTE Y AMBIENTE EN LIMA METROPOLITANA 31

3.1 Introducción 31
3.2 Administración y marco institucional 32
3.2.1 La administración
3.2.2 El marco institucional
3.3 Parque automotor en el Perú y en Lima 33
3.3.1 Evolución del parque automotor
3.3.2 Estructura del parque vehicular
3.4 Transporte público de pasajeros 36
3.4.1 Estratificación y composición del servicio regular de transporte de pasajeros
3.4.2 Estratificación y composición del servicio de taxis
3.4.3 Demanda de transporte público
3.5 Composición del parque automotor según combustible 39
3.6 La contaminación atmosférica y el transporte 42
3.6.1 La contaminación y el impacto sobre la salud
3.6.2 Factores de emisión del parque automotor en Lima Metropolitana
3.7 Diagnóstico de las características operativas y técnicas del sector 45
3.8 Principales opciones y planes para el ordenamiento del sector 48

4 EL GAS COMO COMBUSTIBLE PARA EL AUTOTRANSPORTE EN LIMA 53

4.1 Conversión de motores de combustión interna a gas 53
4.1.1 Introducción
4.1.2 Ingeniería de motores de combustión interna
4.2 Características del gas licuado de petróleo (GLP) en motores 55
4.2.1 Características del combustible
4.2.2 El equipo de GLP en vehículos ligeros a gasolina
4.2.3 Costos de inversión de sistemas GLP
4.2.4 Distribución; estaciones de servicio de GLP
4.2.5 Mantenimiento del vehículo a GLP y aspectos de seguridad
4.3 Características del gas natural comprimido (GNC) en motores 59
4.3.1 Características del combustible
4.3.2 El equipo de conversión a GNC
4.3.3 Costos de inversión de sistemas GNC
4.3.4 Disponibilidad y distribución; estaciones de servicios de GNC
4.3.5 Mantenimiento del vehículo a GNC y aspectos de seguridad

5 EVALUACION COMPARATIVA DE LA SUSTITUCION DE GASOLINA Y DIESEL EN EL TRANSPORTE DE PASAJEROS 65

5.1 Introducción 65
5.2 Análisis financiero desde del punto de vista del transportista 65
5.2.1 Determinación de los precios
5.2.2 Conversión de vehículos utilizando gasolina; resultados del análisis financiero
5.2.3 Conversión de vehículos utilizando Diesel: resultados del análisis financiero
5.3 Análisis de sensitividad 70
5.3.1 Costo diferencial de combustible, kilometraje recorrido y rendimiento
5.3.2 Mantenimiento
5.4 Aspectos ambientales 72
5.4.1 Los contaminantes involucrados y sus impactos
5.4.2 Impactos de la sustitución de los combustibles gasolina y Diesel por combustibles alternativos
5.5 Oportunidades 76

6 ESTRATEGIAS Y MECANISMOS PARA LA PROMOCION DE GAS EN TRANSPORTES 79

6.1 Introducción 79
6.2 Barreras actuales para la introducción del gas en Lima 79
6.3 Elementos de una estrategia para la promoción del gas en autotransporte a gran escala 80
6.3.1 Objetivos y estrategia para su logro
6.3.2 Marco institucional
6.3.3 Estrategia integral de combustibles alternativos, control de emisiones, incentivos y penalizaciones
6.3.4 Estrategia financiera
6.3.5 Estrategia de concienciación
6.3.6 Estrategia de monitoreo y evaluación
6.3.7 Plan de acción a corto plazo: proyecto pilotos
6.4 Proyecto piloto en el periodo 2001-2003, taxis a GLP 85
6.5 Proyecto piloto en 2005-2007, taxis, combis y microbuses a GNC 90

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA 95

ANNEX A. ORGANIZACION DEL TRABAJO Y ENTREVISTAS CON ACTORES PRINCIPALES 99

ANNEX B. CARACTERISTICAS DEL STOCK DE AUTOMOVILES Y STATION WAGON EN LIMA METROPOLITANA 103

B.1 Objetivos del Estudio 105
B.2 Características del parque de vehículos 105
B.3 Características de vehículos inscritos en SETAME 109
B.4 Estimación y características de automóviles y station wagon dedicados al Servicio de Taxi 112
B.5 Composición modal de automóviles y station wagon en Lima 116
B.6 Características y composición de automóviles y station wagon según combustible .....
B.7 Nivel socioeconómico de propietario de vehículos 120
B.8 Kilometraje promedio de recorrido de vehículo según tipo de uso 121

Apéndices (B.9-B.11) 121

1 ANTECEDENTES E INTRODUCCION

1.1 Proyecto "Eficiencia Energética en el Sector Productivo y Transportes del Perú"

El Proyecto ***"Eficiencia Energética en el Sector Productivo y Transportes"*** presentado por el Consorcio europeo peruano integrado por el ETC International (ETC) de los Países Bajos, Instituto para la Diversificación del Ahorro de Energía (IDAE) de España, Centro de Conservación de Energía y del Ambiente (CENERGIA) del Perú y el CESEN de Italia, tiene como objetivo general contribuir al desarrollo sostenible del Perú, mediante la mejora de la eficiencia energética y la conservación del ambiente en los sectores productivos y transporte.

El Proyecto consta de tres componentes (subproyectos):

- Cogeneración de energía en el sector productivo (en el que participa CENERGIA e IDAE)
- Mejoramiento de la competitividad industrial a través de mejoras en la gestión energética (en el que participa CENERGIA y CESEN)
- Eficiencia de energía y control ambiental en el transporte urbano (en el que participa CENERGIA y ETC).

Los objetivos específicos de cada componente son:

A. Cogeneración en el sector productivo:
   - Identificación de posibilidades viables de cogeneración en empresas eléctricas, industriales y mineras;
   - Facilitación de la cooperación técnica y económica entre industriales europeos y peruanos;
   - Promoción y diseminación de información sobre cogeneración.

B. Mejoramiento de la competitividad industrial a través de mejoras en la gestión energética:
   - Introducir métodos técnicos y experiencias europeas para la gestión eficiente de la energía en las empresas, promoviendo inversiones para el mejoramiento de su competitividad;
   - Promoción y difusión.

C. Uso eficiente de energía y control ambiental en el transporte urbano de Lima
   - Contribuir a la formulación de una política integral de transporte en Lima Metropolitana, que incluya la reducción del consumo de energía, sustitución del Diesel y gasolina por combustibles más limpios y la mejora de la calidad del medio ambiente;
   - Promover la cooperación económica entre operadores de transporte, empresas de gas y/o instituciones gubernamentales europeas y latinoamericanas;
   - Difusión y promoción.

En el componente C se realizan las siguientes actividades:

1. Efectuar un muestreo de gases contaminantes y elaborar una propuesta de valores permisibles;
2. Realizar un diagnóstico energético ambiental del sector de transporte urbano de Lima Metropolitana y de Callao; evaluar la factibilidad de introducir combustibles más limpios para sustituir la gasolina y el Diesel y formular recomendaciones;
3. Intercambio de experiencias entre actores peruanos y europeos en un Seminario/taller;
4. Difusión de los resultados mediante un informe de resumen ejecutivo, incorporando los resultados del taller.

Dentro de estos antecedentes surge el tema del presente estudio, como el resultado de la actividad 2 arriba mencionada.

1.2 Objetivos y alcance del estudio

En el Perú poco a poco se está tomando en consideración, la utilización de combustibles más limpios, el gas licuado de petróleo (GLP) y a más largo plazo, el gas natural comprimido (GNC) como alternativa para los combustibles convencionales, el Diesel y la gasolina, para uso vehicular. Sin embargo, a pesar de que el uso del GLP fue introducido en la ciudad de Lima, no existe una verdadera conciencia todavía, tanto al nivel institucional como al nivel del transportista, de las implicaciones de la utilización de este combustible, desde el punto de vista ambiental, económico y técnico.

El objetivo general del estudio es demostrar la factibilidad técnica, económica y ambiental de la sustitución de los combustibles convencionales, el Diesel y la gasolina por el GLP y, cuando llegue a Lima Metropolitana, el GNC. Los objetivos específicos incluyen:

- Realizar un diagnóstico energético, económico y ambiental del sector transportes de Lima;
- Realizar un muestreo para determinar la cantidad de vehículos limeños por tipo y por combustible, dado que las estadísticas actuales carecen de exactitud con respecto a ella;
- Determinar los beneficios económicos que la conversión a GLP y GNC proporcionaría al transportista;
- Identificar los impactos ambientales de la conversión;
- Proponer mecanismos que posibiliten el uso masivo de GLP y, a largo plazo, del GNC en el transporte urbano.

Se realiza un diagnóstico de la situación actual en el sector de energía y se presente los escenarios de producción y consumo energía en los próximos 10 años (capítulo 2). A partir del año 2004 se espera comenzar la producción de gas natural de los pozos de Camisea, permitiendo la sustitución por gas natural a gran escala.

También se realiza un diagnóstico del transporte urbano en Lima, detectando los principales problemas que se presentan actualmente (capítulo 3). Se hace énfasis al sector público, debido a que éste concentra el mayor consumo de combustibles. Dentro del sector público se toma en cuenta prácticamente todas las modalidades de transporte de pasajeros, es decir, taxis, microbús, minibús y ómnibus. Se determinan los impactos ambientales (emisión de contaminantes) del transporte urbano. Se presentan las principales opciones y planes que se están contemplando introducir para el ordenamiento del transporte urbano y reducir los impactos adversos ambientales.

En la parte técnica se expone brevemente la tecnología de conversión de vehículos a GLP y a GNC, en lo que se refiere a los equipos de conversión, estaciones de servicio (gasocentros) y a los talleres mecánicos, en donde se realiza la conversión y el mantenimiento de los equipos (capítulo 4). En la parte económica del mismo capítulo, se realiza una evaluación detallada desde el punto de vista del transportista, en lo que se refiere al ahorro de combustible, tiempo de recuperación de la inversión, rentabilidad, etc. Los tipos de vehículos considerados susceptibles son aquellos que funcionan actualmente a gasolina y a Diesel. En realidad, principalmente por razones técnicas, pero también por razones económicas, la conversión de vehículos Diesel es poco atractiva. Sin embargo, los vehículos son tomados en cuenta también para la evaluación comparativa de los impactos ambientales de los diversos combustibles. Se calcula la cantidad de emisiones de contaminantes y de gases de efecto invernadero resultando de la utilización de GLP y GNP para los diferentes tipos de conversión.

Basado en la información de los capítulos anteriores, el capítulo 5 propone estrategias y mecanismos que permitan el logro de la utilización de los combustibles limpios a una escala más grande en el transporte urbano de Lima Metropolitana.

1.3 Marco económico

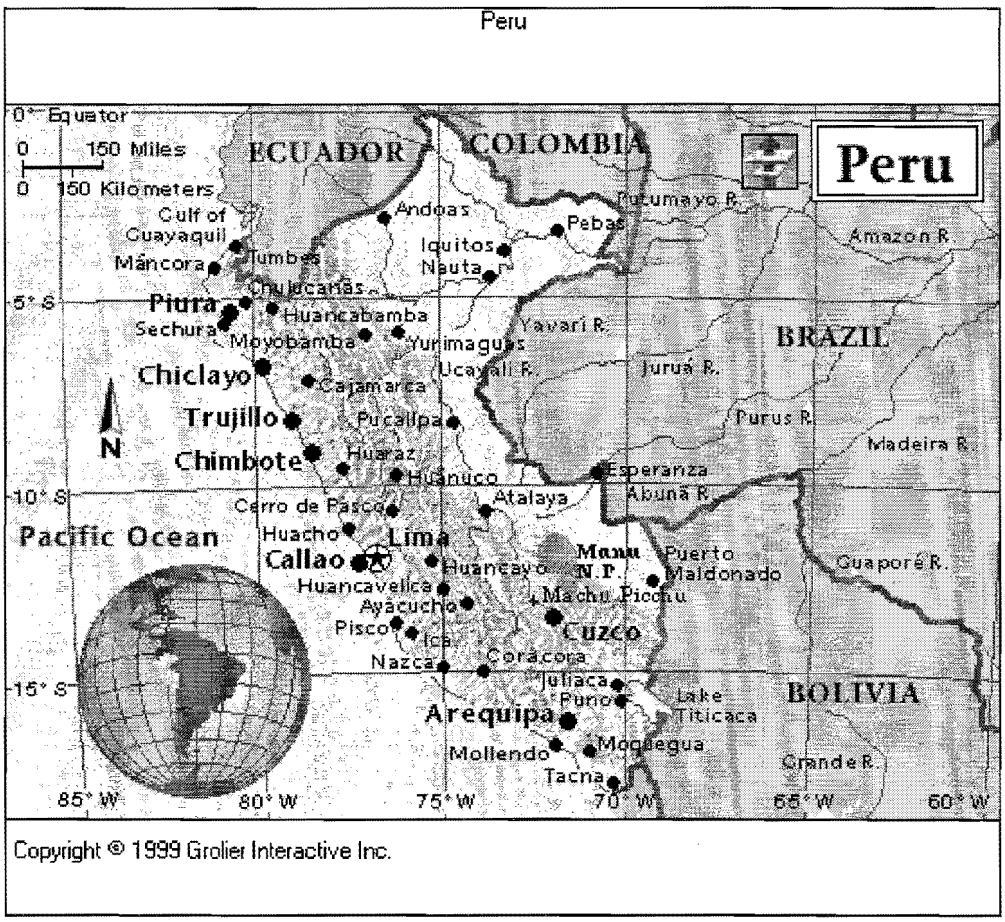
El Perú tiene una población de 25.2 millones, (1999) de la cual el 72% vive en áreas urbanas. Aunque la economía es fundamentalmente agrícola, la minería y la industria pesquera ha llegado a ser cada vez más importante. El Perú depende primariamente de la exportación de materias primas (minerales, productos petróleos y productos agrícolas y pesquería). Se importan maquinaria, productos petróleos y

mercaderías. El Perú figura como uno de los productores principales de mundo de cobre, plata, estaño y zinc. El Producto Bruto Interno (PBI) alcanzó los US$ 59,300 millones en 1999. La inflación llegó al 5% (bajo de 7% en 1998).

Económicamente, el Perú experimentó una crisis económica profunda en los años ochenta y los principios de los 90s. Su Producto Bruto Interno (PBI) declinó por 1.5% anualmente durante 1985-1992. La producción fue afectada por las restricciones de crédito, la regulación excesiva del gobierno, el derrumbe del sistema financiero y altas tasas de interés. El tiempo adverso (el fenómeno de El Niño) agravó esta situación reduciendo las actividades de la industria pesquera. A fines de los 80s, la combinación de la violencia de la guerrilla, la hiperinflación, el déficit presupuestario crónico y la sequía llevó el país al borde de insolvencia fiscal. Además, en 1991, las actividades guerrilleras devastaban la vida social en el Perú en tal nivel, que el presidente Fujimori, elegido en 1990, decidió suspender derechos constitucionales, decretando el estado de emergencia. Los líderes principales de Sendero Luminoso fueron capturados en 1993, lo que permitió la restauración de los derechos constitucionales.

En el 1990 el gobierno impuso un programa de austeridad y eliminó los controles de precio y las subvenciones sobre muchos artículos básicos y permitió la moneda nacional flotar contra el dólar estadounidense. Desde entonces, el Perú se ha embarcado a una política de liberalización y privatización de las empresas estatales. La inversión extranjera ha crecido rápidamente, apoyando al proceso de la privatización. Esto resultó en un crecimiento robusto, por ejemplo, el PBI creció al 7.0% en 1993, 12.9% en 1994 y 6.9% en 1995. Esta expansión de la economía fue acompañada por un fuerte crecimiento en la demanda de energía, sobre todo en la capital de Lima, el centro económico del país.

Muchos economistas dijeron que la tendencia de crecimiento del PBI de 4 a 5% al año, se continuaría. Sin embargo, el fenómeno de El Niño regresó en 1997-98, reduciendo fuertemente la producción de la agricultura y la pesquería y dañando la infraestructura. El PBI creció en 1998 con una tasa de 0.3% solamente. También, la economía fue afectada por la crisis financiera en Asia, reduciendo el nivel de inversiones extranjeras en el país. No obstante, el crecimiento del PBI fue 3% en 1999 y se espera que la economía siga recuperándose.



Copyright © 1999 Grolier Interactive Inc.

2 EL SECTOR DE HIDROCARBUROS

2.1 Marco energético

Introducción

El objetivo del presente capítulo es realizar un análisis del sector energía, para lo cual se hace una revisión de los tipos de combustibles utilizados y disponibles, tanto a lo referente a la oferta, reservas, comercialización y distribución, como a la demanda. Con esta información se realiza un análisis de oferta y demanda, con el que se llega a demostrar las ventajas económicas para el país de utilizar el gas natural y el GLP como alternativa para la satisfacción de la demanda de energía en el transporte y otros sectores.

Energía primaria (1998)

La producción de la energía primaria en el Perú ascendió en 1998 a $12{,}863 \cdot 10^3$ TEP (toneladas equivalentes de petróleo), correspondiendo al petróleo el 44% del total, la leña el 30% y a la hidroenergía y el gas, el 12% y 9% respectivamente. La importación de energía primaria durante 1998 fue $5{,}089 \cdot 10^3$ TEP, de los cuales el petróleo crudo representó el 94%. El petróleo crudo importado es utilizado para satisfacer los requerimientos de las refinerías, que no pueden ser abastecidas por la producción nacional, debido a la calidad del crudo peruano. En 1998 se exportó $2{,}165 \cdot 10^3$ TEP de energía primaria, petróleo crudo en su totalidad.

La oferta interna bruta de energía primaria tiene dos destinos:

- La transformación, es decir la producción de energía secundaria (en refinerías, $8{,}288 \cdot 10^3$ TEP, plantas de gas, $530 \cdot 10^3$ TEP y centrales eléctricas, $1{,}528 \cdot 10^3$ TEP);
- El consumo final, $4{,}404 \cdot 10^3$ TEP (leña, bagazo y carbón mineral).

Energía secundaria

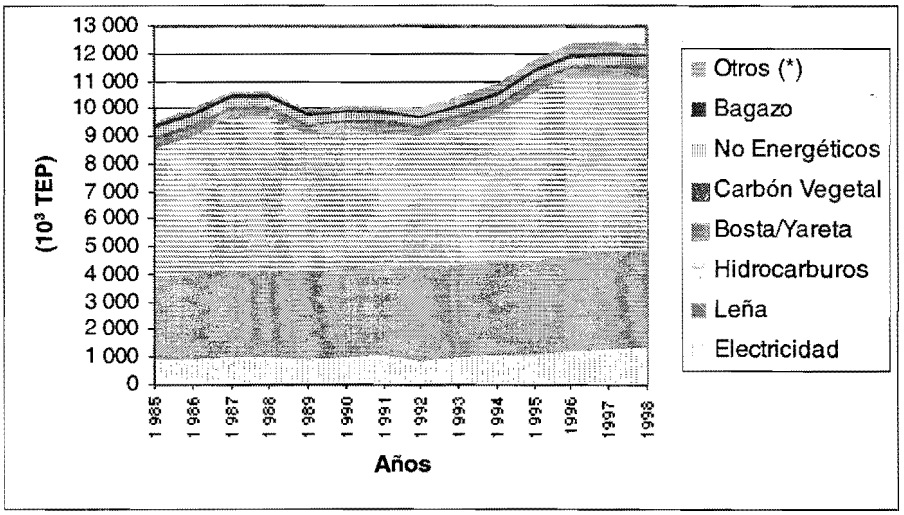
La producción de energía secundaria durante 1998 fue de $10{,}715 \cdot 10^3$ TEP, basada predominante en los derivados hidrocarburos obtenidos de las refinerías y de las plantas de gas, que participan con el 83% del total, y la energía eléctrica (15%). Las ventas de energía secundaria al exterior fueron de $1{,}647 \cdot 10^3$ TEP; estos fueron en su totalidad productos derivados de hidrocarburos, mientras se importó $1{,}359 \cdot 10^3$ TEP de energía secundaria, hidrocarburos, básicamente.

En 1998 el consumo final total de energía fue de $12{,}364 \cdot 10^3$ TEP. La estructura del consumo final estuvo conformada de la siguiente manera: 52% hidrocarburos, 34% biomasa, 10% electricidad, 3% carbón mineral y coque y 1% no energéticos. Entre los hidrocarburos, el consumo final energético fue mayormente Diesel, petróleo industrial, gasolina y kerosene turbo jet.

El sector residencial, comercial y público fue el principal sector demandante con $5{,}295 \cdot .10^3$ TEP (43% del total), consumiendo biomasa (64% del consumo de este sector), hidrocarburos (24%, principalmente, kerosene y GLP) y energía eléctrica (9%). Todos los sectores productivos (industrial, minero metalúrgico, agropecuario y pesca) consumieron $3{,}60 \cdot 10^3$ TEP, de los cuales los hidrocarburos representaron el 52%, la electricidad el 22% y la leña el 14%.

El sector transportes siguió en importancia con $3{,}304 \cdot 10^3$ TEP, consumiendo solamente hidrocarburos: gasolina (31%), kerosene y turbo jet (12%) y Diesel (55%).

Cuadro 2.1 Evolución del consumo final de energía



Fuente: Balance Nacional de Energía, MEM (1998)

Tendencias en el consumo final

El consumo de energía ha tenido un crecimiento sostenido durante las últimas décadas con un alto predomino de los hidrocarburos y la leña. El consumo final de energía creció a una tasa anual de 2.0%. En el mismo período el producto bruto interno (PBI) creció en 2.1% y el consumo de energía creció a una tasa de 3.5% anual, destacándose la penetración del Diesel en el transporte carretero y la relativa disminución del consumo de gasolina y petróleo residual.

Instituciones gubernamentales

En el Perú, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) es la institución encargada de formular las políticas de alcance nacional en materia de electricidad, hidrocarburos y minería, supervisando y evaluando su cumplimiento. A partir de 1990 el modelo de desarrollo del Perú tiene como base la libertad económica, la inversión privada y la libre competencia, que conllevan la disminución del tamaño del aparato administrativo del Estado. Se están transfiriendo las actividades productivas que tuvo a su cargo en el pasado los entes operativos estatales de los subsectores electricidad e hidrocarburos ELECTROPERU, las empresas regionales de electricidad y PETROPERU, que ahora están en proceso de privatización.

El Organismo Supervisor de Inversión en Energía (OSINERG) es encargado de fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas del sector energía, así como fiscalizar el cumplimiento de las normas técnicas y legales referidas a la protección del ambiente. El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) a través la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales (CRT) constituye el organismo nacional de normalización y acreditación.

El MEM organizó en 1994 el Proyecto para el Ahorro de Energía (PAE). CENERGIA y PAE ejecutaron la campaña nacional de ahorro de energía en los años 1995 y 1996. También han impulsando actividades de capacitación y difusión en el campo de eficiencia energética.

2.2 El subsector hidrocarburos

2.2.1 Marco legal y normativo del sector petrolero

La Ley Orgánica de Hidrocarburos N° 26221, promulgada en 1993, promueve el desarrollo de las actividades de hidrocarburos con participación de la inversión privada, basándose en la libre competencia, encargando al Ministerio de Energía y Minas elaborar, aprobar, proponer y aplicar la política del Sector, dictar la normas pertinentes y velar por el cumplimiento de la Ley, lo cual esencialmente da lugar a funciones normativas, promotoras, concedentes y fiscalizadoras.

Hasta 1991 la legislación otorgaba a la empresa estatal PETROPERU la propiedad de los hidrocarburos extraídos. Para la exploración y explotación, PETROPERU era la entidad estatal encargada de negociar contratos con terceros. En los sectores *downstream* PETROPERU tenía la exclusividad en el desarrollo de las actividades de refinación y comercialización mayorista.

A partir de 1991 han habido tres modificaciones fundamentales en el sector hidrocarburos:

- *Decreto Legislativo 655 (1991). La eliminación del monopolio de PETROPERU.*
  Se desregula y liberaliza las actividades en el sector, incluyendo la comercialización, importación, manufactura y refinación, que podrán ser ejecutadas libremente por las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeros.
- *Ley Orgánica de Hidrocarburos, Ley 26221 (1993)*
  El principio de la ley es promover el desarrollo de las actividades del sector hidrocarburos en base a libre competencia y el libre acceso a las actividades económicas. Se reduce el papel de PETROPERU tanto en las etapas de la actividad hidrocarburífera *upstream* como en la *downstream*.
- Plan de Privatización de PETROPERU. Se consideraba que el Estado no debe participar en la actividad productiva, pues ésta debería ser desarrollada íntegramente por el sector privado. La privatización comenzó en 1992-1993[1]. Para la promoción y administración de los contratos con los inversionistas respecto a la exploración y explotación se creó la agencia estatal PERUPETRO (Ley 26225).

Otras leyes que afectan a las actividades del sector son:

- Ley 27133, Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural
- Ley 27116, Comisión de Tarifas de Energía (CTE)

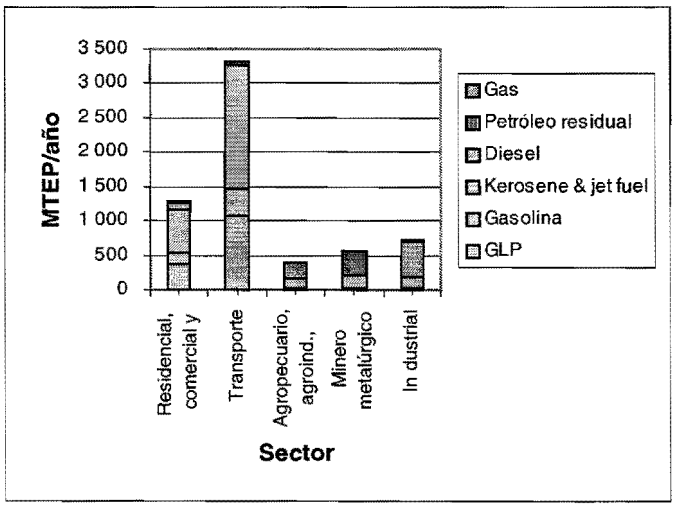
Con la Ley 27116 se creó la CTE, organismo autónomo, responsable de fijar las tarifas de energía eléctrica y de transporte de hidrocarburos por ductos.

El sector hidrocarburos se rige por un conjunto de Decretos Supremos (DS):

- DS 046-93-EM Reglamento de medio ambiente para las actividades de hidrocarburos;
- DS 047-93-EM. Reglamento de calificación de empresas petroleras;
- DS 049-93-EM. Reglamento de regalía y retribución;
- DS 051-93-EM. Reglamento de normas para la refinación y procesamiento de hidrocarburos;
- DS 052-93-EM. Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos;
- DS 054-93-EM. Reglamento de seguridad para establecimientos de venta al público de combustibles derivados de hidrocarburos;
- DS 055-93-EM. Reglamento de las actividades de exploración y explotación;
- DS 056-93-EM. Reglamento de distribución de gas natural por red de ductos;
- DS 001-94-EM. Reglamento para la comercialización de GLP;
- DS 026-94-EM. Reglamento de seguridad para el transporte de hidrocarburos;
- DS 027-94-EM. Reglamento para el transporte de hidrocarburos por ductos;

[1] En 1992 se vendió la Compañía Peruana de Gas (SOLGAS), filial de PETROPERU, a la empresa española REPSOL por USD 7,5 millones. Esta compañía estaba encargada de la distribución de gas licuado de petróleo (GLP).

Cuadro 2.2 Consumo final de hidrocarburos por sector en 1998



Fuente: Balance Energético, MEM (1998)

- DS 022-96-EM. Reglamento para el cálculo de tarifas de transporte de hidrocarburos líquidos por ductos;
- DS 019-97-EM. Reglamento de establecimiento de servicentros GLP para uso automotor
- DS 030-98-EM. Reglamento para la comercialización de combustibles líquidos;
- DS 019-98-MTC. Eliminación del mercado de la oferta de la gasolina 95 RON con plomo y reducir el límite máximo contenido de plomo en la gasolina 84 RON;
- DS 054-99-EM Simplificación de procedimientos administrativos y modifican reglamentos sobre seguridad para instalaciones, transporte y establecimientos de venta de gas licuado de petróleo;
- DS 055-99-EM Texto Unico de procedimientos Administrativos (TUPA) del Ministerio de Energía y Minas, por el cual, se aprueban los procedimientos; administrativos a seguir en el sector Energía y Minas.

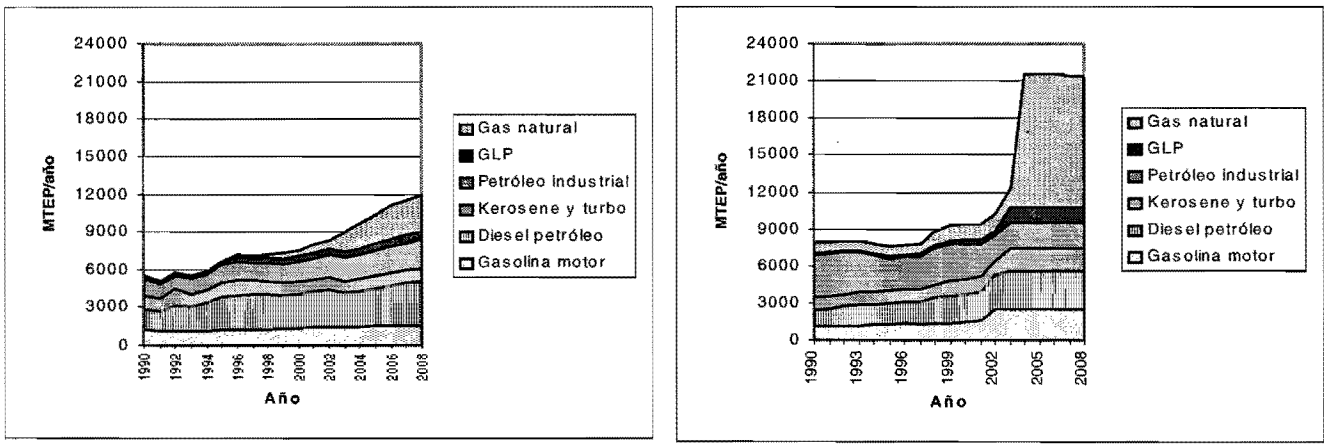
2.2.2 Características del sector hidrocarburos

En los últimos 30 años se han producido importantes cambios en las reservas y en la producción de hidrocarburos líquidos. En la década de los 70s se descubrieron importantes yacimientos de petróleo en la selva norte. De esta manera la producción nacional logró satisfacer la demanda del mercado interno, contando con excedentes de exportación. En las décadas de los 80s y 90s no hubo nuevos descubrimientos, lo que ha significado la disminución de las reservas y de la producción de petróleo. Como indicador de esta situación cabe mencionar que en 1981 la producción era de 195 mil de barriles de petróleo por día, en la primera mitad de 1999, la producción promedio diario alcanzó los 108 barriles.

Por otro lado, la demanda ha tenido y tiene una tendencia de incremento constante. En 1985 el volumen de venta de combustibles (derivados del petróleo) fue de 109 mil de barriles por día; en 1998 estuvo en los 149 mil de barriles y para enero - junio de 1999 el volumen de venta fue de 151 mil de barriles. Actualmente, la producción nacional no cubre la demanda interna, lo que ha llevado a la importación de petróleo crudo y derivados, incidiendo en un importante déficit de la balanza comercial.

Otro escenario completamente distinto se presenta en el gas natural. Los antiguos yacimientos del noroeste (zócalo y continente) suministran el 76% del gas natural que actualmente consume el país. En los años 80 se descubrieron más yacimientos, aumentando las reservas probadas de $0{,}62 \cdot 10^{12}$ a $7 \cdot 10^{12}$

Cuadro 2.3 Evolución de demanda (derecha) y producción (izquierda) de los hidrocarburos, 1990-2008



Fuente: *Plan Referencial de Hidrocarburos 1999*, MEM (1999)

pies cúbicos. En 1998 entró en producción el yacimiento de Aguaytía. En los 80s la compañía SHELL descubrió el importante yacimiento de gas natural de Camisea. Se prevé su entrada en producción a partir del año 2003. Esto tendrá un efecto de cambio en el patrón de consumo de hidrocarburos en el Perú:

- La sustitución de derivados líquidos (Diesel, residual) en la industria y en la producción eléctrica;
- El aumento de la exportación de gasolina y turbo y el inicio de la exportación de aquellos que comenzarán a ser excedentario (por ejemplo, GLP).

Estos cambios resultarán sumamente beneficiosos tanto en lo referente a la balanza comercial (revirtiendo de negativa a positiva) como para el ambiente (al ser el gas natural un combustible más limpio y menos contaminante).

2.2.3 Consumo histórico

La demanda histórica de los hidrocarburos en el mercado peruano se presenta en el cuadro 2.3. El panorama de cada uno de los combustibles se presenta a continuación:

- El *Diesel* es el combustible que más se consume; se utiliza en el transporte, la industria y para generar electricidad. Su consumo creció fuertemente, de 33 miles de barriles por día (MBPD) en 1990 a 55 MBPD en 1998.
- El *residual* se utiliza en la industria; su consumo fue de 28 MBPD en 1990, de 25 MBPD en 1994 y de 29 MBPD en 1998.
- El consumo de la *gasolina*, utilizada en el transporte se ha mantenido a 26-28 MBPD entre 1990 y 1999, a pesar del fuerte crecimiento del parque automotor. Esta situación se debe a un mayor precio de este combustible en comparación con el del Diesel, lo que ha llevado tanto a la importación de una mayor cantidad de vehículos a Diesel como al cambio de motores que inicialmente funcionaban con gasolina.
- El *kerosene* se usa principalmente como combustible doméstico y comercial; su consumo fluctuó entre 14 y 15 MBPD en el periodo 1991-1990.
- El mayor uso del *GLP* es como combustible doméstico (para cocinar) y comercial. Su consumo incrementó de 5,5 MBPD en 1990 a 11 MBPD en 1998.
- El *kerosene turbo* es el combustible que utilizan los aviones.

El Ministerio de Energía y Minas (MEM) ha elaborado un pronóstico de la demanda de los derivados de petróleo (véase el cuadro 2.3) basado en un escenario de crecimiento de la economía que toma en cuenta:

Tabla 2.1 Balanza comercial, 1999-2008

[millones de US$]	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Petróleo crudo	113	82	59	42	31	22	14	7		
GLP					108	105	102	99	96	93
Gasolina	5	2	10	19	109	106	104	102	101	100
Diesel					53	41	13			
Kerosene/turbo	29	27	26	26	100	99	99	98	98	97
Residuales	123	107	78	19	24	25	22	18	12	6
Otros	20	22	21	24	23	22	21	20	18	17
Exportaciones	**290**	**240**	**195**	**131**	**447**	**421**	**375**	**345**	**326**	**314**
Petróleo crudo	558	521	507	434	314	243	116	43	25	29
GLP	29	33	33	28						
Diesel	65	70	76	41				16	40	60
Importaciones	**652**	**624**	**616**	**503**	**314**	**243**	**116**	**59**	**65**	**89**
Balanza comercial	**-363**	**-384**	**-421**	**-372**	**133**	**177**	**258**	**286**	**261**	**225**

Fuente: *Plan Referencial de Hidrocarburos 1999*, MEM (1999)

- La variación en los principales variables económicos: inflación, PBI, población y parque automotor;
- Comportamiento histórico de la demanda de combustibles;
- La sustitución de los combustibles por el gas natural[2].

Las conclusiones más importantes del pronóstico de MEM son:

- La demanda de los principales combustibles se incrementará por el crecimiento de la economía, la población y por el parque automotor;
- La demanda de Diesel y petróleo industrial/residual se disminuirá por la sustitución por el gas;
- El consumo de kerosene disminuirá al ser desplazado por GLP y gas natural;
- El consumo de GLP crecerá, aunque es parcialmente sustituido por el gas natural;
- En el transporte los combustibles gasolina y Diesel no serán sustituidos por el gas a gran escala.

En la década de los 80s el Perú tuvo un saldo positivo en la balanza comercial, debido a las exportaciones de crudo y residual. A partir del año 1988 la balanza comercial presenta resultados negativos (véase el cuadro 2.4). Esto se debe a una declinación continua en la producción nacional de crudo y por otro lado al crecimiento de la demanda interna, sobre todo a la expansión del consumo de Diesel. En cuanto a los derivados de petróleo, el Perú continua siendo deficitario en GLP y Diesel, mientras exporta residuales y gasolina. Hasta el año 2003 no se presentarán cambios importantes.

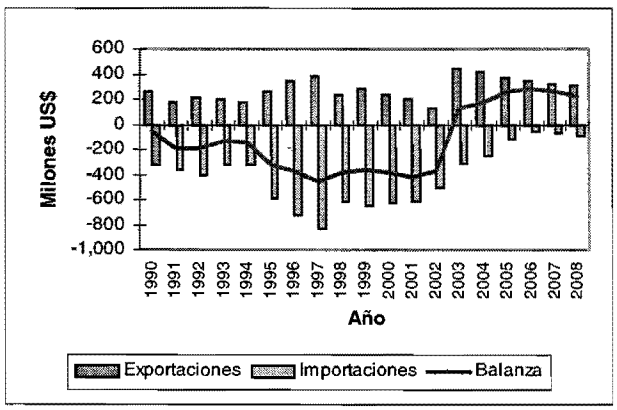
Para el período 2003-2008 los nuevos descubrimientos de reservas de crudo y el inicio de operaciones del proyecto de gas natural en Camisea permitirán modificar la evolución de la balanza comercial hacia un saldo positivo, a razón de una menor importación de crudo y la sustitución de los combustibles por gas natural, eliminando las importaciones de GLP y Diesel. No obstante, a causa del crecimiento del consumo de Diesel (sobre todo en el sector de transportes) se requerirán importaciones de Diesel a partir del año 2006.

[2] Detalles del escenario se encuentra en el *Plan Referencial de Hidrocarburos 1999*, MEM (1999). Véase la página Web: www.mem.gob.pe.

2.2.4 *Precios e impuestos de combustibles*

De acuerdo con el criterio del mercado libre, desde 1991 los precios se rigen por oferta y demanda y, porque el Perú importa combustibles, se sujetan al nivel de los precios internacionales. Inmediatamente después de la privatización del 1993-1996 se produjo un fuerte aumento de los precios, para alinearlos con los precios internacionales, pero posteriormente han sido mas o menos estables.

Cuadro 2.4 Balanza comercial, hidrocarburos



Fuente: *Plan Referencial de Hidrocarburos 1999*, MEM

Los combustibles están gravados con tres tipos de impuesto:

- Impuesto Selectivo al Consumo (ISC), que grava de manera diferenciada el consumo de un determinado combustible;
- Impuesto al Rodaje, que grava el consumo de combustibles utilizados en el sector de transportes, exceptuando el Diesel;
- Impuesto General a las Ventas (IGV), que grava el consumo de cualquier combustible con 18%.

Los impuestos a los combustibles han tenido un excesivo sesgo hacia la recaudación fiscal y estabilizar los precios en el mercado interno. Tradicionalmente, el ISC ha gravado con mayor fuerza los combustibles en los cuales hay exceso de oferta interna (gasolina) y ha sido más bajo para los combustibles más caros (como el kerosene y Diesel) y en cuales había un déficit (por lo que se importa). Se demuestra tal estabilización de los precios mediante la comparación de la estructura de precios de 1999 y de 2000 en las tablas 2.3 y 2.4.

Este sistema de impuestos perjudica en tres maneras:

- A la competitividad industrial. Los impuestos en el Perú están por encima de los que se cobra en otros países de la región.
- A la balanza comercial. El ISC es más bajo para algunos combustibles importados, ej. el Diesel.
- Al medio ambiente. El ISC ni está orientado al cumplimiento de metas de eficiencia energética, ni a consideraciones ambientales, como la emisión de contaminantes.

En el caso de la decisión doméstica en el uso de cocción por ejemplo, es evidente que cuando se cobraba 60% de impuestos al uso de gas licuado y un valor muy inferior por el uso del kerosene, las amas de casa se decidieron en forma masiva a usar el kerosene. Situación similar se observa en el caso del transporte donde la enorme diferencia del impuesto sigue empujando al parque automotor a cambiar los motores de gasolina por motores Diesel. Esto se ha venido modificando lentamente en los últimos

Tabla 2.2 Evolución del ISC, 1990-1999

	Diesel	Gasolina 84	Gasolina 90	Gasolina 95	Gasolina 97	GLP
Agosto '90	134%	134%		134%		134%
Julio '93	41%	105%	115%	115%	131%	36%
Agosto '94	47%	95%	118%	118%	118%	35%
Junio '95	50%	95%	118%	118%	118%	35%
Agosto '97	53%	91%	118%	118%	118%	35%
Agosto '98	68%	111%	132%	126%	134%	35%
Junio'99	66%	97%	116%	119%	125%	35%
Mayo 2000	38%	68%	84%	87%	94%	19%

Fuente de los datos 1990-1997: Navarro (1997); datos de 1998 y 1999: MEM (1998, 1999)

años, eliminándose el ISC al petróleo residual para uso industrial. Se ha aumentado el ISC al kerosene y al Diesel y, por el contrario, ha habido una reducción en el caso del GLP.

Para fines del análisis financiera del capítulo 5 de este estudio se han considerado dos casos:

Caso 1.

- El precio de los derivados de petróleo se baja otra vez al nivel de junio de 1999, en concordancia con el Plan Referencial de Hidrocarburos 1999 del MEM (véase la tabla 2.3). Estos precios corresponden al precio del crudo WTI (Costa del Golfo, EE.UU.) del orden de US$ 16 por barril;
- Los cambios tecnológicos y la concienciación sobre el medio ambiente no tienen un efecto importante;
- Para compensar por cambios drásticos en el precio internacional de petróleo, se sigue aplicando el ISC para estabilizar los precios de los derivados de petróleo en el mercado interno del país.

Caso 2.

- No hay cambios drásticos en el precio internacional del crudo, que se mantiene al nivel relativamente alto de mayo de 2000;
- Se aumenta el ISC de Diesel y se baja el ISC de gasolina y de GLP, en otras palabras se introduce dos objectivos en la fijación del ISC, aparte del objetivo de estabilizar precios:
  - Favorecer al consumo de recursos energéticos nacionales. En el año 2003 el yacimiento Camisea iniciará su producción y en 2004 se dispondrá de gas natural en un volumen suficiente para reemplazar Diesel y residual, tanto en la generación eléctrica como en la industria. Esto permitirá dejar de importar GLP, mientras el país sigue importando el Diesel,

Tabla 2.3 Estructura de precios de los derivados de petróleo, 1999

	Precios, junio de 1999 [USD/galón]					
	Diesel	Gasolina 84	Gasolina 90	Gasolina 95	Gasolina 97	GLP
Neto, ex-planta	0.58	0.61	0.66	0.70	0.73	0.51
Rodaje		8%	8%	8%	8%	
ISC	66%	97%	116%	119%	125%	35%
IGV	18%	18%	18%	18%	18%	18%
Precio al por mayor	1.14	1.48	1.73	1.88	2.00	0.81
Margen comercial, promedio	10%	8%	10%	16%	14%	40%
Precio promedio al público	1.26	1.59	1.91	2.18	2.28	1.13
Precio promedio [USD/MMBTU]	9.08	12.79	15.36	17.53	18.34	12.34

Precios de combustibles de junio de 1999, fuente: MEM (1999)
Estos precios son utilizados como 'caso 1' en el análisis del capítulo 5.

Tabla 2.4 Estructura de precios de los derivados de petróleo, 2000

	Precios, mayo de 2000 [USD/galón]					
	Diesel	Gasolina 84	Gasolina 90	Gasolina 95	Gasolina 97	GLP
Costo ex-planta	0.96		0.91	0.96	0.98	0.70
Rodaje			8%	8%	8%	
ISC	60%		100%	100%	100%	15%
IGV	18%		18%	18%	18%	18%
Precio al por mayor	1.81		2.22	2.36	2.40	0.95
Margen comercial, promedio	20%		20%	20%	20%	30%
Precio promedio al público	2.17		2.67	2.83	2.88	1.24
Precio promedio [USD/MMBTU]	15.66		19.21	20.42	20.78	13.50

Precios de combustibles de junio de 1999, fuente: MEM (1999)
Estos precios son utilizados como 'caso 2' en el análisis del capítulo 5.

Tabla 2.5 Estructura de precios de los derivados de petróleo, 2000

	Precios, mayo de 2000 [USD/galón]					
	Diesel	Gasolina 84	Gasolina 90	Gasolina 95	Gasolina 97	GLP
Costo ex-planta	0.96		0.91	0.96	0.98	0.70
Rodaje			8%	8%	8%	
ISC	38%		84%	87%	94%	19%
IGV	18%		18%	18%	18%	18%
Precio al por mayor	1.56		2.05	2.21	2.33	0.98
Margen comercial, promedio	20%		20%	20%	20%	30%
Precio promedio al público	1.87		2.46	2.66	2.80	1.28
Precio promedio [USD/MMBTU]	13.50		17.73	19.14	20.18	13.92

Precios de combustibles de mayo de 2000, fuente: MEM (2000)
Estos precios son utilizados como base en el análisis de los párrafos 6.4 y 6.5.

- Favorecer a los combustibles más limpios. La concienciación sobre el medio ambiente tiene un efecto importante.

En ambos casos se asume que se mantenga la relación actual entre la oferta y demanda en este periodo. No se contempla una conversión a gran escala en el sector transporte a combustibles menos contaminantes (GLP, gas). No obstante, se espera la eliminación total del plomo de las gasolinas (gasolina de 84 octanos).

2.3 Consumo de energía

El consumo de energía del sector transporte está conformado por el consumo de gasolina motor, Diesel, turbo, y petróleo industrial. Durante 1985-1997 el consumo de energía en el sector creció a una tasa de

Tabla 2.6 Precios de importación y exportación de hidrocarburos en el Perú

Año	Precio [USD/barril]					
	Gasolinas	Diesel petróleo	Kerosene y turbo	Petróleo industrial	GLP	Petróleo crudo-exp
Exportación						
1997	24.4	23.1	21.7	16.5	16.8	14.4
1998	13.6	27.5	23.4	12.7	13.4	8.0
1999	34.0	29.7	28.2	13.6	39.6	12.8
Importacion						
1997		25.7	28.0		21.3	19.3
1998		18.2			16.1	11.7
1999		21.0			45.2	17.1

1997, 1998: datos históricos. Fuente: MEM (1999)
1 barril = 42 US galones

3.6% anual, destacándose la penetración del Diesel en el transporte carretero y la disminución del consumo de gasolina y petróleo residual (tabla 2.7).

Por falta de disponibilidad de series estadísticas, ni es posible presentar en este caso el consumo de energía del sector transportes por región (por ejemplo, lo que corresponde a Lima Metropolitana), ni por tipo de vehículo (por ejemplo, automóvil, camión o ómnibus).

2.4 Opciones y planes

De la comparación de las reservas y consumo de energía, se concluye que el Perú no está consumiendo lo que tiene en abundancia, y que por el contrario está consumiendo el recurso escaso, el petróleo. Conforme se puede apreciar en la tabla 2.8, el petróleo representa el 9.6% de las reservas y el 79.7% del consumo, en tanto, el gas representa el 46.9% de las reservas y el 2.8% del consumo de energía.

Tabla 2.7 Evolución del consumo de combustibles en el sector de transportes

Año	Consumo de combustibles [MTEP]						
	Gasolina motor	Diesel petróleo	Subtotal otros	Turbo	Petróleo industrial	Total Sector	Tasa [%]
1985	1,047	692	382	240	142	2,121	-6.60%
1986	1,123	751	389	268	121	2,263	6.70%
1987	1,270	882	446	290	156	2,598	14.80%
1988	1,271	948	389	251	138	2,608	0.40%
1989	1,090	947	327	212	115	2,364	-9.40%
1990	1,139	1,069	291	217	74	2,499	5.70%
1991	1,035	942	256	223	33	2,233	-10.60%
1992	1,020	1,123	245	225	20	2,388	6.90%
1993	978	1,210	266	249	17	2,454	2.80%
1994	1,015	1,425	372	302	70	2,812	14.60%
1995	1,022	1,621	413	371	42	3,056	8.70%
1996	1,130	1,681	444	394	50	3,256	7.00%
1997	1,012	1,786	438	392	46	3,237	-0.60%

Fuente: *Hidrocarburos, Anuario Estadístico, 1985-1994, 1995, 1996, 1997.* MEM

El contraste reserva versus consumo adquiere particular importancia, cuando se constata que desde el año 1985 se han registrado una importante reducción de la producción nacional de petróleo crudo, y se ha incrementado el consumo e importación del Diesel de uso automotor (porque el petróleo que se produce en el Perú es pesado y menos apto para producir Diesel).

Lo expuesto señala una situación paradójica del mercado interno peruano, que no consume sus recursos abundantes y baratos, y está consumiendo cada vez más los recursos escasos y caros del mercado, desaprovechando sus ventajas comparativas, que no llegan por ello a convertirse en ventajas competitivas. Esto es consecuencia de la política de precios en los últimos 30 años, que a través de los impuestos han sido el factor decisivo para determinar la orientación del consumo de combustible en el mercado interno.

Desde el punto de vista ambiental, la situación es también contraria al sentido racional. En el Perú, se cocina con kerosene más que con gas, se transporta más con Diesel que con gasolina o gas y se usa en algunas industrias el carbón importado más que el petróleo industrial. En todos estos casos, se están utilizando las alternativas más nocivas para el medio ambiente.

Dentro de este contexto el uso de gas como combustible alternativo en los transportes es una opción atractiva. En primer momento es posible el uso del GLP y del gas natural proveniente de los pozos de Aguaytía y Talara, y en un segundo momento, el gas natural de Camisea, cuyas reservas están aún sin explotar y cuyo mercado interno se debe desarrollar con el objetivo de convertir esa ventaja comparativa, en una verdadera ventaja competitiva. En febrero de 2000, el Consorcio conformado por las empresas Pluspetrol Resources Corp. (Argentina), Hunt Oil (EE.UU.) y S.K. Corp. (Corea) ganó la licitación para explotar el yacimiento de Camisea. En los próximos años se elaborará una estrategia para exportar el gas (teniendo como principal mercado Brazil) y para su uso en el mercado peruano, que está compuesto principalmente por la generación eléctrica y los usuarios industriales, el ámbito comercial, doméstico y automotor.

El futuro energético del país está vinculado íntimamente al desarrollo del Proyecto Camisea. Su entrada en producción, prevista a partir del año 2003, tendrá un efecto de cambio en el patrón de consumo. Principalmente resultará beneficioso tanto en lo referente a la balanza comercial de hidrocarburos (véase el cuadro 2.4, revirtiendo su situación negativa en positiva[3]) como en la parte ambiental al ser el gas natural un combustible más limpio.

En el Plan Referencial de 1999 se ha considerado que la producción absorbida por el mercado interno será del orden de los 335 millones de pies cúbicos para el año 2008, de los cuales serán destinados:

- 248.7 MMPCD[4] a la generación eléctrica (6.3 MMPCD del gas de Talara, 28.3 MMPCD de Aguaytía y 214.1 MMPCD de Camisea);
- 86.5 MMPCD al sector industrial.

Tabla 2.8 Reservas, producción y consumo de energía comercial, 1997/98

[porcentaje]	Uranio	Carbón mineral	Petróleo	Hidro energía	Gas y GLP	**Total**
Reserva	4.6	8.4	9.6	30.5	46.9	100
Producción	0.0	0.1	68.2	17.7	14.0	100
Consumo	0.0	0.5	79.7	17.0	2.8	100

Fuente: Estadísticas de MEM

[3] Como consecuencia de:
- Que se tendrá producción de derivados a partir de los líquidos del gas natural y porque el gas natural permitirá la sustitución de derivados, principalmente el Diesel (31.1 miles de barriles por día, MBPD) y el petróleo industrial (residual) (1.1 MBPD para el año 2008);
- Aumentar la exportación de otros, tales como gasolina y turbo;
- Iniciar la exportación de aquellos combustibles a ser excedentarios, tal como el GLP (véase la tabla 2.10).

[4] Millones de pies cúbicos por día

Tabla 2.9 Balance volumétrico de los derivados de petróleo

Año	Balance volumétrico [MBPD]					
	Gasolina motor	Diesel petróleo	Kerosene y turbo	Petróleo industrial	GLP	Otros
1990	-0.5	-9.2	-0.7	39.8	-1.4	4.2
1991	0.7	-4.9	0.2	46.0	-1.9	4.0
1992	-0.9	-7.4	-8.6	46.5	-2.1	1.8
1993	0.9	-5.3	0.7	41.0	-2.4	3.7
1994	2.4	-11.3	0.5	32.3	-3.4	5.1
1995	0.0	-18.0	0.4	21.1	-3.2	3.7
1996	1.2	-19.3	-0.7	19.3	-3.3	2.2
1997	0.6	-21.0	-1.0	25.7	-3.0	6.5
1998	2.2	-14.2	0.9	29.2	-3.4	6.7
1999	1.1	-8.8	4.7	29.1	-4.1	6.5
2000	3.2	-9.9	4.6	27.1	-4.9	7.1
2001	5.1	-10.8	4.5	19.7	-4.8	6.9
2002	25.3	-5.9	4.5	4.9	-4.1	6.7
2003	24.3	9.6	17.2	3.2	23.4	6.5
2004	23.7	7.4	17.2	1.5	22.8	6.3
2005	23.2	2.4	17.1	-0.2	22.2	6.1
2006	22.8	-2.3	17.0	-2.0	21.6	5.9
2007	22.5	-5.6	16.9	-3.6	20.9	5.7
2008	22.3	-8.6	16.8	-5.3	20.2	5.5

1990-1998 Datos históricos. 1999-2008 Pronósticos
Fuente: MEM (1999)

3 TRANSPORTE Y AMBIENTE EN LIMA METROPOLITANA

3.1 Introducción

El crecimiento de la población, el aumento de aglomeración urbana, la política del mercado libre y el crecimiento económico han provocado un gran incremento en el parque automotor en general y en el transporte de pasajeros en particular. Este incremento espectacular ha provocado a su turno varios problemas de variada naturaleza para la población de Lima. El objetivo de este capítulo es elaborar un análisis de estos problemas y presentar opciones para resolverlos. El capítulo se encuentra dividido en seis partes: la primera describe el marco administrativo e institucional del sector transportes en Lima Metropolitana. La segunda y tercera parte sitúan el transporte publico de pasajeros dentro el sistema de transporte nacional y determinan sus aspectos operativos. La cuarta parte presenta detalladamente el impacto de emisiones del transporte al medio ambiente. Sobre la base de la información anterior, en la quinta parte se realiza un diagnóstico al nivel informativo del sector transporte urbano y del transporte de pasajeros en particular. El capítulo termina con un párrafo que resumen las estrategias actuales y planeadas para mejorar el funcionamiento del sector y disminuir sus impactos nocivos al ambiente y a la salud humana.

Lima Metropolitana, la capital del Perú, y su territorio corresponde a la Provincia de Lima, integrante del Departamento del mismo nombre. Se localiza en la zona central de la costa peruana. Limita por el norte con las provincias de Huaral y Canta, por el este con la provincia de Huarochirí, al sur con la provincia de Cañete y al oeste con el Océano Pacífico. La estrecha franja de su territorio costeño es poco accidentada, suavemente ondulada entre los Andes y el mar, donde predominan las pampas desérticas. Algunos contrafuertes andinos se prolongan hasta el litoral originando islas, islotes y peñascos cerca de la costa. Su expansión urbana se desarrolla sobre las áreas ubicadas entre los ríos Chillón al norte, Lurín al sur y el río Rimac que atraviesa a la ciudad por el centro. La provincia litoral del Callao ha constituido hacia el oeste un conglomerado, fuertemente conectado con la ciudad de Lima, configurando la llamada 'Area Metropolitana de Lima y Callao'.

El Area Metropolitana de Lima y Callao cubre una extensión de 2,812 kilómetros cuadrados (km^2), de los cuales el 28.4% tiene uso urbano, 6.4% uso agrícola y el 65.2% son tierras formadas por cerros y laderas de pendientes pronunciadas. Presenta una topografía plana a ligeramente ondulada, con una altitud promedio de 150 m.s.n.m.

La población de Lima Metropolitana, ha ido creciendo, partiendo de 662 mil habitantes en 1940, a 6,434,000 habitantes en 1993 y a 7,150,000 habitantes a fines de 1998. El área metropolitana de Lima y Callao concentra al 29% de la población del país. El ritmo de crecimiento de la población presenta una tasa promedio anual de 5.2% entre 1940 y 1961, de 5.5% entre 1961-1972, de 3.9% entre 1972 – 1981, de 2.4% entre 1981-1993, y en la década de los 90 alrededor del 2.0%.

El Perú es uno de los países latinoamericanos más centralizados, la capital:
- Alberga la tercera parte de la población nacional,
- 54% del Producto Bruto Interno (PBI),
- 83% de la actividad financiera,
- 69% del parque automotor.

3.2 Administración y marco institucional

3.2.1 La administración

Por décadas el Estado peruano, tanto a nivel central como local, abandonó a su suerte el transporte urbano. A comienzos de los años 70 se produjeron más esfuerzos de planificación, aunque enfocándose en construir más infraestructura, más que en el mejor uso de las vías disponibles ó en el ordenamiento del transporte público. La Constitución de 1993 asigna mayor autonomía a los gobiernos locales, también en el área del transporte urbano, que trata de disminuir la tradición centralista, pero también ha creado fricciones entre el Gobierno central y las autoridades municipales.

Siendo la capital de la República, Lima Metropolitana tiene un régimen especial de conformidad a su constitución política, que es reglamentada por la Ley Orgánica de Municipalidades. La Capital de la República es sede de la Municipalidad Metropolitana, la que ejerce jurisdicción sobre 43 municipalidades distritales ubicados dentro la Provincia de Lima. Los órganos de gobierno de la Municipalidad Metropolitana son:

- El Consejo Metropolitano;
- El Alcalde Metropolitano;
- La Asamblea Metropolitana de Alcaldes

Aparte de la Municipalidad Metropolitana de Lima y la Municipalidad Provincial del Callao, el Gobierno Central sigue teniendo una responsabilidad importante, desde el rol normativo nacional que juega el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTCVC), pasando por las responsabilidades específicas que le corresponden al Ministerio del Interior con la Policía Nacional del Perú (PNP), al Ministerio de la Presidencia con CORDELICA, a la Presidencia del Consejo de Ministros, a que pertenece el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y al Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).

Otros organismos involucrados son INDECOPI (derechos de los consumidores del transporte), la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (que conduce el registro vehicular) y la Municipalidad de Huarochirí, hacia donde ya se ha extendido la metrópoli.

El problema de la congestión se agrava por la existencia de esta multitud de instituciones con muy poca articulación entre ellas. No obstante, desde 1996 existe el Proyecto de Transporte Urbano para el Area Metropolitana de Lima y Callao (PROTUM), apoyado por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo. Este proyecto ha servido de factor catalizador en favor de formar un cuadro institucional con autoridad. Se formó en 1997 el Consejo de Transporte de Lima y Callao, en que participan las dos Municipalidades, MTCVC, MEF y, con voz, la Policía Nacional. Este Consejo tiene una Secretaría Técnica, en la que participan las instituciones señaladas, la misma que cuenta con autonomía técnica y financiera. PROTUM se encuentra muy cerca a la Secretaría Técnica en esta constelación.

3.2.2 El marco institucional

En 1981, a través del Decreto Supremo DS 079-81-TC, el Gobierno autorizó la transferencia de funciones de los asuntos relacionados con el tránsito y transporte del Gobierno Central a las Municipalidades Provinciales. En el caso particular de la Municipalidad de Lima Metropolitana, la regulación del transporte publico de pasajeros corresponde a su Dirección Municipal de Transporte Urbano (DMTU). Así mismo, en 1988, a través del D.S. 001-88-PCM, el Gobierno transfirió las funciones de revisiones técnicas del parque automotor y de autorización y control de los depósitos de los vehículos del Ministerio del Interior a las respectivas Municipalidades Provinciales.

Las funciones transferidas del Gobierno Central a las Municipalidades Provinciales, son complementadas por varios reglamentos:

- Decreto Legislativo (DL) No. 651, por el cual establece la libre competencia en las tarifas y el libre acceso a las rutas del servicio público de transporte urbano e interurbano de pasajeros en todo el país, eliminando todas las restricciones administrativas y legales que se opongan a esta disposición,

y, autoriza en forma excepcional y transitoria a las personas naturales y jurídicas en general a prestar, bajo su responsabilidad, dicho servicio en todo tipo de vehículos automotores, salvo camiones y vehículos de 2 ruedas.

- Mediante el DS 010-92-TCC, el Gobierno establece que los Municipios Provinciales formulen un Plan Regulador de Rutas de Transporte Urbano de Pasajeros, precisando los recorridos por los cuales deben prestarse dichos servicios y otros aspectos técnicos. A base de este Plan, los transportistas de servicio público de transporte urbano e interurbano de pasajeros solicitarán en los Municipios Provinciales, para el inicio del servicio, las rutas que deseen recorrer e inscribir el o los vehículos con que realizarán dichos servicios.
- Con la finalidad de garantizar la obligatoriedad de registrarse en las Municipalidades Provinciales a las personas naturales y jurídicas que presten servicio público de transporte urbano e interurbano de pasajeros, el Gobierno dispone la sanción de internamiento y pago de una multa (D.S. 012-94-TCC).
- A través las Ordenanzas 104 y 131, se aprobaron el Marco del Transporte Terrestre en la Provincia de Lima y las disposiciones normativas generales y se aprobó el Reglamento del Servicio Público de Transporte Urbano de Pasajeros en Omnibus y otras modalidades para la Provincia de Lima.

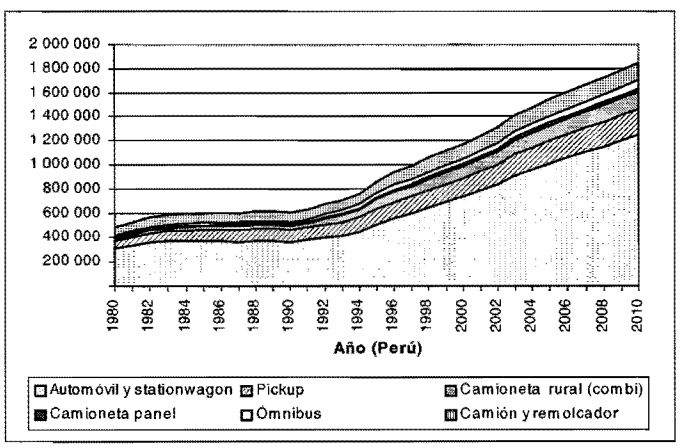
3.3 Parque automotor en el Perú y en Lima

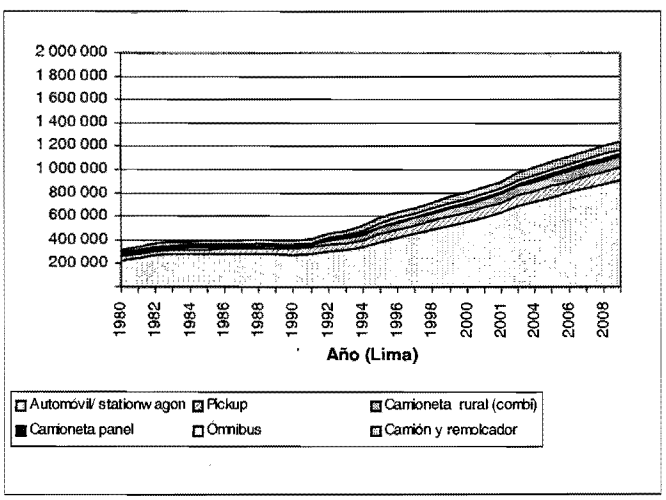
3.3.1 Evolución del parque automotor

El parque automotor inscrito en el área de Lima Metropolitana y Callao, al 31 de diciembre de 1998 fue compuesto de 720,139 vehículos; el cual, está conformado por 414,712 automóviles, 75,395 station wagon, 72,416 camionetas pick up, 62,387 camionetas rurales, 11,721 camionetas panel, 29,427 ómnibus, 41,707 camiones, 6,281 remolcadores y 6,093 remolques y semi remolques. El parque automotor de Lima se ha incrementado de 320,313 unidades en 1980, a 397,623 en 1990 y a 720,139 unidades en 1998, lo que significa un crecimiento de 81% entre 1990-1998 o 7.7% por año (véase el cuadro 3.1).

El parque automotor inscrito en todo el Perú, al 31 de diciembre de 1998 se eleva a 1,055,745 vehículos; el cual, esta conformado por 645,934 automóviles y station wagon; 140,917 camionetas pick up; 95,804

Cuadro 3.1 Evolución del parque automotor en el Perú en Lima, 1980-2010





1980-1998: Datos históricos del MTCVC

1998-2010: Proyecciones (elaboración propia, basado en el pronóstico del Plan Referencial de Hidrocarburos de MEM (1999) del parque automotor total en combinación con tendencias históricas por tipo de vehículo)

Tabla 3.1 Tasas de crecimiento del parque automotor en el Perú

Año	Total	Automóvil y station wagon	Pick up	Camioneta rural (combi)	Camioneta panel	Ómnibus	Camión y remolcador
1981-1991	2.30%	1.86%	4.23%	5.88%	3.26%	1.62%	1.10%
1992-1996	8.43%	7.63%	5.14%	23.96%	6.17%	17.87%	5.42%
1996-1998	6.18%	7.68%	2.66%	4.17%	16.20%	0.25%	5.42%
1999	6.36%	7.59%	4.95%	4.77%	7.59%	4.77%	2.80%
2000	4.63%	5.50%	3.59%	3.45%	5.50%	3.45%	2.03%
2001	6.02%	7.12%	4.63%	4.45%	7.11%	4.45%	2.61%
2002	5.41%	6.36%	4.12%	3.96%	6.36%	3.96%	2.32%
2003	7.73%	9.01%	5.87%	5.64%	9.01%	5.65%	3.32%
2004-2005	4.64%	5.36%	3.51%	3.38%	5.36%	3.38%	1.99%
2006	3.87%	4.47%	2.93%	2.82%	4.47%	2.82%	1.66%
2007	4.33%	4.84%	3.17%	3.05%	4.84%	3.05%	1.80%
2008	3.50%	3.92%	2.56%	2.46%	3.92%	2.46%	1.45%
2009-2020	3.70%	4.14%	2.71%	2.60%	4.14%	2.60%	1.53%

1980-1998: Datos históricos del MTC

1998-2010: Proyecciones (elaboración propia, basado en el pronóstico del Plan Referencial de Hidrocarburos de MEM (1999) del parque automotor total en combinación con tendencias históricas por tipo de vehículo)

camionetas rurales; 15,094 camionetas panel; 43,366 ómnibus y 114,630 camiones, remolcadores, remolques y semi remolques.

El parque automotor en el país se ha incrementado de 486,084 unidades en 1980, a 605,550 en 1990 y a 1,077,745 unidades en 1998, lo que significa un crecimiento de 56% entre 1990-1998 o 5.7% anualmente. El Plan Referencial de Hidrocarburos 1999 del MEM supone que esta tendencia continuará durante el periodo 1999-2003 con una tasa promedio de crecimiento de 5.9% por año. Durante 2004-2008 el crecimiento disminuye a una tasa promedio de 4% por año (véase la tabla 3.1).

Desde 1959, la flota total de vehículo motor en el Perú ha crecido desde 126,000 a más que un millón en 1999. La tasa anual de crecimiento era más alta durante los 60s (autos 11%, vehículos comerciales 6%) a un crecimiento anual del PIB (producto interno bruto) de 6%. Ninguna sorpresa, la década de la 80s con su disminución neta en el PIB (- 0.4%) mostró un crecimiento modesto (autos 1.8% y vehículos comerciales 3.3%). La tasa de crecimiento fue alta en los 90s con 6% (autos) y 7% (vehículos comerciales). La tabla 3.1 muestra que el crecimiento de los autos, ómnibus, camiones y del acarreo fue el más rápido.

Después que el gobierno peruano eliminó restricciones a la importación en 1991, el país experimentó un crecimiento rápido en las importaciones de vehículos usados. Esto era parte del programa económico de

Tabla 3.2 Distribución del parque vehicular en Lima Metropolitana según antigüedad, 1998

Lima y Callao (diciembre 1998)	Antes de 1981	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-1998	Total
Automóvil	36.6%	15.3%	13.3%	21.0%	13.8%	414 712
Station wagon	17.3%	13.9%	24.4%	38.6%	5.8%	75 395
Pick up	24.4%	19.1%	19.4%	23.1%	14.0%	72 416
Camioneta rural	12.8%	18.9%	41.3%	20.1%	6.8%	62 387
Camioneta panel	25.0%	10.6%	8.8%	32.3%	23.3%	11 621
Ómnibus (y microbús)	34.8%	27.2%	24.7%	11.8%	1.4%	29 427
Camión	45.5%	11.7%	16.2%	19.6%	7.0%	41 707

Fuente: Fuente: Encuestas realizadas por CIDATT (2000), ver el Anexo B Datos de Lima y Callao. No incluye remolcadores, remolques y semi remolques.

liberalización del mercado y reestructuración iniciado por el gobierno del presidente Fujimori en 1991. Los aranceles de importación se redujeron desde casi 70% en 1988 al 15% (el nivel de hoy del arancel para la mayoría de las mercaderías importadas en el Perú). Desde que la producción doméstica de vehículos cesó completamente en los principios de los 90s, las importaciones han causado un nuevo crecimiento en la flota peruana de vehículos. Las importaciones ascendieron de 4,600 en 1991 a 28,000 en 1997 (con un pico de 67.000 en 1995). De estas importaciones durante 1991-1997, los vehículos usados (de segunda mano) representaron alrededor de 50% de importaciones[5].

El gobierno ha autorizado el establecimiento del CETICOS (Centros de Exportación, Transformación, Industria, Comercialización y Servicios) en las ciudades/puertos de Ilo, Matarani, Paita y Tacna. Se autoriza a los CETICOS la reparación de vehículos importados que se han dañado en accidentes y la conversión de vehículos de conducción por la izquierda a por la derecha. Casi todos los vehículos pueden entrar en Perú. Se exoneran a nuevos vehículos de pagar el ISC. Los vehículos usados se someten al ISC de 45%, sin embargo, mientras ellos pasen mediante los CETICOS son exonerados de dichos pagos.

3.3.2 Estructura del parque vehicular

Automóviles

Durante los 80s, la producción doméstica (Toyota, Datsun, Nissan y Volkswagen) fue creciente pero declinó rápidamente a principios de los 90s. Una característica interesante del automóvil peruano promedio es su larga vida útil. De los vehículos de 1980, por lo menos 62% estaba todavía en uso en 1996, 16 años después. En 1992, la importación de vehículos comenzó a acelerarse con vehículos usados representando más de la mitad del crecimiento. Dado la pequeña tasa de retiro más el influjo reciente de vehículos usados importados, no es sorpresa que la edad promedio del vehículo sea bastante alta, 16.8 años para automóviles y 12.6 años para station wagon, correspondiendo a una tasa promedio de retiro de 2% por año, según una encuesta hecha por CIDATT (2000).

Las marcas principales agregadas al parque automóvil desde 1980 son Toyota, Nissan/Datsun, Volkswagen, Hyundai, Daewoo y el Ford (juntos han contribuido a más del 70% del aumento del parque en el periodo 1980-1996)[6]. Después de 1991, estas seis marcas continúan dominando el mercado con casi el 70% de las ventas de vehículos. Especialmente Daewoo ha tenido éxito en los años recientes con su modelo Tico, un modelo barato y popular, especialmente entre conductores de taxi (véase también el párrafo 6.5). De las demás 14 marcas disponibles en el mercado, Honda y Lada pueden mencionarse; ambas cubren el 4% de las ventas de vehículos.

CIDATT ha ejecutado una evaluación para Lima Metropolitana sobre las características del parque de

Tabla 3.3 Distribución del parque de automóviles y station wagon en Lima Metropolitana según marcas principales

Lima y Callao (diciembre 1998)	Parque de vehículos (diciembre 1998)		Importación de vehículos (en el periodo 1991-1999)	
Toyota	111 539	22.8%	84 374	37.7%
Volkswagen	72 910	14.9%	4 210	1.9%
Nissan	51 857	10.6%	45 690	20.4%
Daewoo	29 113	5.9%	20 326	9.1%
Otras marcas	224 688	45.8%	69 213	30.9%
Total	490 107	100.0%	223 813	100.0%

Fuente: Encuestas realizadas por CIDATT (2000), ver el Anexo B

[5] En el periodo de 1991 a 1999 fueron importados 183,186 vehículos nuevos y 223,813 vehículos usados.

vehículos, sus principales usos modales y combustibles utilizados. Los resultados de este estudio se presente integralmente en el Anexo B al presente informe (CIDATT, 2000).

Buses

En el caso de los autobuses, tanto la importación como la fabricación local eran mínimas en los años ochenta. Después de 1991, la importación de vehículos usados se aumentó rápidamente, sobre todo de unidades de tipo combi y microbús, para cerrar esta brecha con la demanda para el servicio de transporte de pasajeros (ver el párrafo 3.4.1). En diciembre de 1998, el parque metropolitano de buses incluyó:

- 12,789 camionetas rurales, conocidas como 'combis' (el número total fue de 62,387 unidades combi);
- 10,012 microbuses;
- 15,930 ómnibus [7].

Si los automóviles limeños se pueden llamar 'longevos' entonces los autobuses deben llamarse 'inmortales'. De los ómnibus en 1980, el 92% era todavía en uso en 1996, correspondiendo a una tasa de retiro menor a 1% por año. La edad promedia de los vehículos que operan las rutas fijas de transporte de pasajeros es de 14 años (combi: 10 años, micro: 16 años y ómnibus: 18 años).

En los 80s se ensamblaron en el país Volvo y Mitsubishi. Desde 1991, el 85% de los autobuses agregados al parque eran usados, dominado por siete marcas: Volvo, Mercedes y Scania (principalmente importaciones de autobuses nuevos) e Internacional, Ford, Mitsubishi y Asia (mayoritariamente usados).

3.4 Transporte público de pasajeros

Los servicios públicos de transporte urbano de pasajeros se puede clasificar en:

a. *Servicio Regular:* es aquel servicio sujeto a rutas, horarios y frecuencias y puede brindarse a través de rutas de: i) vías de acceso restringido y ii) vías de libre acceso. Se clasifica formalmente los vehículos en:
   - Omnibus: con una capacidad que fluctúa entre 50 y 100 pasajeros;
   - Microbús: con una capacidad que fluctúa entre 20 y 49 pasajeros;
   - Camioneta rural: con una capacidad que fluctúa entre 9 y 19 pasajeros.

b. *Servicio Especial:* es aquel servicio no sujeto a rutas, horarios o frecuencias y se presta bajo la modalidad de taxis, transportes turísticos, transporte de personal, transportes de estudiantes y transporte en vehículos menores.

3.4.1 Estratificación y composición del servicio regular de transporte de pasajeros

El número de "empresas operadoras" de transporte urbano en Lima Metropolitana se incrementó de 150 en julio de 1990 a 412 en diciembre de 1997 y se redujo ligeramente a 408 en diciembre de 1998. De las "empresas operadoras", un 96% se distingue por operar sus servicios públicos de transportes con vehículos de la propiedad de personas naturales, es decir accionistas de la empresa o terceros. Sólo 1% de las operadoras, brinda servicios con vehículos de propiedad empresarial y el restante 3% lo realizan en forma mixta con flota propia y de terceros. En el caso de empresas, el 53% de las empresas poseen una flota inferior a 70 vehículos; el promedio general de ellas es de 84 vehículos. En el caso de las personas naturales, la relación promedio por propietario es de 1.25 unidades por persona, lo que muestra el bajo nivel de capitalización de este sector.

En la mayoría de los casos los propietarios no conducen sus vehículos y la encomiendan a choferes y cobradores[8], con quienes no mantienen relación laboral formal y pagan por sus servicios un porcentaje

[6] Zegras (1988) ; ver también la tabla 3.3.

[7] Fuente: CIDATT (2000) y PAE (1998)

[8] El 97% con chofer y cobrador, y 3% en la modalidad de chofer–cobrador. Información proporcionado por CIDATT.

de los ingresos obtenidos. Esto último, le dificulta regularmente a las "empresas operadoras" resolver el reclamo constante de los usuarios, sobre el comportamiento cuestionable de choferes y/o cobradores, a quienes difícilmente pueden sancionar en forma efectiva.

En el periodo 1990-1998, la flota autorizada a operar en Lima Metropolitana se incrementó (véase también la tabla 3.5):

- Camionetas combis de 2,500 a 12,789;
- Microbuses de 3,500 a 10,012;
- Omnibus de 4,700 a 15,930.

Tabla 3.4 Distribución de vehículos de transporte de pasajeros según antigüedad

Lima y Callao (diciembre 1998)	Taxis	Combi	Microbús	Omnibus
Antes de 1981	11.6%	2.3%	24.3%	38.6%
1981-1985	6.4%	18.5%	24.3%	44.1%
1986-1990	19.5%	61.5%	40.2%	10.2%
1991-1995	43.1%	17.5%	10.7%	6.5%
de 1996	19.4%	0.2%	0.5%	0.6%
TOTAL	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Antigüedad promedio [años]	10	12	16	19

Fuente: Encuestas realizadas por CIDATT (2000), ver el Anexo B
Edad promedia de taxis: automóviles a Diesel, 10.4 años, station wagon a Diesel 8.1 años, automóviles a gasolina 7.6 años, station wagon a gasolina 10.7 años

En 1991, el gobierno de Alberto Fujimori estableció un programa amplio de privatización de empresas estatales y de reforma económica, abriendo el mercado de comercio. Esto ayudó a reducir la inflación y a acelerar el crecimiento económico. Un efecto de estas medidas era la despedida masiva de empleados de empresas estatales, quienes usaron su compensación para comprar vehículos para entrar en el transporte público. Esto coincidió con la desreglamentación del transporte público urbano y con el levantamiento de las restricciones de importación de todos los tipos de vehículos usados y nuevos. El Decreto Legislativo (D.L.) 651 permitió a cualquier operador pedir licencia para rutas, iniciando un crecimiento brusco en vehículos públicos de transporte.

Actualmente la flota en operación se distingue por su elevada obsolescencia. En promedio los ómnibus tienen 18 años; los microbuses 15 años y las camionetas combis 11 años (véase la tabla 3.4). La capacidad promedio para cada uno de los citados vehículos es de 81, 37 y 14 pasajeros respectivamente (que incluyen pasajeros sentados y de pie).

El total de rutas en operación es de 765: (i) 548 formalmente autorizadas y (ii) 176 que se operan sin autorización[9]. Inicialmente el incremento de la oferta de vehículos en estas rutas significó una mejor prestación del servicio público de transporte urbano de pasajeros que se brindaban en la ciudad. Pero, su crecimiento explosivo, está ocasionando la ineficiencia del sistema de transporte en su conjunto, por estar la gran mayoría de empresas, operando por debajo de sus niveles mínimos de ocupabilidad, lo cual se traslada a los usuarios a través de mayores tarifas y un bajo nivel de prestación de servicios.

[9] Según información proporcionado por el Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte Terrestre (CIDATT).

Tabla 3.5 Vehículos dedicados al transporte público y a otros usos

Lima y Callao (diciembre 1998)	Automóvil	Station wagon	Camioneta rural	Omnibus
Transporte público	166,323	25,019	12,789	25,942
Otros usos	248,389	50,376	49,598	3,487
TOTAL	414,712	75,395	62,387	29,427

Fuente: Encuestas realizadas por CIDATT (2000). Número de vehículos en Lima y Callao.
Camioneta rural, incluye 4×4 de uso privado
Omnibus: incluye microbús

3.4.2 Estratificación y composición del servicio de taxis

El servicio especial de transporte público es mayoritariamente prestado por taxis. Se puede clasificar en la siguiente manera:

- 23,137 taxis autorizados, formalmente por el Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME);
- 44,074 taxis inscritos, con trámite en SETAME no concluido[10];
- 124,131 taxis informales ('libres').

La última categoría de taxi opera informalmente y no existen estadísticas, pero su volumen ha sido estimado por un conjunto de encuestas implementado por CIDATT (2000), descrito en detalles en el Anexo B. Se puede concluir que el volumen de taxis, dedicado de forma exclusiva y parcial al servicio de taxi, involucró 192,399 vehículos, fines de 1999, lo cual compromete el 39% del total de 490,107 automóviles y station wagon en el parque de vehículos de Lima. Para cada taxi autorizado o registrado (67,211) opera 1.8 veces más vehículos sin cumplimiento de ningún registro.

En el segmento de automóviles la marca Daewoo es la más representativa (véase la tabla 3.6), dentro cuyos modelos destaca el uso del Tico. En el segmento de station wagon destacan los modelos Toyota y Nissan. Los vehículos más antiguos en el servicio de taxi, se encuentran dentro los usuarios de Diesel, lo cual encuentra su explicación en el hecho que la mayoría de vehículos a Diesel ingresan como vehículos usados (a través los CETICOS) y los vehículos gasolineras en su mayoría es adquirido nuevo, sobre todo el modelo Tico (ver también la tabla 3.7).

Tabla 3.6 Distribución porcentual de marcas de autos y station wagon usuarios de gasolina y de Diesel en el servico de taxi autorizado, registrado e informal

	Usuarios de gasolina		Usuarios de Diesel	
Marca	Automóviles	Station wagon	Automóviles	Station wagon
- Daewoo	61.7%	0	0.1%	0
- Hyundai	4.8%	0	0.2%	0
- Nissan	5.0%	33.6%	26.4%	26.9%
- Toyota	9.3%	38.3%	67.2%	68.1%
- Volkswagen	8.0%	0.9%	0.2%	0
- Otras marcas	11.2%	27.2%	5.9%	5.0%
Total	100%	100%	100%	100%

Fuente: Encuestas realizadas por CIDATT (2000), ver el Anexo B

[10] Datos del segundo trimestre de 1999. No han cumplido todavía los requisitos formales para su autorización formal y siguen operando informalmente

Tabla 3.7 Distribución porcentual antigüedad de autos y station wagon usuarios de gasolina y de Diesel en el servico de taxi autorizado, registrado e informal

Marca	Usuarios de gasolina		Usuarios de Diesel	
	Automóviles	Station wagon	Automóviles	Station wagon
- Antes de 1991	8.8%	6.2%	7.0%	0.9%
- 1991-1985	6.7%	10.3%	5.8%	1.1%
- 1986-1990	7.3%	32.0%	27.9%	20.0%
- 1991-1995	27.5%	48.5%	55.8%	77.1%
- < 1996	49.7%	3.1%	3.5%	0.9%
Total	100%	100%	100%	100%
Edad promedia	7.6 años	10.7 años	10.4 años	8.1 años

Fuente: Encuestas realizadas por CIDATT (2000), ver el Anexo B

Se presentan más detalles sobre las características de taxis autorizados e informales en Lima Metropolitana en el Anexo B. En el párrafo 6.4 se detalla más información sobre los vehículos autorizados e inscritos por SETAME.

3.4.3 Demanda de transporte público

Según proyecciones hechas por el AATE (Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico), para 1999 se espera que en Lima Metropolitana se generen unos 10.7 millones de viajes por día, del cual 8.7 viajes de transporte público y 2 millones de viajes privados. En el año 2004 se espera que se generen 9.4 millones de viajes públicos y 4.4 de viajes privados.

Se calcula que aproximadamente el 50% de los viajes pasa por el centro de Lima. Como ejemplo puede citarse que, en la zona de la Plaza de Acho se congregan unas 33,500 unidades de transporte. Sin embargo, algunas de las vías que concentran el mayor número de viajes no coinciden con las vías que tiene el mayor número de vehículos.

En mayo de 2000, una encuesta de pasajeros[11] reveló que el 88% de los clientes del transporte público de Lima no está satisfecho con la calidad del servicio en la ruta que utilizan con frecuencia. Los usuarios calificaron el servicio público en Lima Metropolitana de la siguiente forma:

- Muy bueno 1.8%
- Bueno 9.8%
- Regular 50.3%
- Malo 23.9%
- Muy malo 15.1%
- No opinan 0.5%

3.5 Composición del parque automotor, según combustible

El parque automotor de Lima y Callao utiliza tres combustibles, la gasolina, el Diesel y el GLP (ver la tablas 3.8-3.13). Considerando que los registros administrativos no reflejan el uso de combustibles real que utilizan los vehículos, CIDATT realizó una evaluación de la composición del parque de vehículos, según tipo de combustible. Los detalles de esta evaluación se presentan en el Anexo B.

[11] Realizada por la Empresa Analistas y Consultores, por encargo de la Asociación Peruana de Consumidores (ASPEC).

Como consecuencia de la libre importación de motores Diesel usados y el bajo valor del precio del Diesel con relación a la gasolina, existe una migración de vehículos gasolineros a Diesel, sin que ello se reporte necesariamente a los registros administrativos encargados. En la tabla 3.8 se puede apreciar la migración de vehículos de gasolina a Diesel. También se estima el grado de penetración que ha tenido el GLP el Lima para el uso automotor, de lo cual no existen estadísticas oficiales confiables tampoco (ver la tabla 3.11).

De los vehículos usuarios de GLP, los vehículos con motor dedicado a la combustión de GLP (que son solamente constituidos por automóviles) poseen una clara relación con los registros oficiales, son vehículos nuevos o usados y registrados como usuarios de GLP en los CETICOS. No obstante, el cambio de un vehículo gasolinera a uso de modo dual gasolina-GLP, después su importación, no se registra. Hay 772 vehículos con motor de combustión a GLP y 1,260 vehículos con motor gasolina-GLP (CIDATT, 2000).

Tabla 3.8 Composición de automóviles y station wagon, según el registro oficial y la situación actual

Fuente: Estimaciones a partir de la encuesta realizada por CIDATT (2000)

	Según los registros administrativos	Situación actual (encuesta CIDATT, 2000)
Diesel	39 099	51 999
Gasolina	450 235	436 208
GLP (dedicado)	773	772
GLP (modo dual)		1 128
Total	490 107	490 107

La gasolina de 90 octano, que se expende sin plomo, se constituye en la de mayor uso en los automóviles y station wagon en general, pero la gasolina de 84 octano (con plomo) se constituye en el combustible preferido por el segmento de los taxis, probablemente por su menor precio de comercialización (véase la tabla 3.14).

Tabla 3.9 Composición del parque automotor, según tipo de combustible

Lima y Callao (diciembre 1998)	TOTAL	Gasolina	Diesel	GLP
Automóviles	**414 712**	**396 096**	**16 860**	**1 756**
Taxis autorizados y no autorizados	166 323	153 832	11 243	1 248
- Uso particular	248 389	242 264	5 617	508
Stationwagon	**75 395**	**40 112**	**35 139**	**144**
Taxis autorizados y no autorizados	25 019	3 050	21 854	115
- Uso particular	50 376	37 062	13 285	29
TOTAL				
Automóviles y station wagon	**490 107**	**436 208**	**51 999**	**1 900**
Taxis autorizados y no autorizados	191 342	156 882	33 097	1 363
- Uso particular	298 765	279 326	18 902	537

Vehículos de arrastre que no poseen motor propio

Fuente: Estimaciones a partir de la encuesta realizada porCIDATT (2000)

Tabla 3.10 Composición de automóviles y station wagon, según tipo de combustible

Lima y Callao (diciembre 1998)	TOTAL	Gasolina	Diesel	GLP
Automóviles	**414 712**	**396 096**	**16 860**	**1 756**
Taxis autorizados y no autorizados	166 323	153 832	11 243	1 248
- Uso particular	248 389	242 264	5 617	508
Stationwagon	**75 395**	**40 112**	**35 139**	**144**
Taxis autorizados y no autorizados	25 019	3 050	21 854	115
- Uso particular	50 376	37 062	13 285	29
TOTAL				
Automóviles y station wagon	**490 107**	**436 208**	**51 999**	**1 900**
Taxis autorizados y no autorizados	191 342	156 882	33 097	1 363
- Uso particular	298 765	279 326	18 902	537

Fuente: Estimaciones a partir de la encuesta realizada por CIDATT (2000)

Tabla 3.11 Distribución de vehículos a GLP, según marcas principales

Marca	Automóvil GLP (motor dedicado)	Vehículos de combustión híbrida (motor modo dual)					Total Vehículos	%
		Auto	Station Wagon	Camioneta Rural	Camioneta Panel	Camioneta Pick Up		
Daewoo	36	154	0	1	1	0	192	9.45%
Hyundai	471	48	0	1	0	1	521	25.64%
Kia	39	13	0	0	0	0	52	2.56%
Nissan	8	82	40	7	0	18	155	7.63%
Toyota	91	202	43	10	9	21	376	18.50%
Otras marcas	0	432	35	25	5	16	513	25.25%
Sin Esp marca	127	53	26	4	0	13	223	10.97%
Total General	772	984	144	48	15	69	2,032	100.00%

Fuente: Estimaciones a partir de la encuesta realizada por CIDATT (2000).
Para la definición de 'motor dedicado' y 'modo dual': ver el párrafo 4.2

Tabla 3.12 Distribución de vehículos usuarios a gasolina, según tipo de gasolina

Tipo de Combustible	Muestra Autos	% Autos	Muestra Station Wagon	% Station Wagon	Total Autos y Station Wagon	% Autos y Station Wagon
Gasolina 84	650	27.43%	69	28.87%	719	27.56%
Gasolina 90	1,481	62.49%	156	65.27%	1637	62.74%
Gasolina 95	138	5,82%	7	2.92%	145	5.56%
Gasolina 97	101	4.26%	7	2.93%	108	4.14%
Total	2,370	100.00%	239	100.00%	2,609	100.00%

Fuente: Estimaciones a partir de la encuesta realizada por CIDATT (2000).
Para la definición de 'motor dedicado' y 'modo dual': ver el párrafo 4.2

Tabla 3.13 Composición de los taxis, según tipo de combustible

Lima y Callao (diciembre 1998)	TOTAL	Gasolina	Diesel	GLP
Automóviles	**166,323**	**153,832**	**11,243**	**1,248**
- Taxis autorizados	19,162	17,739	1,225	198
- Taxis registrados	35,830	33,118	2,336	376
- Taxis libres	111,331	102,975	7,682	674
Stationwagon	**25,019**	**3,050**	**21,854**	**115**
- Taxis autorizados	3,975	1,805	2,141	29
- Taxis registrados	8,244	1,245	6,960	39
- Taxis libres	12,800	0	12,753	47
TOTAL	**191,342**	**156,882**	**33,097**	**1,363**
- Taxis autorizados	23,137	19,544	3,366	227
- Taxis registrados	44,074	34,363	9,296	415
- Taxis libres	124,131	102,975	20,435	721

Fuente: Estimaciones a partir de la encuesta realizada por CIDATT (2000)

3.6 La contaminación atmosférica y el transporte

3.6.1 La contaminación y el impacto sobre la salud

En Lima y Callao el daño ambiental es muy severo. La pobreza, falta de educación y de conciencia ambiental son factores determinantes en los problemas de contaminación ambiental. Los principales problemas ambientales que se observa en Lima son:

- Basura,
- Contaminación del agua,
- Contaminación atmosférica,
- Contaminación sónica.

Dentro de la contaminación atmosférica, el transporte urbano constituye la principal fuente contaminante, generando el 65% de dicha contaminación en Lima Metropolitana. Los gases contaminantes se emiten por los tubos de escape de los vehículos automotores y otros dispositivos de fuga de gases, afectando así a la salud humana.

Existen pocos datos específicos sobre contaminantes en el aire de Lima. Solamente la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) hace mediciones en su estación CONACO, ubicado en la zona central de Lima. Dentro del grupo de contaminantes del aire en Lima Metropolitana, según estas mediciones, las partículas totales en suspensión (PM10), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y plomo (Pb), constituyen un problema relevante para la salud de la población.

De acuerdo a las mediciones realizadas por DIGESA:

- Las partículas totales en suspensión, alcanzaron el promedio de 248 $\mu g/m^3$ en 1999, ubicándose en un nivel de emergencia, según el estándar ECA (1 año, alerta 76-100 $\mu g/m^3$, emergencia > 100 $\mu g/m^3$).
- La concentración promedio anual de SO_2, alcanzó el promedio de 131$\mu g/m^3$ en 1999, ubicándose en un nivel de emergencia, según el estándar ECA (1 año, alerta 61-80 $\mu g/m^3$, emergencia > 80 $\mu g/m^3$).

- La concentración promedio anual de NO_x, alcanzó el promedio de 151µg/m^3 en 1999, ubicándose en un nivel de emergencia, según el estándar ECA (1 año, alerta 76-100 µg/m^3, emergencia > 100 µg/m^3).
- La concentración promedio anual de plomo (Pb), alcanzó el promedio de 0.45 µg/m^3 en 1999, acercándose al nivel de emergencia, según el estándar ECA (1 año, alerta 0.39-0.5 µg/m^3, emergencia > 0.5 µg/m^3).

De estas mediciones se deriva que, en Lima, especialmente el material particulado y los óxidos de nitrógeno (NO_x) y de azufre (SO_2) constituyen un problema relevante, aunque en realidad se requieren más análisis de la concentración de contaminantes en la atmósfera urbana. Aun cuando no existen registros específicos en el país, el transporte debe contribuir de manera importante a la contaminación atmosférica. En el Perú es generalizado el uso de gasolina 84 con plomo (con 1.20 cm^3/gl de tetrostilo de plomo como aditivo del combustible). El plomo se expulsa como óxido de plomo por el tubo de escape. No obstante, las causas del envenenamiento por plomo en Lima no se relaciona fácilmente con el consumo de gasolina, a causa de otros usos se le da a este material. En cuanto al material particulado (polvo y partículas) supera los limites máximos propuestos por DIGESA. El aire de Lima tiene una alta concentración de los NO_x y de azufre por el gran consumo de combustible Diesel (favorecido por la libre

Tabla 3.14 Factores de emisiones del parque automotor de Lima y de vehículos que utilizarán combustibles alternativos (GLP, GNC)

	CO2	CH4	CO	NOx	SO2	COV	MP	Rendimiento	
	[g/km]								
Vehículos a gasolina									
Automóviles	269	0.07	35.4	1.7	0.07	5.3	0.06	8.9 km/litro	(3/6)
Taxis	250	0.07	33.2	1.6	0.06	5.3	0.04	9.5 km/litro	(1/3)
Automóviles, nuevos	225	0.08	29.0	1.6	0.06	5.2	0.02	10.6 km/litro	(4)
Combis	381	0.09	37.0	2.0	0.10	6.1	0.10	6.3 km/litro	(3)
Combi, nuevo	325	0.08	35.4	1.9	0.10	5.5	0.10	7.4 km/litro	(4)
Vehículos a diesel									
Automóviles	214	0.01	2	1.2	0.67	0.50	0.32	12.8 km/litro	(3)
Taxis	208	0.01	1.9	1.2	0.65	0.49	0.31	13.2 km/litro	(1)
Automóviles, nuevos	200	0.01	1.8	1.1	0.62	0.46	0.30	13.7 km/litro	(4)
Combi	484	0.02	2.6	2.3	1.52	0.64	0.34	5.7 km/litro	(2)
Microbús	580	0.02	3.1	2.7	1.82	0.77	0.41	4.8 km/litro	(2)
Combi/microbús, nuevo	300	0.01	1.6	1.4	0.94	0.40	0.21	9.2 km/litro	(4)
Omnibus	1400	0.11	122	18	1.00	16	0.5	1.8 km/litro	(2)
Omnibus, nuevo	770	0.07	9	10	0.33	1.9	0.3	3.3 km/litro	(4)
Vehículos a GLP									
Automóviles y taxis	210	0.06	6.9	1.9	0	1.9	0.01	8.1 km/litro	(6)
Combi/microbús	309	0.09	10	2.8	0	2.8	0.01	5.5 km/litro	(4/5)
Omnibus	840	0.4	24	5.7	0	8	0.02	2.4 km/litro	(4/5)
Vehículos a GNC									
Automóviles y taxis	190	1.9	4	2	0	2.1	0.01	9.3 km/m3	(4/6)
Combi/microbús	272	3	6	3	0	3.3	0.01	6.5 km/m3	(4/5)
Omnibus	790	8	8	7	0	9.6	0.02	2.5 km/m3	(4/5)

Fuentes:

Factores de emisión:
Elaboración propia, combinando el rendimiento con factores de emisión de:
- Weaver (1998)
- IPCC (1996)
- Schol et.al. (1992)
- CENERGIA (1999)
- CENERGIA (1995)

Rendimiento:
(1) PAE (1998)
(2) CENERGIA (1993)
(3) Weaver (1998)
(4) IPCC (1996)
(5) Elaboración propia
(6) CONAM (1998b)

importación de motores usados y el precio bajo del Diesel). Por ejemplo, de los 60,000 vehículos del transporte colectivo, el 77% tienen motores Diesel.

Los vehículos Diesel emiten 50% más NO_x que un vehículo a gasolina, pero emiten menos CO y no contiene plomo. En cuando a la emisión de CO_2, el Diesel contiene menos carbon por unidad de energía que gasolina, el motor Diesel es más eficiente y la contribución del uso de Diesel automotor al calentamiento global es menos que la de la gasolina. En términos del total de componentes tóxicos, la gasolina es menos eficiente que el Diesel. Por otro lado, el Diesel por su mayor emisión de SO_2 y partículas. Es difícil decir cual combustible es más nocivo para la salud pública (véase el párrafo 5.4.2 para una discusión más amplia sobre este tema). El actual alto índice de crecimiento del parque automotor en Lima Metropolitana (favorecido por la libre importación de vehículos usados) y la no-existencia de ningún control de emisión efectivo son factores que contribuyen con una tendencia a incrementar la contaminación ambiental, originada en el transporte.

3.6.2 Factores de emisión del parque automotor en Lima Metropolitana

En la tabla 3.14 se presenta unas estimaciones de factores de emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero que son típicas para el parque automotor en operación en Lima.

Usualmente, se expresan los factores de emisiones de un vehículo en 'gramos por kilómetro recorrido'. Las emisiones de gases de un vehículo dependen de varios factores, por ejemplo, de la manera de conducir del chofer, tipo y clase del vehículo, el mantenimiento, condiciones ambientales, tipo de combustible, velocidad del tráfico y otras condiciones urbanas. Las cifras indican promedios de emisiones bajo temperaturas ambientales normales y las condiciones urbanas y el estado del parque automotor, típicos para Lima, como se detalla en continuación. En el párrafo 3.4 se discutió la estructura del parque automotor en términos de tipo de marcas y edad. Los factores de emisión corresponden al caso europeo para gasolina y Diesel, debido a que en promedio la tecnología de los vehículos que circulan en el Perú

Tabla 3.15 Rendimiento y recorrido diario por tipo de vehículo en Lima

	Cantidad	Recorrido [km/día]	Consumo [km/litro] Perú	Consumo [km/litro] IPCC data [6]
Vehículos a gasolina				
Automóviles (excl. taxis)	279 326 (7)	60 (7)	8.9 (3/6)	8.9-12
Taxi (autorizado e informal)	156 882 (7)	249 (1)	9.5 (1/3)	8.9-12
- Subcompactos	39 158 (1/7)	274 (1/7)	12.0 (1)	
- Antiguedad < 10	81 174 (1/7)	253 (1/7)	8.9 (1)	
- Antiguedad > 10	36 550 (1/7)	211 (1/7)	6.2 (1)	
Camioneta rural (combi)	24 141	202 (2)	6.3 (3)	7.4
Microbús	--			
Vehículos a diesel				
Automóviles	18 902 (7)	60 (7)	12.8 (3)	13.7
Taxis	33 097 (7)	240 (1)	13.2 (1)	13.7
Combi	38 198 (7)	202 (2)	5.7 (2)	9.2
Microbús	10 021 (1)	266 (2)	4.8 (2)	9.2
Omnibus	19 406 (1/7)	245 (2)	1.8 (2)	3.3

Fuentes:
(1) PAE (1998)
(2) CENERGIA (1993)
(3) Weaver (1998)
(4) IPCC (1996)
(5) Elaboración propia
(6) CONAM (1998b)
(7) CIDATT (2000)

Vehículos a gasolina:
Afinamiento del motor: 14280 km
Cambio de aceite: 14280 km

Taxis a gasolina:
Afinamiento: 14044 km
Cambio de aceite: 12137 km

Automóvil: Incluye los station wagon
Recorrido: 300 días por año

es japonesa y la semejanza con la tecnología europea es mayor que con la norteamericana (véase la metodología utilizado en los informes del IPCC, 1996). En el caso de los ómnibus y las camionetas y camionetas rurales a Diesel y vehículos a gasolina se han considerado factores de emisión peruanos para algunos gases gracias a trabajos de campo realizados por CENERGIA (1993, 1999). Otros factores son basados en un estudio elaborado por EF&EE y IIEC (Weaver, 1998). En la tabla 3.15, se presentan los rendimientos de los vehículos limeños que determinan de manera gruesa los factores de emisión. A mayor eficiencia o rendimiento menor el factor de emisión.

La importación de vehículos usados puede ó no puede resultar en aire más contaminado. En el Perú, la mayoría de los vehículos usados están entre 5 y 10 años de edad cuando se importan. Normalmente, tales vehículos (de Japón, Corea y Europa, que imponen normas estrictas de emisión) tienen menos emisiones que los nuevos vehículos producidos para la venta en países en vía de desarrollo que no tienen tales normas. Sin embargo, una vez que los vehículos usados llegan es probable que los convertidores catalíticos y otros controles de emisión se quitan, así considerablemente aumentan sus emisiones. La mayoría de los nuevos automóviles importados se parece a los nuevos vehículos vendidos en Europa antes de la introducción de las normas de emisión[12]. Se puede concluir que en el país, el parque automotor se encuentra en la gama superior de las emisiones de vehículos no controlados.

Probablemente la mayoría de vehículos comerciales importados utilizan Diesel. Es probable que los vehículos comerciales que utilizan gasolina fueron ensamblados en el Perú en los 60s y 70s, son viejos entonces. Combinando el rendimiento de estos vehículos (que por su edad y falta de mantenimiento es bajo) con factores de emisión de vehículos no controlados de los estudios de IPCC (1996). De Weaver (1998) y de las mediciones de CENERGIA (1995), se ha elaborado una aproximación de los factores de emisión típicos para Lima.

Los factores de emisión de vehículos a gas natural (GNC) o gas licuado de petróleo (GLP) están basados en el rendimiento típico de los vehículos limeños y los factores de emisión de los informes IPCC (1996) y de un estudio sobre el uso del GNC automotor en los Países Bajos (Schol, 1992). La tabla 3.18 da la oportunidad de comparar las emisiones de vehículos del parque automotor de Lima y las de los vehículos neerlandesas.

3.7 Diagnóstico de las características operativas y técnicas del sector

Los principales problemas en el transporte en Lima Metropolitana provienen de:

1. La falta de una planeación de transporte y urbana.

El sistema de transporte en Lima Metropolitana se caracteriza por su caótico funcionamiento y el creciente congestionamiento vehicular. En las últimas décadas la población de Lima ha crecido fuertemente. Este incremento de la población ha inducido un desarrollo espontáneo de la extensión de la ciudad, que nunca correspondió a una concepción planeada en escala urbana y menos metropolitana. El problema de la congestión se agrava por la existencia de esta multitud de instituciones con muy poca articulación entre ellas. La Constitución de 1993 asigna mayor autonomía a los gobiernos locales, también en el área del transporte urbano, tratando de disminuir la tradición centralista, pero también ha creado fricciones entre el Gobierno central y las autoridades municipales.

2. Una infraestructura vial insuficiente

Lima, con relación a otras ciudades latinoamericanas posee una buena viabilidad, pero su mal uso deviene en ocasionar muy bajas velocidades. Por ejemplo, se evidencia tal mal uso de la vía pública por parte de los vehículos de transporte público, que suelen parar en cualquiera zona donde el pasajero lo solicite e incluso en hora de baja demanda suelen ir a velocidades bajas en espera de los pasajeros, lo

[12] Tales normas forzaron en Europa la entrada del motor Diesel controlado y el uso de catalizadores.

Cuadro de texto 3.1 Factores de emisión de gases de tubo de escape y la eficiencia energética del vehículo

El nivel de emisión de los vehículos motorizados depende de una variedad de factores:

- *Tecnología de los vehículos,* principalmente la eficiencia de la combustión el motor, la masa el vehículo, el tamaño del motor, la transmisión, el diseño aerodinámico, la fricción de los neumáticos y equipamiento adicional (ej. el aire acondicionado).
- *Mantenimiento de los vehículos*, es decir, el mantenimiento periódico, revisión de la presión de los neumáticos, uso de lubricantes apropiados y cambio regular de lubricantes.
- *Factor de carga* (toneladas o pasajeros por vehículo) afecta al eficiencia del modo de transporte, lo cual se mide en litros por pasajero o litros por tonelada-kilómetro transportado. En esta definición, el modo de transporte del bus es más eficiente que un automóvil.
- *Condiciones de viaje* (tales como aceleraciones y desaceleraciones, velocidades constantes, tiempo de detención con motor encendido), que están influidas por varios factores, entre ellos:
- Los hábitos del chofer
- la gestión del tránsito (semaforización, señalización, posibilidades de estacionamiento)
- mantenimiento adecuado de las vías y infraestructura
- la circulación vehicular (congestión, paradas constantes de vehículos de transporte público, intersecciones viales continuas)
- *Velocidades máximas*, típicamente los vehículos son optimizados para el consumo de energía a alguna velocidad (aproximadamente 90 km/hora)
- *Tipo y calidad de combustible,* la emisión de gases y partículas asociados con la operación del vehículo difiera mucho entre los varios combustibles utilizados, gasolina, Diesel, gas natural comprimido, gas licuado, metanol o etanol, y difiera aún más si se toma en cuenta la manera de producción y distribución de estos combustibles.

cual ocasiona congestión y obstáculos a la libre circulación. Así mismo, existe la mala costumbre del conductor privado de estacionar su vehículo en la vía pública. Todo ello, evidencia de un muy bajo nivel de autoridad sobre el tránsito y el transporte.

El paso obligado por el centro de Lima para los viajes que van de un extremo a otro de la ciudad, deviene en atravesar un cuello de botella en esta zona. Se estima que el 30% de las rutas de transporte público pasan por él. La velocidad de viaje difiere mucho de una vía a otra incluso dentro de la misma vía en ciertos tramos, horas, dirección en la que fluye el tránsito etc. Los registros del Consejo de Transportes de Lima y Callao indican que los corredores principales que presentan las velocidades promedio más bajas son: Guzmán Blanco / 28 de Julio (8 km/hora), Av. Abancay (9 km/hora), Av. 9 de Octubre (10 km/hora), Manco Capac / Av. Isabel Católica (10 km/hora), México (11.1 km/hora), Colón / Grau (13.7 km/hora), Alfonso Ugarte (13.7 km/hora) y Angamos (14.7 km/hora). La presencia de grandes terminales de vehículos de transporte interprovincial de pasajeros (perteneciente a diversas empresas, básicamente en las avenidas Abancay, Grau, Manco Capac y áreas próximas a ellas) contribuye a crear una mayor presión sobre el área céntrica de la ciudad y por ende, complica el tránsito vehicular en general.

La infraestructura vial en general favorece la circulación del automóvil privado, no otorgando prioridad al uso de vehículos de servicio público. Por ejemplo, en el centro histórico existen disposiciones que priorizan el tránsito de automóviles privados y de taxis, prohibiendo la circulación de vehículos de servicio colectivo.

3. Falta de sistemas modernos en la administración del tránsito

Uno de los factores que contribuyen a la congestión vehicular y al alto índice de accidentes es la falta de prácticas y sistemas modernos en la administración del tránsito. Las deficiencias en señalización y semaforización, la complejidad de las normas, la debilidad institucional del transporte y la falta de un control eficiente de la policía de tránsito coadyuvan al desorden en el tránsito.

Es necesario restituir el principio de autoridad. El actual sistema aplica papeles de infracción que difícilmente se cobran. Los pocos que las pagan no son habitualmente quién las cometió, toda vez que la infracción sanciona al propietario del vehículo y no directamente al conductor. De alguna forma existe un sistema que ha creado un modo de impunidad a la faltas de transito. Es lamentable, pero cada vez es mayor la participación de los vehículos de transporte público en accidentes fatales de transito; superan el 50% de los mismos. Al igual, que los vehículos dados a la fuga y vehículos nunca identificados, aumenta de año en año.

4. Transporte público de pasajeros ineficiente y sobreoferta de servicios

Hasta los inicios de los 90s la población se movilizaba en ómnibus de gran capacidad. Al principio de los 90s, el transporte público fue desreglamentado en términos de libre acceso a rutas y la fijación de tarifas. Al mismo tiempo, la importación de automóviles fue liberada y, luego, el país empezó a experimentar tasas de crecimiento económico relativamente altas, dando como consecuencia un aumento explosivo de la flota de vehículos de la locomoción colectiva de 10,000 en 1991 hasta aproximadamente 70,000 unidades en 1999, de una amplia distribución de procedencias, modelos y edades. Cuando los ómnibus eran imposibles de sostener en el caótico sistema, se produjo un incremento acelerado de los denominados microbuses hasta 1994, para luego ser superados por las denominadas combis (con capacidad pequeña de 12 a 19 pasajeros), por su bajo valor de adquisición y mantenimiento.

El crecimiento de vehículos colectivos ha ocasionado una caída drástica de la cantidad de pasajeros transportados por vehículo. Por ejemplo, en 1991 el promedio de pasajeros transportados por día en un ómnibus era 1000, mientras hoy es sólo de 400. Igualmente, en la modalidad de microbús y combis, el descenso ha sido de 800 a 350 y de 500 a 250 pasajeros respectivamente.

A raíz del conjunto de estos factores, se ha producido una congestión de tránsito muy significativo. Los problemas de congestión se complementan con otros, tales como las altas tasas de accidentes, una baja notable en las condiciones ambientales y un deterioro urbano en general.

También, se ha afectado a los operadores. A pesar de haber incrementado las tarifas, no obtienen ingresos suficientes para dar un adecuado mantenimiento económico a los vehículos. A finales de los años 90, ni los ómnibus, microbuses y combis lograron su sostenibilidad y han sido desplazados por viejos taxis. La oferta de estos últimos y la falta de toda regulación en la prestación en su servicio, ocasiona que en Lima en distancias medias, sea mas barato viajar en taxi que en el transporte publico.

5. Parque automotor obsoleto y muy numeroso

Como parte de la política de liberalización del mercado, el gobierno peruano procedió a autorizar la libre importación de vehículos nuevos y usados y la reducción de los distintos niveles de aranceles. Estas medidas permitieron el incremento del parque automotor peruano de 605,550 unidades en 1990 a más que 1 millón en 1998. Aunque tal vez positivo desde el punto de vista social, se importó una gran cantidad de vehículos (usados). La tasa de motorización se elevó de 28 vehículos por cada mil habitantes en 1990 a 39 vehículos por cada mil habitantes en 1996.

A mismo tiempo, la no existencia de una reglamentación nacional o metropolitana de revisiones técnicas y la no aplicación de estándares y normas técnicas y de emisión, ocasiona que en la actualidad el parque automotor tenga una vida promedia muy elevada. Esta situación y la libre importación sin restricciones impiden una verdadera renovación del parque automotor.

6. Consumo de combustibles menos limpios

El Impuesto Selectivo al Consumo (ISC) grava de manera diferenciada a los combustibles, pero sin tomar en cuenta consideraciones ambientales o el rendimiento de vehículos. Por ejemplo, los combustible más favorecidos son el Diesel y la gasolina de 84 octanos (con plomo).

7. Emisión de gases de tubos de escape

Los elevados índices de emisiones de los vehículos son consecuencia de los factores arriba mencionados, entre ellos, la elevada antigüedad del parque automotor y la tecnología obsoleta que utiliza, el crecimiento del parque automotor metropolitano, de la motorización y la aguda sobreoferta de capacidad de transportes públicos, la ausencia de revisiones técnicas y control de emisiones vehiculares. Dentro de la contaminación atmosférica, el transporte urbano constituye la principal fuente contaminante, generando el 65% de dicha contaminación en Lima Metropolitana. Los gases contaminantes se emiten por los tubos de escape de los vehículos automotores y otros dispositivos de fuga de gases, afectando así a la salud humana.

3.8 Principales opciones y planes para el ordenamiento del transporte

1. Establecimiento de una autoridad coordinadora para Lima Metropolitana y de una planificación integral

En 1997 se formó el Consejo de Transporte de Lima y Callao, en el que participan las dos Municipalidades, el MTCVC, el MEF[13], y, con voz, la Policía Nacional. Este Consejo tiene una Secretaría Técnica, en la que participan las instituciones señaladas, la misma cuenta con autonomía técnica y financiera.

También existe el proyecto PROTUM[14] que se encuentra muy cerca a la Secretaría Técnica y que sirve de factor catalizador a favor de un cuadro institucional integrado. A través la Secretaría Técnica, PROTUM propuso establecer las llamadas 'Comisiones Técnicas de Contraparte' en los cuales los representantes técnicos de los órganos de línea de las instituciones involucradas participan. Hay tres de estas comisiones técnicas: (1) infraestructura vial (corredores y rutas, rehabilitación y mantenimiento vial, pavimentación de los 'pueblos jóvenes', construcción de ciclovías y peatones), (2) gestión de tránsito y seguridad vial y (3) ambiente. No obstante, el PROTUM no cubre todo el transporte urbano, pero se encarga de la problemática del transporte público.

Lo ideal sería formar una sola autoridad autónoma para la planeación y gestión integral del transporte y del desarrollo metropolitano. No obstante, esto implicaría una modificación de la Constitución, lo cual es sumamente controversial y un largo camino legislativo. En lugar de ello, el establecimiento de un organismo coordinador entre los distintos niveles del gobierno, el Consejo de Transporte de Lima y Callao, es un importante paso adelante hacia una mejor planeación y gestión del transporte al nivel metropolitano.

2. Mejoras a la infraestructura del transporte y al tránsito

La Secretaría Técnica del Consejo de Transporte de Lima y Callao inició en 1997 el proyecto "Asistencia técnica en estudios de transporte urbano para el Area Metropolitana de Lima y Callao". El equipo del proyecto elaboró un diagnóstico ambiental del transporte urbano y planteó algunas líneas de acción[15]:

[13] MTCVC: Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción); MEF: Ministerio de Economía y Finanzas

[14] El Proyecto de Transporte Urbano para el Area Metropolitana de Lima y Callao. Después una fase de identificación y pre-inversión (a través el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo), el proyecto entró en su fase de ejecución en 1999.

[15] Ver Booz-Allen (1999).

- *Mejorar la infraestructura vial del transporte público*
  Desarrollo de una red de 67 km de corredores de transporte público (con vías exclusivas, priorizadas y segregadas para buses)[16] que absorberá el 20-25% de la demanda real de viajes de transporte metropolitano. Desde el punto de vista ambiental, la propuesta de corredores tendrá un impacto positivo. Se espera reducir la emisión de contaminantes[17] de los buses de transporte público de 28,229 kg por hora a unos 1663 kg por hora.
- *Rehabilitación y mantenimiento vial.*
  Rehabilitación y puesto a punto de 400 km de vías, formado por un 56% de vías arteriales y 365 de vías colectores. Con esta recuperación de la red vial se espera ahorrar en el consumo de combustibles (15% para autos, 2% para ómnibus y 20% para camiones).
- *Pavimentación en áreas de bajos ingresos.*
  La pavimentación de 206 km de vías en los llamados 'pueblos jóvenes', incluyendo la construcción de 185 km de veredas.
- *Mejoras geométricas, señalización y demarcación,* de 206 km de vías y unas 220 intersecciones.
- *Construcción de infraestructura para el transporte no motorizado.*
  Una propuesta es la mejora de 72 km de ciertas áreas peatonales. Otra propuesta es complementar el circuito de ciclovías, desarrollado en un proyecto piloto de la Municipalidad de Lima.

3. Mejorar la administración del tráfico vehicular.

El mismo informe del consorcio de Booz-Allen (1999) resume las siguientes acciones:

- *Restricción de vehículos en ciertos áreas o corredores.*
  Una medida propuesta es restringir el acceso de vehículos a ciertas zonas en Lima Central y un sistema de estacionamiento en la periferia y restringir el acceso de vehículos de carga a ciertos horarios.
- *Sistema de concesiones y control del servicio de transporte público.*
  Se propone un sistema de concesiones muy sencillo, parecido al sistema implementado en Santiago de Chile[18]. Los vehículos que pasan por una red de 67 km en el área central estarían sujetos a concesión. En el corredor exigen algunos características (frecuencia, tipo de vehículo, normas operacionales y de emisión, edad del vehículo). Por otro lado hay cierta libertad por parte del concesionario en los origines y los destinos de la ruta.

Según estimaciones del PAE las medidas del Proyecto de Transporte Urbano para el Area de Lima y Callao (como descritas en los puntos 2. y 3.) necesitarían una inversión de US$ 250 millones para su ejecución en un período de 5 años. Al final de este periodo el ahorro económico sería US$ 500 millones (ver PAE, 1998).

4. Propiciar un sistema de transporte rápido y masivo de pasajeros

A diferencia de otras ciudades principales en Latinoamérica, Lima no cuenta con un sistema de transporte masivo y eficiente de pasajeros. En la actualidad, cuenta con obras avanzadas del proyecto "Sistema Eléctrico de Transporte Masivo", cuya construcción se inició en el gobierno anterior. Actualmente, se contempla reactivar el proyecto.

5. Reducir el uso de energía en el transporte y propiciar el uso del transporte público

Existe la urgente necesidad de implementar estrategias y acciones dirigidas a reducir la excesiva sobre oferta de servicios, que ha restado sostenibilidad económica al sistema de transporte publico. Y que ocasiona la alta obsolescencia de la flota, ante la imposibilidad de sostener y realizar inversiones de renovación vehicular. Lo cual, contradictoriamente viene propiciando la degradación del transporte publico en general.

[16] Un conjunto de vías en forma radial (Túpac Amaru, Próceres, Carretera Central, Paseo de la República, Arequipa, Brasil y Venezuela) unidas en el centro por un tipo de anillo, formado por Tacna, Abancay, Grau, Alfonso Ugarte y Ayllón.

[17] Monóxido de carbono, óxidos nitrosos, hidrocarburos, óxidos de azufre, aldehidos y hollín.

[18] Ver el artículo "Transporte Público Bajo Gestión Privada La Licitación en Santiago de Chile" por Henry Malbran en CONAM (1998a)

Tanto CONAM (1998a, 1998b) como PAE (1998) han propuesto una serie de medidas, dirigida a la ineficiencia en la operación de unidades de transporte público y las unidades de taxi y falta de mantenimiento general en el parque automotor:

- *Retiro de vehículos antiguos del transporte público*
  La flota de vehículos públicos en operación es caracterizada por la sobreoferta de alrededor de 70 mil unidades y por su antigüedad de 18 años para ómnibus, 15 para microbuses y 10 para combis. Para solucionar ambos problemas, se ha propuesto el retiro definitivo de camionetas rurales y ómnibus con una antigüedad de 20 años y más a través de la compensación a sus propietarios. El particular podrá usar esta compensación como parte del pago de un nuevo vehículo. La compensación podría ser en forma de crédito para la compra del vehículo o exención de (un porcentaje de) los aranceles. Se estiman los costos administrativos anuales en US$ 450 mil sí el programa se realiza en tres años, (CONAM, 1998a y 1998b), mientras los gastos en los créditos pueden llegar a US$ 10 millones.
- *Revisiones técnicas*
  Un programa de revisiones técnicas permanentes es imprescindible para asegurar el cumplimiento de normas básicas técnicas de seguridad y de control de emisiones. En términos sociales se logrará un mejor rendimiento del vehículo, reduciendo el consumo de combustibles y logrando bajar las emisiones de gases y partículas nocivas y gases de efecto invernadero. Parte del programa será: (1) instalación y operación de los centros de revisión técnica, (2) la fiscalización de los centros, (3) establecimiento de normas técnicas, (4) establecer un programa de capacitación a los técnicos y de información a los dueños de vehículos, (5) realizar controles móviles en la calle, e (6) implementación de los mecanismos para asegurar el cumplimiento de las normas y minimizar la corrupción y la evasión. Un centro especializado costaría US$ 500 mil. Los costos de operación, capacitación y educativo sumarán anualmente a US$ 200 mil. Los costos de reparación de los vehículos (a cargo del dueño del vehículo) se estiman alrededor de US$ 200 por vehículo, más alguna contribución al costo de la inspección (US$ 10, automóviles y US$ 40, ómnibus).
- *Capacitación*
  Aparte de la falta de un adecuado mantenimiento, falta la capacitación en técnicas de manejo. Se plantea desarrollar programas de capacitación a conductores del servicio público y a conductores de unidades de taxis. A través de cursos breves se debería enfocar temas, tales como la conducción económica, el mantenimiento preventivo y criterios empresariales para la renovación de vehículos. Según PAE (1998) los costos de inversión de tales programa sería alrededor de US$ 850 mil.

6. Normas de emisiones para vehículos

En el estudio de Booz-Allen (1999) arriba mencionado, se propone algunos estándares de calidad del aire, tomando en cuenta algunas características físicas del área metropolitana, como la presencia de cerros y la inversión térmica (véase la tabla 3.16). No deben excederse los valores estándar propuesto para el lapso establecido. En la tabla 3.17 se presenta la propuesta de estándares máximos de emisión de gases para vehículos.

Para una evaluación periódica, integrada y permanente de los contaminantes emitidos, se ha diseñado el Sistema de Seguimiento y Monitoreo Ambiental. En este plan, 20 estaciones fijas de monitoreo, cubriendo el espacio metropolitano de Lima y Callao, registran los diversos compuestos y elementos que afectan el aire. Aparte de las estaciones fijas, se dispone de unidades móviles de monitoreo para la medición de la calidad del aire en puntos críticos de la ciudad. Los datos de las muestras de medición se juntan en una 'base de datos' como herramienta para el manejo de información y la toma óptima de decisiones por las autoridades competentes.

7. Incentivos tributarios y sustitución de combustibles

En 1997 el Ministerio de Transportes, Construcción, Vivienda y Comunicaciones (MTCVC) inició el Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire y Retiro de Plomo de las Gasolinas. En el párrafo 6.3.2 se describe detalladamente los objetivos y actividades de este programa. Una actividad es el retiro

gradual del mercado de las gasolinas con plomo. En 1999 se retiró de circulación la gasolina de 95 octanos con plomo. Se prevé disminuir en un 50% el componente de plomo de la gasolina de 84 octanos. Dentro 6 años la gasolina 84 con plomo será retirada completamente. Se definirán los límites de contaminantes en las gasolinas. Dichos límites y los requerimientos mínimos serán la base sobre la cual se establecerá una nueva norma nacional sobre gasolinas.

En el mediano plazo, otra opción sería usar la recomposición del ISC a cada gasolina para incentivar el uso de gasolinas sin plomo y combustibles más limpios, por ejemplo el gas licuado (GLP) y el gas natural (GNC) en el transporte. De igual manera, sería posible utilizar el ISC como mecanismo para hacer variar el ISC según consideraciones ambientales y promover ciertos tipos de vehículos, según combustible, tamaño del motor, eficiencia del motor y emisiones.

Tabla 3.16 Propuesta de estándares de calidad del aire para Lima

	Lapso de muestreo					
[en microgramos por m^3]	10 min	1 hora	3 horas	8 horas	24 horas	1 año
Oxido de azufre	600	450			150	70
Dióxido de nitrógeno		300			150	60
Monóxido de carbono		30 000		10 000		
Ozono		150		100		
Hidrocarburos			160			
Plomo					1.5	0.5
Partículas					180	80
Partículas (fracción respirable)					75	40

Fuente: Booz-Allen (1999)

Tabla 3.17 Propuesta de estándares máximos de emisión de gases de vehículos

[gramos por kilómetro recorrido]	HC	CO	NOx	Partículas
Vehículos con peso menor a 3857 kg				
- Automóviles a partir de 1995	0.25	2.11	0.62	
- Camiones comerciales a partir de 1995	0.63	8.75	1.44	
Vehículos con peso mayor de 3857 kg				
- Autobús urbano extra pesado a partir de 1997	1.3	15.5	5.0	0.07
- Autobús urbano medio-pesado a partir 1997	1.3	15.5	5.0	0.10

Fuente: Booz-Allen (1999)

Tabla 3.18 Comparación de emisiones actuales y normas entre el Perú y los Países Bajos

	CO2	CH4	CO	NOx	SO2	COVs	MP	
Estándares máximas propuestas								
Para Lima (Booz-Allen)								
- Automóvil a partir de1995			2.1	0.6		0.25		[g/km]
- Camión comercial a partir de 1995			8.8	1.4		0.63		
- Vehículo diesel (> 3857 kg) a partir de 1997			15.5	5.0		1.30	0.10	[g/kWh]
Europa (1996)								
- Automóviles a partir de 2000			2.3	0.2		0.20		[g/km]
- Diesel 2000			2.1	5.0		0.66	0.10	[g/kWh]

	CO2	CH4	CO	NOx	SO2	COVs	MP	Rendimiento [km/litro]
Automóviles, emisiones estimadas								
Peru (1999)								
Gasolina	269	0.07	35.4	1.7	0.07	5.30	0.06	8.9
Diesel	214	0.01	2.0	1.2	0.67	0.50	0.32	12.8
GLP	210	0.06	6.9	1.9	0.00	1.90	0.01	8.1
GNC	190	1.9	4.0	2.0	0.00	2.10	0.01	9.3
Países Bajos (1992)								
Gasolina	210	0.08	15.4	1.7	0.02	3.01	0.03	10.3
Gasolina - catalizador	216	0.02	7.7	0.3	0.02	0.74	0.00	10.3
Diesel	213	0.01	0.9	0.6	0.21	0.23	0.13	12.5
GLP	213	0.06	3.7	1.1	0.00	1.23	0.02	8.9
GLP - catalizador	219	0.02	2.1	0.6	0.00	0.24	0.01	8.9
GNC	181	0.69	3.7	1.1	0.00	1.54	0.02	11.4
GNC - catalizador	186	0.01	2.1	0.6	0.00	0.30	0.01	11.4
Vehículos medio pesados								
Peru (1999)								
Gasolina	381	0.09	37.0	2.0	0.10	6.10	0.10	6.3
Diesel	532	0.02	2.8	2.5	1.67	0.71	0.37	5.2
GLP	309	0.09	10.2	2.8	0.00	2.80	0.01	5.5
GNC	272	2.72	5.7	2.9	0.00	3.30	0.01	6.5
Países Bajos (1992)								
Gasolina	256	0.08	18.0	2.6	0.02	3.40	0.05	7.8
Gasolina - catalizador	264	0.02	9.0	0.4	0.02	0.84	0.01	7.8
Diesel	296	0.01	1.3	1.0	0.30	0.36	0.23	9.5
GLP	290	0.06	4.6	2.0	0.00	1.80	0.02	6.6
GLP - catalizador	299	0.02	2.6	0.9	0.00	0.27	0.01	6.6
GNC	246	1.40	4.6	2.0	0.00	2.25	0.02	8.6
GNC - catalizador	253	0.02	2.6	0.9	0.00	0.34	0.01	8.6
Vehículos pesados								
Peru (1999)								
Diesel	1400	0.1	122	18	1.0	16.0	0.50	1.8
GNC	790	8.0	8	7	0.0	9.6	0.02	2.5
Países Bajos (1992)								
Diesel	919	0.1	6.2	15	0.9	9.6	1.3	5.6
GNC	775	1.4	0.7	5	0.0	8.24	0.1	5.1

Fuentes: Emisiones peruanas, ver las tablas 3.3 y 3.4; emisiones neerlandesas, Schol (1992); estándares máximas de Booz-Allen (1999) y WLPGA (1998)

4 EL GAS COMO COMBUSTIBLE PARA EL AUTOTRANSPORTE EN LIMA

4.1 Conversión de motores de combustión interna a gas

4.1.1 Introducción

En el presente capítulo se hace una exposición de lo que es la tecnología de conversión de motores, de ciclo Otto (a gasolina) y de Diesel a sistemas duales que pueden utilizar también el gas, haciendo diferencia entre dos tipos de 'gas', el gas licuado de petróleo (GLP) y el gas natural comprimido (GNC). Se hace una revisión de las diferentes tecnologías existentes y una revisión rápida de lo que son motores de combustión interna y sus diferentes modalidades. El capítulo ve no solamente la tecnología de motores, sino también las características del almacenamiento del gas a través servicentros y de los talleres de conversión

Se muestran las ventajas y desventajas que poseen los vehículos transformados de tal forma. Se realiza una evaluación ambiental para determinar el probable impacto ambiental de la introducción de combustibles alternativos en términos de reducción de emisiones al aire de contaminantes y de gases de efecto invernadero. Se determina la inversión requerida para la conversión de los diferentes tipos de vehículos en el transporte de pasajeros. Sobre la base de este resultado se realiza una evaluación financiera del punto de vista del transportista.

4.1.2 Ingeniería de motores de combustión interna

Los motores de combustión interna son máquinas, cuya energía térmica procede de la combustión de una mezcla flamable, encerrada en la cámara del cilindro de la máquina. Se distinguen dos tipos principales: motores Otto, motores Diesel y motores duales, con sus varias variantes (véase el cuadro de texto 4.1).

En el primer tipo, el combustible empleado (ej. la gasolina) pasa desde un depósito al carburador, donde se pulveriza y mezcla con aire. Esta mezcla es la que entra a los cilindros para explotar dentro de ellos por medio de una chispa eléctrica, proporcionado por el sistema de encendido, la bujía. En el motor Diesel no se requiere ningún sistema de encendido, ya que el combustible se inflama por el calor resultante de la compresión del aire.

Puesto que normalmente un motor Otto ya posee un sistema de mezclado y regulado de la relación aire-combustible, para que este motor pueda funcionar de forma dual se requiere únicamente aumentar al motor una serie de dispositivos que permitan la utilización de gas. En realidad, el motor a gas es un motor Otto, pero con la especial particularidad de poder trabajar alternativamente con dos tipos de combustibles, uno líquido (gasolina) y el otro gas, que sea gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural comprimido (GNC). El motor puede ser alternativo (funciona solamente a gas) o dual (a gasolina o a gas).

Los componentes básicos de una unidad de conversión de GLP o de GNC son:
- Sistema de abastecimiento y almacenamiento del gas,
- Sistema de reducción de presión y evaporización del gas,

- Sistema de mezcla aire-gas,
- Accesorios y válvulas para corte, en el caso de selección del combustible original o del gas.

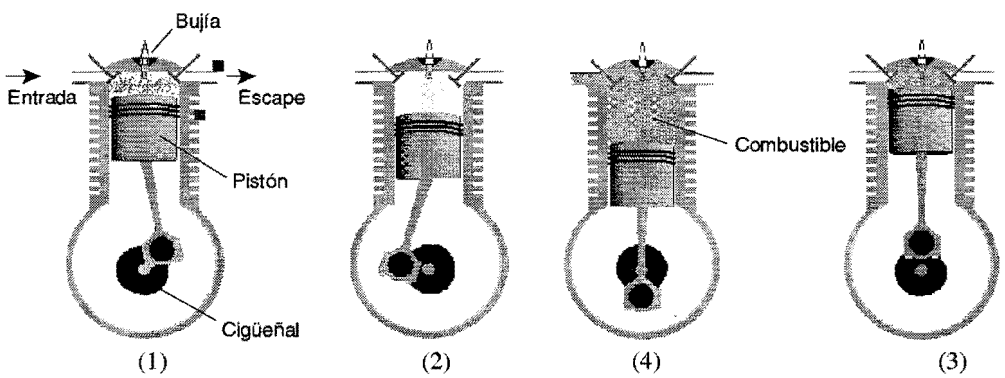
Hacer funcionar un motor Diesel a gasolina es un poco más complicado; hay que modificar el motor para que pueda trabajar de forma mixta con Diesel y gas. Para convertir un motor Diesel a Diesel-gas existen dos métodos:

- La conversión a inyección piloto de Diesel,
- La conversión a ignición por chispa.

En el primer método de conversión se utiliza la mayor cantidad posible de gas, conservando suficiente Diesel para conseguir la autoinflamación de ambos combustibles. Las mismas características que hacen del GNC o GLP un combustible idóneo para su utilización en un motor a gasolina, hacen de éste un

Cuadro de texto 4.1 Motores de combustión interna

Los motores de tipo Otto operan con una mezcla de vapor de gasolina y aire. En un motor de carburador, el combustible pasa por un carburador, donde se mezcla con el aire. En motores más modernos el combustible es aportado al cilindro mediante un sistema de inyección. En un motor con ciclo de cuatro carreras el siguiente proceso tiene lugar durante una revolución cigüeñal. El combustible entra al cilindro (4). Como el volumen de la cámara en el cilindro disminuye (3), la presión y temperatura dentro de ella aumenta. Cerca del punto de compresión máxima, el vapor de combustible es encendido por una chispa. Los gases calientes expanden y fuerzan el pistón abajo entregando energía mediante la varilla del pistón al cigüeñal (1). Los gases residuales se expulsan entonces (2), una nueva mezcla de gasolina y aire entra (4) y el proceso se repite.



El combustible moderno es una mezcla de hidrocarburos al que se agrega productos químicos para aumentar su funcionamiento. En realidad la combustión no marcha suavemente con velocidad uniforme, aparecen aumentos bruscos de presión con oscilaciones en cada ciclo del pistón. Estos rapidísimos golpes causan calentamiento, pérdida de potencia y daños al motor. Para reducir este efecto, se agrega plomo al combustible o (porque el plomo es nocivo para la salud) ciertos compuestos químicos. También se agrega productos para aumentar su número de octanos. Cuanto mayor es el número de octanos del combustible, mayor es el grado de compresión, entonces se tiene mayor potencia para la misma cilindrada de motor.

En los motores de Diesel se comprime el aire a una temperatura y presión mucha más alta que hacen los motores de gasolina. El combustible se inyecta entonces y la temperatura es suficiente alta para inflamar el combustible sin una chispa (autoinflamación). Las presiones más altas requeridas causan que los motores de Diesel sean más pesados y más caros que motores de gasolina; por otro lado, éstos son generalmente más eficientes.

combustible de uso difícil en los motores de ignición por compresión (como es el motor Diesel). La resistencia del gas a la detonación (indicado por su alto octanaje, GLP de 114 y GNC de 130 RON) hace muy difícil la autoignición necesaria en motores Diesel. Se debe incorporar alguna fuente adicional de ignición. Por este motivo los motores a Diesel convertidos al GNC no son motores duales o alternativo, sino más bien mixtos que utilizan ambos combustibles a la vez, aunque se utilice el Diesel en menor proporción y solo para la ignición. Si bien requiere pocas modificaciones internas en el motor, se necesita un sistema de control de la proporción entre la inyección de Diesel y la aspiración de gas en el rango de operación completo de carga/velocidad del motor. Con un sistema de control mecánico se logra un 40-50% de sustitución de Diesel en carretera, mientras los avances en equipamiento electrónico auguran un nivel de sustitución hasta 70-80%. Este tipo de conversión tiene la ventaja de conservar el equipo original de inyección del Diesel, con lo que el motor puede volver a funcionar al 100% de Diesel (cuando, por ejemplo, el GNC se agota).

En el segundo método de conversión, se convierte el motor Diesel a un motor Otto. Para esto se debe realizar la sustitución del sistema de inyección del Diesel por otro de carburación de gas e ignición por chispa por bujías, para que el motor pueda funcionar a un nivel de compresión compatible con el octanaje del GNC. Hay dos desventajas de este método de conversión. El motor pierde la capacidad de funcionar a gasolina o a Diesel y se necesita realizar drásticas modificaciones internas costosas al motor.

4.2 Características del gas licuado de petróleo (GLP) en motores

4.2.1 Características del combustible

EL GLP ha sido usado como combustible para vehículos desde hace muchos años. En 1997 había más de 4 millones de vehículos operados con GLP en el mundo y algunas 21,000 estaciones de servicio. En 1997, el consumo de GLP automotor sumó 21 millones de toneladas. En América Latina, hay vehículos a GLP en Venezuela, Bolivia, Costa Rica, República Dominica, México y Paraguay, entre otros. En el Perú operan alrededor de 1,900 vehículos a GLP[1], de los cuales 1,360 prestan el servicio de taxi.

EL GLP se produce mediante el proceso de refinación de otros hidrocarburos (gasolina, Diesel) y como un extracto de algunas fuentes de gas natural. El GLP automotor se vende en varias mezclas que varían desde el propano puro mediante diversas mezclas de propano y el butano al butano puro. A diferencia de gasolina o Diesel, el GLP tiene un campo de ebullición inferior a la temperatura ambiental y para mantener el GLP en estado líquido es necesario someterlo a una cierta presión.

EL GLP tiene una densidad de energía inferior que el Diesel o la gasolina. En la práctica, 1.5 litros de GLP reemplazan 1 litro de gasolina y 1.7 litros reemplazan 1 litro de Diesel. Para obtener el mismo alcance activo, el volumen del tanque de combustible de un vehículo a GLP es más grande que el tanque de un vehículo a Diesel o a gasolina. Para el mismo volumen el tanque pesa más, pero no significativamente más que un tanque de gasolina. La pérdida de potencia que resulta de la conversión de un motor a gasolina a GLP es pequeña, alrededor de 5%. Sin embargo, el GLP tiene un octanaje más alto, 104, que el octanaje de gasolina, entre 84 y 97, y éste puede casi compensar la pérdida de potencia.

EL GLP puede fácilmente usarse en motores de gasolina. EL GLP con un número de cetano bajo y su alto octanaje lo hace más difícil usar en un motor Diesel, es decir no encenderá por la compresión solamente. Las opciones técnicas disponibles en los motores de Diesel están en el modo dual (usando

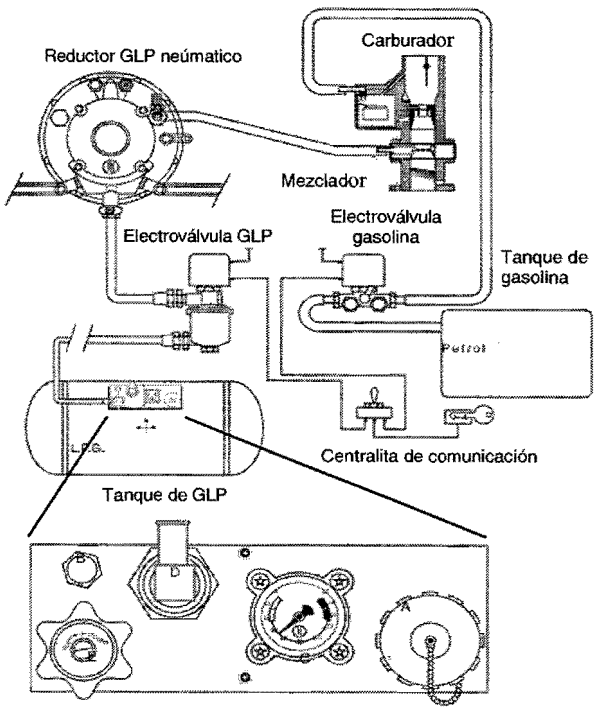
[1] Más información sobre la experiencia internacional existe en WLPGA (1998) y en varios páginas Web, mencionadas en 'Referencias y bibliografía'. Información sobre el parque automotor a GLP en el Perú se presenta en el Anexo B.

15-20% de Diesel como combustible de ignición) o en el modo alternativo en motores modificado para la chispa de ignición. En general, la conversión de motores a Diesel no es tan atractiva como es el caso de la conversión de motores Otto (a gasolina).

4.2.2 *El equipo de GLP en vehículos ligeros a gasolina*

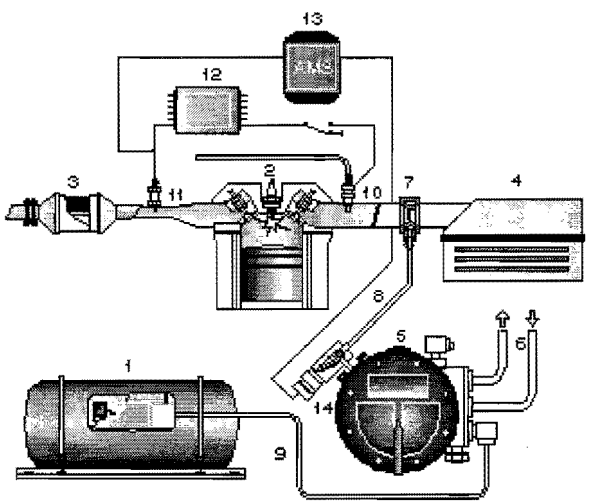
La tecnología aplicada para el uso del GLP ha tenido avances que permiten clasificar los sistemas aplicados por generaciones. En países donde los vehículos no están sometidos a estándares de emisión convencionales (como el Perú) se usa los equipos denominados de *primera generación* (como fue introducida la tecnología primeramente en los países industrializados), también conocido como sistema 'open-loop'. Debido a la introducción de tecnología limpia de gasolina (ej. el catalizador) a partir de los 70s, los sistemas de GLP llegaron a ser más avanzados. Esto resultó en el desarrollo de sistemas para la carburación controlada electrónicamente *(segunda generación),* conocidos como 'closed-loop'. Luego resultó en sistemas aun más sofisticados con sistemas de inyección de GLP en lugar de carburación y control auto-adaptable *(tercera generación).* También, se han desarrollado sistemas para vehículos pesados a Diesel de segunda y de tercera generación. En motores Diesel se puede utilizar el GLP en modo dual, en el cual el GLP solamente reemplaza 35-40% del Diesel, o en modo singular. En el primer caso se agrega el equipo de conversión, en el segunda caso se convierte el motor Diesel en un motor Otto.

Cuadro 4.1 Sistema GLP de primera generación



Fuente: Hollemans (1998)

Cuadro 4.2 Sistema GLP de segunda generación



1. Tanque, 2. Combustión, 3: Catalizador, 4: Filtro de aire, 5: Vaporizador, 6: Refrigerante, 7: Mezclador gas-aire, 8: Tubo de baja presión, 9: Tubo de alta presión, 10: Inyector de gasolina, 11: Sensor de oxígeno, 12: Centralita de control de gasolina, 13: Centralita de control de autogas (AMS), 14: Motor Stepper.

Los sistemas de primera generación son sistemas simples mecánicos, el GLP evaporado que viene del regulador se mezcla con el aire en mezclador, situado arriba del carburador. De allí la mezcla se introduce en el motor.

La electrónica moderna puede ayudar a superar algunas deficiencias del sistema convencional del GLP y liderar de esta manera el desarrollo de sistemas de mediciones básicas del flujo de gas mediante un control electrónico más preciso. En este sistema de segunda generación el flujo de gas es realizado aún por el regulador de presión y la unidad de mezcla, sin embargo ellos están bajo un control digital o

analógico. Este control regula el flujo de la mezcla de combustibles y aire a través de mediciones de las condiciones de operación en el motor, pero puede re-adaptar las mezclas.

La industria de motores y vehículos están desarrollando actualmente nuevos motores con sofisticados sistemas de inyección de combustible (tercera generación). La transformación de un coche a inyección, a diferencia de aquella a carburador, requiere la adopción de un reductor de tipo electro-asistido de una centralita electrónica que se conecta al sistema original del carro y de otros dispositivos eléctricos y mecánicos. El sistema optimiza el desempeño del motor a través de mediciones en el motor y las condiciones en la entrada y en el escape del motor.

Los requerimientos de los futuros límites de emisión han forzado a esta industria a realizar dichos desarrollos. Casi todos los nuevos vehículos que vienen siendo integrados al mercado están equipados con sofisticados sistemas que controlan el combustible y su ignición con un exhaustivo tratamiento.

4.2.3 Costos de inversión de sistemas GLP

Los sistemas disponibles en el Perú, llamados de primera generación, son de origen italiano y español. Su costo varía entre 500 y 700 dólares, incluido el impuesto (IGV, 18 %) y el costo del tanque, cuya capacidad varía de 12 a 16 galones y su precio entre US$ 50 y 60 (Boykiw, 1999). Las marcas de sistemas GLP vendidos son, entre ellas, Landi-Hartog (de España), instalada por la empresa Motor GLP y B.R.C. (de Italia).
No existen estadísticas confiables sobre los sistemas vendidos.

Tabla 4.1 Costos de inversión de vehículos y gasocentros: estimaciones para Lima

Costos de equipos de conversión a GLP en el Perú

Equipo [en USD]	sistema 1ra generación	sistema 2da generación	sistema avanzado
Costo cif.	350	500	660
- Aranceles	12%	12%	12%
- ISC	2%	2%	2%
- Instalación	50	50	75
- Margen	50	75	75
Precio:	500	696	904
- IGV	18%	18%	18%
Precio al cliente	590	822	1067

Mercado actual (1999)

- Convertido	2500 unidades
- OEM	2000-3000 unidades

Posibilidad para reducción del costo del equipo

Tanque:	[USD]
- Importado	150
- Ensamblado	50-70

Costo de infraestructura, GLP
Gasocentros (grifos)

Equipo del gasocentro:	60000-75000
- Capacidad 1500-1800 galones	70000
- Capacidad 2500 galones	90000
Tierra/obras civiles	25000-30000

Fuentes: Elaboración propia, usando datos de:
- Motor GLP, Lima
- Multinacional de Hidrocarburos, Lima
- Solgas-Repsol, Lima
- Boykiw (1999)

OEM: 'Orginal equipment manufacture'

La literatura menciona costos de conversión en rango de US$ 800 a $ 1,500. En la Ciudad de México, la conversión de microbuses gasolineros a GLP (incluyendo convertidor catalítico) cuesta entre US$ 2,000 y 3,000 (CONAM, 1998b). Existen adicionalmente en el mercado internacional sistemas de segunda y tercera generación que incluyen microprocesadores que permiten una optimización del rendimiento del motor mediante un seguimiento permanente al sistema de combustión. El costo para vehículos ligeros se sitúa entre los 1,500 y 2,500 USD (Boykiw, 1999).

Hay también vehículos fabricados (OEM o "original equipment manufacture") específicamente para el uso de GLP. Aquellos provienen principalmente de Corea y Japón (Hyundai y Nissan y Toyota) y dos de estas marcas – Hyundai (modelo Sonata y Stella) y Toyota (modelo Crow) – están presentes en el mercado Peruano. En la literatura aparecen estimaciones del costo incremental de un vehículo a GLP sobre gasolina en el rango de US$ 200 a 2,000 (Zegras, 1998). Mientras que los vehículos convertidos pueden ser hechos para uso híbrido o del GLP o de la gasolina (llamado, "modo dual"), los dedicados al uso solo de GLP generalmente presentan mejores características en términos de consumo de energía y

emisiones, debido a que las características de combustión en el motor pueden ser optimizadas para ese fuel. Típicamente, el problema con vehículos de modo dual (que pueden usar o gasolina o GLP) es que cuando operan con gasolina, ni hay ventaja de reducción de ciertas emisiones locales y globales (CO_2) en comparación con GLP, ni ahorro de gastos de combustible.

4.2.4 Distribución; estaciones de servicio de GLP

EL GLP se transporta por el carretera o ferrocarril en pequeñas hasta medianas cantidades y por gasoducto en cantidades más grandes. En el Perú, una de las principales limitantes mencionadas para la difusión del uso de GLP en el transporte, además de la falta de información, ha sido la carencia de gasocentros. En 1994 sólo había uno localizado en Chorrillos. Hoy existen ocho gasocentros autorizados en Lima[2] y otros diez en trámites de aprobación. Además de YPF, las transnacionales como Repsol-SolGas tienen planes para expandir el establecimiento de estos centros de expendio. El número de gasocentros en planeación es un indicador positivo de la confianza que existe sobre la expansión del uso de gas en el futuro cercano.

En el Perú, mediante DS N°019-97-EM, se aprobó el 'Reglamento de Establecimiento de Venta de Gas Licuado de Petróleo para uso Automotor-Gasocentros', el que se viene aplicando para la concesión de las licencias de funcionamiento. Fundamentalmente, la instalación para suministro de GLP consta de tres partes:

- El tanque o deposito,
- La sala de bombas,
- El suministrador.

El tanque, que preferentemente puede estar contenido en una caja de cemento armado y recubierto de arena. Está construido de acero de alta calidad y puede tener una capacidad de 15 a 30 m^3. Junto al tanque están presentes algunos dispositivos como un manómetro que indica la presión interna, un indicador de nivel que señala el llenado en porcentaje de la capacidad de volumen y un grupo de válvulas de seguridad. *La sala de bombas,* es la parte principal de la instalación: en éstos están incluidos la bomba de descarga, el sistema de desgasificación del producto, el aspirador y la bomba automática de drenaje. *El suministrador* está compuesto de una parte inferior donde están situados los elementos mecánicos de filtración y de medición, de una parte superior donde se encuentra el cabezal de la cuenta métrica. Esta recibe las informaciones del medidor de volumen y las expresa en litros y dinero al usuario. Completan la estación de suministro los *medios de seguridad,* que pueden ser de tipo móvil (extintores) y de tipo fijo (bombas de anhídrido carbónico).

La inversión requerida para la construcción de un gasocentro en el Perú, es de aproximadamente USD 70,000, sin incluir el precio del terreno (véase la tabla 4.1).

4.2.5 Mantenimiento del vehículo a GLP y aspectos de seguridad

Las inspecciones de mantenimiento deben comprobar la condición del sistema de ignición, conexiones de tubos de combustibles y el tanque de almacenaje. La inadecuada operación del sistema de ignición resultará en una combustión inadecuada y un desempeño flojo del vehículo.

EL GLP es un combustible más limpio que la gasolina o el Diesel con menos depósitos de carbón, mayor duración del motor y menos contaminación de lubricante. Por ello, el desgaste de motor se reduce y la

[2] En Lima: Av. La Molina (La Molina), Av. Huaylas Km. 19 (Chorillos), Av. Faucett y Tomás Valle (Callao), Av. Universitaria cdra. 40 (Los Olivos), Av. Los Héroes Cdra. 13 (San Juan de Miraflores), Av. República de Panamá Cdra. 40 (Surquillo), Av. 9 de Octubre (San Juan de Lurigancho). En Chiclayo: Av. La Victoria y Carretera Panamericana. En Trujillo: Carretera Panamericana Norte Km. 569.

vida de componentes (anillos, bujías) dura más. Sin embargo, es difícil encontrar documentación confiable sobre este tema.

EL vapor de GLP es inodoro, sin color y pesa más que el aire, por lo que no se dispersará fácilmente sin el viento o ventilación. Normalmente, se agrega un odorante para ayudar la detección de GLP. Aunque el GLP no es tóxico, los mecánicos que atienden vehículos a GLP deben ventilar el espacio para minimizar el riesgo de asfixia y explosiones. Los garajes de estacionamiento subterráneo no deben permitir estacionar vehículos a GLP. Siendo un sistema de presión alta, trabajar con el GLP requiere precauciones especiales de seguridad y herramientas. Los mecánicos deberían recibir certificación y entrenamiento de especialidad.

Los problemas técnicos con el GLP en países en vía de desarrollo pueden provenir del uso de componentes inferiores en el sistema de conversión. Frecuentemente, los tanques de GLP que se importan han sido rechazados en el país de origen y un taller local puede usar tubería ordinaria de goma para las conexiones de combustible. Esto puede causar fugas peligrosas de combustible.

4.3 Características del gas natural comprimido (GNC) en motores

4.3.1 Características del combustible

EL GNC ha sido usado como combustible para vehículos desde hace muchos años. En 1996 había más de 1 millones de vehículos operados con GNC en el mundo y algunas 2,800 estaciones de servicio, (IANGV, 1997). Los tres países más importantes en el uso del GNC para vehículos son Argentina (385,000 vehículos), Italia (300,000) y Rusia (205,000). En 1997, el consumo de GLP automotor sumó 21 millones de toneladas. Aparte de Argentina, en Sudamérica hay vehículos a GNC en Bolivia (500 vehículos), Brasil (14,000), Colombia (2,600) y Venezuela (1,500). En el Perú no hay vehículos a GNC.

La composición del gas varía, pero normalmente consiste de más que el 90% de metano. El gas natural como combustible puede ser utilizado en diversos tipo de motores, sin embargo, por sus características es más apto para su uso en motores a gasolina que tipo Diesel. El gas natural tiene una densidad de energía inferior que el Diesel o la gasolina. En la práctica, 0.92 m^3 de GNC reemplazan 1 litro de gasolina y 1.03 m^3 reemplazan 1 litro de Diesel. Esto hace imposible usar el gas a temperaturas y presiones ambientales, se necesitaría 900 tanques de gas para reemplazar a 1 tanque de gasolina. Por eso es necesario comprimir o licuar para aumentar su densidad volumétrica de energía. Normalmente, para el uso en vehículos se comprime el gas a una presión de 2,300-3000 psi (160-215 bar). A esta presión, el tanque del gas natural comprimido (GNC) es 4 veces más grande que un tanque de gasolina para obtener la misma gama activa[3]. Hay la desventaja del peso. Mientras un litro pesa 0.75 kg, un vehículo a GNC tiene que llevar 2.8 kg por cada litro de gasolina equivalente. Especialmente en el caso de vehículos ligeros esta penalidad de peso es significativa. Otra desventaja es que la conversión de un motor a gasolina a GLP resulta en una pérdida de potencia del motor de alrededor de 10-15%. Otros problemas encontrados son la pérdida de aceleración y problemas para arrancar el motor bajo temperaturas frías.

El GNC tiene un octanaje más alto, 130, que el octanaje de gasolina, entre 84 y 97, y esto permite un mejor rendimiento. Adicionalmente, el gas natural posee un alto poder antidetonante, mientras que en la gasolina el octanaje es incrementado mediante el uso de aditivos (que provocan efectos ambientales nocivos). El GNC puede fácilmente usarse en motores de gasolina. Se agrega un equipo de conversión a

[3] Otra opción es licuar el gas por enfriamiento a una temperatura de 260°C bajo cero y mantener el gas en el estado líquido a una presión de entre 10 y 50 psi, pero normalmente este gas natural licuado (GNL) no está disponible en la mayoría de los mercados.

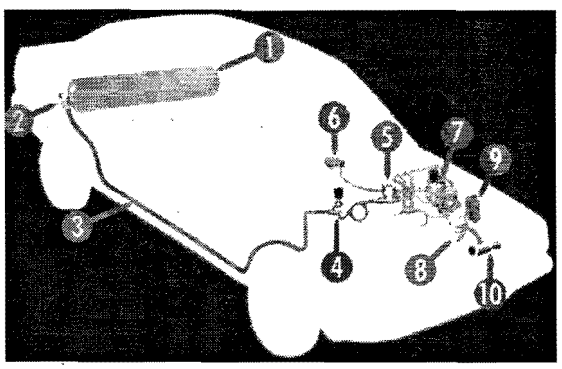
cualquier motor sin requerir modificaciones internas. Un vehículo a GNC tiene menor autonomía que un vehículo a gasolina. Por eso, la operación del vehículo en el modo dual es preferida por los conductores privados, porque pueden utilizar el GNC donde está disponible y utilizar gasolina, por ejemplo en el caso de viajes prolongados al campo. Por otro lado, el rendimiento de un vehículo a GNC en modo dual es menor que de un vehículo dedicado a GNC. En el transporte público urbano, este problema de autonomía tiene menos relevancia, porque los vehículos se encuentran dentro del radio de acción de las estaciones de servicio.

EL GNC, con un número de cetano con valor de 0 y su alto octanaje lo hace más difícil usar en un motor de Diesel, es decir no encenderá por la compresión solamente. Las opciones técnicas disponibles en los motores de Diesel están en el modo dual (usando 20-30% de Diesel como combustible de ignición) o en el modo alternativo en motores modificado para la chispa de ignición, para lo cual se requieren drásticas modificaciones internas a un costo más elevado. Un problema con sistemas duales CNG-Diesel es que es fácil sobrealimentar el motor, resultando en más potencia del motor, pero al precio de una combustión ineficaz y el derroche del motor. En general, no hay un equipo de conversión universal, cada modificación es específica del tipo y modelo de motor. En general, la conversión de motores a Diesel no es tan atractiva como es el caso de la conversión de motores Otto (a gasolina).

4.3.2 El equipo de conversión a GNC

La tecnología aplicada para el uso del GNC ha tenido avances que permiten clasificar los sistemas aplicados por generaciones. En países donde los vehículos no son están sometidos a estándares de emisión convencionales (como el Perú) se usa los equipos denominados de *primera generación* (como fue introducida la tecnología en los países industrializados). Debido a la introducción de tecnología limpia de gasolina, a partir de los 70s, el sistemas de GNC llegaron a ser más avanzados. Estos sistemas no proveen de un mecanismo que permite el sistema de conversión ajustarse a un funcionamiento óptimo. Esto resultó en el desarrollo de sistemas para la carburación controlada electrónicamente *(segunda generación)* y luego resultó en sistemas aun más sofisticados con sistemas de inyección y control auto-adaptable *(tercera generación).* También, se han desarrollado sistemas para vehículos pesados.

Cuadro 4.3 Despiece de un equipo de conversión a GNC



1. Cilindro a GNC
2. Válvula de cilindro
3. Tubo de alta presión
4. Válvula de carga
5. Electroválvula de gas
6. Llave conmutadora
7. Regulador
8. Sistema anti-contaminante
9. Centralito de control
10. mezclador de aire/gas

Fuente: Grupo Galileo

4.3.3 Costos de inversión de sistemas GNC

La literatura menciona costos de conversión en rango de US$ 850 a $ 5,500. En Argentina, la conversión de vehículos ligeros mediante sistema de primera generación cuesta entre US$ 850 y 1,200 (sin impuestos, Boykiw, 1999). La tabla 4.2 muestra los resultados de un estudio de las posibilidades de introducir GNC en Cochabamba, Bolivia (Pérez y Gúzman, 1996). Equipo de segunda y tercera generación, que incluyen microprocesadores que permiten una optimización del rendimiento del motor mediante un seguimiento permanente al sistema de combustión, cuestan entre los 2,500 y 5,000 USD (Boykiw, 1999). El costo de convertir vehículos pesados (buses, camiones) varía entre US$ 8,000 hasta $ 40,000, dependiendo del volumen de la conversión (véase también la tabla 4.4).

Algunos productores de vehículo, por ejemplo, GM, Chrysler y Ford, instalan en la fábrica la capacidad de usar GNC y gasolina (OEM o "original equipment manufacture") a un costo de alrededor de $ 4,000. Mientras que los vehículos convertidos pueden ser hechos para uso o de GLP o gasolina (llamado, "modo dual"), los dedicados al uso solo GLP típicamente se manifiestan mejores características en términos de consumo de energía y emisiones, debido a que las características de combustión en el motor pueden ser optimizadas para ese combustible. Típicamente, la desventaja ambiental con vehículos de modo dual (que pueden usar o gasolina o GNC) es que cuando operan con gasolina, no hay ventaja de reducción de ciertas emisiones locales y globales (CO_2) en comparación con GNC.

El componente más caro dentro del equipo GNC es el cilindro de almacenamiento. Un vehículo ligero necesita un tanque de 50 a 70 litros (que corresponden a 15.6 y 21.8 litros de equivalentes de gasolina, respectivamente). En Argentina, el tanque de 65 litros es común. Este tanque, de acero, pesa 75 kg y cuesta $ 4.00 por litro. Otro modelo de materiales más ligeros, pesa menos, 19 kg, pero cuesta más, $ 10.00 por litro.

4.3.4 Disponibilidad y distribución; estaciones de servicio de GNC

Debido que el GNC es comprimido a alta presión, el suministro de GNC es diferente de los combustibles convencionales. Del ducto, a una presión de entre 50 y 150 psi, el gas es comprimido a una presión mucha más elevada. Existen tres tipos principales de estaciones de carga de GNC.

- En una *estación de carga rápida* ('quik-fill') el gas ya está almacenado en cascadas de cilindros a una presión de 3,000-3,500 psi (200-240 bar). De éstos el gas es despachado a los vehículos por medio de surtidores en forma similar a los de combustible convencional en un lapso de 2-5 minutos.
- En una *estación de carga lenta* ('trickle-fill'), los vehículos reciben el combustible directamente de un compresor, más pequeño que en el caso anterior, el que comprime el gas a la presión del tanque del vehículo (2,400 psi o 165 bar). El tiempo de llenado varía entre 3 a 10 horas, el mismo que realiza simultáneamente a 10 ó 15 vehículos.
- Una *estación combinada* opera durante el día y a 'trickle-fill' durante la noche.

El gas natural, extraído de los yacimientos gasíferos, se distribuye a los centros de consumo y

Tabla 4.2 Costos de inversión de equipos GNC y gasocentros: la experiencia de Cochabamba, Bolivia

Vehículos a gasolina	Unidades convertidos	Equipo de conversión [USD]	Mano de obra [USD]	Cilindros de almacenamiento [USD]	
Taxi	985	570	50	365	(1 de 50 litros)
Minibus	1 350	570	50	730	(2 de 50 litros)
Microbus	2 123	570	50	1 503	(3 de 70 litros)

Taller	Inversión [USD]
Equipo de taller	10 000
Equipo de oficina	2 000
Obras civiles	15 000
Total	27 000

(Datos de la marca Landi Renzo)

Estación de servicio (gasoccentro)	Inversión [USD]
Equipo compresor	277 200
Surtidores	82 400
Instalación mecánica y eléctrica	22 000
Conexión/Acometida	22 000
Obras civiles	70 000
Total	473 600

Fuente: Pérez y Guzman (1996)

procesamiento a través una red de gasoductos. Estos ductos son importantes, puesto que el gas no puede ser distribuido sin la presencia de ellos, ya que no hay otra manera de almacenarlo o transportarlo económicamente a los centros de consumo. Se espera que en el año 2004 llegue el gas natural del yacimiento Camisea, ubicado en el Departamento de Cusco a 600 kilómetros de Lima, a la capital por gasoducto. Además, hay que construir una red de estaciones de servicio de GNC; ninguna existe todavía en Lima. Un problema que puede surgir es la disponibilidad de terrenos adecuados que deben contar con suficiente espacio. En segundo lugar, una estación de GNC no puede ubicarse muy céntricamente, puesto que esta requiere la instalación de una toma desde el gasoducto (que bordearía la ciudad) hasta las estaciones y debido que el precio de instalación de este tipo es alta ($ 2,000-10,000 por cuadra). Otra opción sería un sistema satélite, en el que una estación central, conectado al gasoducto, comprime el gas en cilindros-tanque, que luego son transportados a las estaciones satélites por medio de semiremolques dentro un radio de 50 km de la estación central.

Un obstáculo mayor es el costo de una estación de carga rápida, que varía entre US$ 100,000 a $ 600,000, dependiendo del tamaño y la configuración, muy por encima de la inversión necesaria para la construcción de una estación de servicio de gasolina o GLP (ver las tablas 4.2 y 4.3). El tamaño de los compresores y de la cascada de cilindros dependerá del caudal de carga de GNC a los vehículos que se quiere alcanzar, particularmente a las horas punto de servicio. La inversión requerida para una estación de carga lenta es considerablemente menos, alrededor de $ 8,000-30,000. En la primera fase del desarrollo del mercado de GNC automotriz, será para vehículos, por ejemplo buses, que operan en un área restringida y que regresan a un punto central, en que está ubicada una estación combinada, típicamente en propiedad del servicio público de distribución de gas. Cuando el mercado está creciendo, estaciones de carga rápida privadas podrían ser construidas. Puesto que la autonomía de un vehículo que funciona con GNC es menor a la de un vehículo a gasolina, los vehículos a GNC necesitan acudir con mayor frecuencia a reabastecerse, por lo que la relación número de vehículo/gasocentros deberá ser mucho mayor que en el caso de combustibles líquidos. La existencia o no de estaciones de servicio en el número suficiente como para abastecer satisfactoriamente a los usuarios, puede determinar que se acelere o que se retrase la difusión de los equipos a GNC.

Tabla 4.3 Estimación de costos de estaciones de servicio de CNG, Lima

	Slow fill		Combinación	Fast fill	
	3.4 cm/hora	13.6 cm/hora	59 cm/hora	Experiencia, Argentina	Sistema nuevo modular
Capacidad	2 vehículos/noche	8 por noche	15 por hora	70 por hora	70 por hora
Uso diario	2 vehículos/noche	8 pro noche	25 por noche	600 por día	600 por día
Inversión	$ 8,300	$ 32,000	$ 170,000	$ 600,000	$ 315,000
Inversión/vehículo	$ 4,200	$ 4,000	$ 2,500	$ 850	$ 450
Costos de operación					
- Mantenimiento	0.015	0.015	0.015	0.010	0/010
- Personal	0.000	0.000	0.003	0.030	0.030
- Energía	0.020	0.020	0.020	0.010	0.010
- Depreciación	0.080	0l070	0.070	0.020	0.010
- Ganancia/miscelaneo	0.005	0.005	0.010	0.050	0.020
TOTAL [$/m^3]					
Costo [$/MCF]	3.40	3.12	3.34	3.40	2.27
Costo [$/MMBTU]	3.36	3.08	3.31	3.36	2.27

Fuente: Boykiw (1999)

4.3.5 Mantenimiento del vehículo a GNC y aspectos de seguridad

Tanto por cuestiones de un buen funcionamiento como de seguridad de los vehículos a GNC, éstos requieren de cierto mantenimiento, tal como sucede en otros tipos de vehículos. En este sentido, los vehículos a GNC requieren los siguientes cuidados especiales:

- Por ser un combustible más limpio, los vehículos requieren una menor frecuencia de cambio de aceite. Si en el caso de un motor a gasolina se realizaban cada 3,000 km, con el GNC solo necesita reemplazar cada 6,000 km.
- Por lo menos 2 veces al año debe realizarse un regulado del sistema de carburación en talleres especializados en GNC.
- Cada 5 años debe hacerse a los cilindros de almacenamiento y al equipo de conversión una serie de ensayos que garanticen la seguridad en su utilización[4].

Las tres áreas principales del riesgo potencial en el uso del GNC están relacionadas a su inflamabilidad, su alta presión y la posibilidad que el cilindro se desprenda en caso de accidente. En primera vista, podría pensarse que la manipulación del GNC reviste mayor peligro, por el hecho que es un gas y baja alta presión. Sin embargo, el GNC es más ligero que el aire y se dispersa rápidamente hacia la atmósfera en el caso de un accidente o una fuga. Combustibles líquidos, como gasolina y GLP, se acumulan alrededor de la fuente de fuga y en la superficie y en tal manera causan un peligro de explosión. Los tanque tienen una válvula de seguridad y un disco fusible a través el gas puede escapar en caso de una elevada temperatura o presión. Otra ventaja en este sentido es la mayor temperatura de inflamación (a 1,000 F y en una concentración en aire de 5-15%, en contrario, gasolina se encienda a 500 F (y en una concentración de 1.5%). No obstante, para evitar la acumulación del CNG los espacios cerrados, como talleres y garajes de estacionamiento, deben ser ventilados y deben tener detectores de metano. Siendo un sistema de presión alta, trabajar con el GNC requiere precauciones especiales de seguridad y herramientas y mecánicos deberían recibir certificación y entrenamiento de especialidad. Con estas precauciones, la manipulación del GNC resulta de una seguridad intrínsico superior a la de los combustibles líquidos.

Tabla 4.4 Resumen de los costos de inversión de equipo de conversión y equipo 'OEM'

Equipo 'OEM', costo adicional	
Diferencia con respecto a un vehículo a diesel	[USD]
Vehículo nuevo a GLP	
- Automóvil / taxi	-300
- Combi/micro/camioneta	1300
Vehículo nuevo a GNC	
- Automóvil	1000
- Combi/micro/camioneta	2100
- Omnibus	7000
Vehículo nuevo a gasolina	
- Automóvil / taxi	-1500
- Combi/micro/camioneta	-1600

Costo de conversión		
Diferencia con respecto a un vehículo a gasolina y a diesel	Gasolina [USD]	Diesel [USD]
Vehículo a GLP		
- Automobil / taxi / mini:	560-1500	1500
- 1ra generación	400-700	
- 2da generación	650-1000	
- 3ra generación	1200-1500	
- Combi/micro/camioneta	1000	
- Omnibus		5500
Vehículo a GNC		
- Automóvil:		
- 1ra generación	900-1400	5500
- 2da generación	1500-5000	9000
- Combi/micro/camioneta	2000-6000	9000
- Omnibus		9000-50000
Vehículo a diesel (2da mano)		
- Automóvil	600-700	

Fuentes: Boykiw (1999), Schol (1992)
Moreno & Fallen Bailey (1989)
Pérez & Guzman (1996)
Zegras (1998), CNE (1990)

[4] El gas natural contiene, aparte de metano (90%), etano y otros hidrocarburos, nitrógeno, dióxido de carbono y dióxido de azufre. En la presencia de agua y sulfuro de hidrógeno en el gas se puede formar ácidos, causando la corrosión interna del cilindro que, empeorado por los cambios de presión durante el abastecimiento del gas, daña el material del cilindro. También, el agua forma hidratos, compuestos complejos de agua y hidrocarburos, que bloquean y flujo del combustible. Por eso, las estaciones deben deshidratar el gas.

5 EVALUACION COMPARATIVA DE LA SUSTITUCION DE GASOLINA Y DIESEL EN EL TRANSPORTE DE PASAJEROS

5.1 Introducción

Al ser el transportista el protagonista principal para cualquier intento de utilizar masivamente el GLP o el GNC, es necesario determinar la inversión requerida para la conversión de los diferentes tipos de vehículos que conforman el transporte de pasajeros. Basándose en estos resultados se realiza la evaluación financiera correspondiente y se determina la conveniencia o no de la inversión en cada rubro de vehículos: 1. automóviles (con categoría especial los taxis), 2. combis y minibús, 3. ómnibus. En la evaluación del párrafo 5.2 se analiza las siguientes opciones de inversión;

- La conversión de un vehículo a gasolina a uno que utiliza un motor Diesel de segunda mano;
- La conversión de un vehículo a gasolina a uno a GLP y a GNC;
- La conversión de un vehículo a Diesel a uno a GLP o GNC.

La contaminación provocada por el autotransporte está estrechamente vinculada con el tipo de combustible utilizado por los vehículos. Aparte de factores, tales como el tipo de motor, el mantenimiento, la antigüedad, la carga y los hábitos de manejo del chofer, el combustible es uno de los factores preponderantes. En tal sentido, la sustitución de los combustibles tradicionales por el GLP y el GNC genera una serie de impactos en el medio ambiente, que pueden ser positivos o negativos dependiendo del tipo de contaminante. De las mismas opciones de inversión, arriba mencionadas, en el párrafo 5.4 se presenta una evaluación de su impacto ambiental para los tres rubros de vehículos mencionados.

5.2 Análisis financiero desde del punto de vista del transportista

5.2.1 Determinación de los precios

Las tablas 5.3 y 5.4 resumen el análisis financiero de la conversión de automóviles, taxis y buses, remplazando su motor a gasolina a uno a GLP, GNC o a Diesel (segunda mano) o de Diesel a GLP o GNC. A efecto de facilitar el análisis se considera lo siguiente:

Precio de los combustibles
Para estimar el efecto del precio, se consideran dos niveles de los mismos en el mercado:

- *Caso 1.* Precios de junio de 1999 de la gasolina, Diesel y del GLP (ver la tabla 2.3) en combinación con un precio máximo del GNC (ver la tabla 5.1)
- *Caso 2.* Precios de mayo de 2000 de los combustibles gasolina, Diesel y GLP (ver la tabla 2.4), pero a los que el ISC agrava diferentemente[5], en combinación un precio mínimo del GNC (ver la tabla 5.1).

[5] Favoreciendo a los combustibles más limpios (GLP) y de abundancia en la producción nacional (véase el párrafo 2.2.4).

Rendimiento y kilometraje recorrido de los vehículos
Los rendimientos son basados en las tablas 3.14 y 3.15.

Vida útil del equipo
Se considera 8 años la vida útil de cada tipo convertidor.

Tasa de descuento:
A efecto del análisis de toma una tasa de descuento de 18%.

Costo de inversión
Se basa en las cifras de las tablas 4.1, 4.2 y 4.4.

Tabla 5.1 Pronóstico del precio de GNC en Lima

Elementos del precio	Mínimo [USD por MMBTU]	Máximo [USD por MMBTU]
- Producción	1	1.25
- Transmisión por gasoducto	1	1.25
- Distribución en Lima	0.2	0.3
- ISC	5%	30%
- IGV	18%	18%
- Precio al por mayor	2.7258	4.295
- Gasocentro, fast fill	3.3	3.3
- Precio al público	6.026	7.595

Fuente: Boykiw (1999)

Operación y mantenimiento
Aparte del combustible, otros gastos de operación que se pueden reducir es el mantenimiento y cambio de respuestas. En el caso del Perú, se estima que se puede postergar el afinamiento vehicular a cada 20,000 km en vez de cada 10,000 km. Sin embargo, el conductor promedio hace el afinamiento irregularmente. Aparte de alguna información en las encuestas, hechas por CENERGIA y PAE, hay poca información sobre los hábitos y gastos de mantenimiento. Por eso, el análisis de evaluación acá presentada solamente toma la reducción del cambio de aceite como beneficio 'real' de la conversión a GLP o GNC. En el análisis de sensibilidad del párrafo 5.3, se estudia el impacto de los gastos reducidos de mantenimiento regular (ver la tabla 5.2).

Tabla 5.2 Supuestos de gastos de mantenimiento, Lima

Mantenimiento regular de automóviles			
Costo unitario [USD]	automóvil/taxi	combi	ómnibus
Cambio aceite	10	17.5	35
Check-up	200	350	700
	gasolina	GLP/GNC	diesel
Recorrido promedio [km]			
Cambio de aceite	4000	6000	2000
Check-up	10000	20000	5000
Costos [USD/1000 km]			
- Automóvil/taxi	22.5	11.7	45.0
- Combi/micro/camioneta	39.4	20.4	78.8
- Omnibus/camión	78.8	40.8	157.5
Estimación de las prácticas actuales de mantenimiento			
	gasolina	GLP/GNC	diesel
Recorrido promedio [km]			
Check-up y cambio de aceite	14000	18000	7500
Costs [USD/'000 km]			
- Automóvil/taxi	15.0	11.7	28.0
- Combi/micro/camioneta	26.3	20.4	49.0
- Omnibus/camión	52.5	40.8	98.0

Fuente: estimación propia; datos del recorrido promedio del check-up y cambio de aceite de CENERGIA (1999) y PAE (1998)

5.2.2 *Conversión de vehículos utilizando gasolina: resultados del análisis financiera*

Tabla 5.3 Análisis financiera de la conversión de vehículos a gasolina a precios de 1999 y precio máximo del GNC

Vida útil, equipo de conversión	8 años									
Tasa real de descuento	18%									
Amortización	0.245244359									
	Gasolina 90	Gasolina 97	Diesel	GLP	GNC					
Datos básicos combustibles										
MMBTU por galón (GNC: por m3)	0.1243	0.1243	0.1388	0.0916	0.0357					
Precio por galón [USD] (GNC: por m3)	1.91	2.28	1.26	1.13	0.27					
Precio por MMBTU [USD]	15.36	18.34	9.08	12.34	7.60					
ISC	116%	125%	66%	35%	30%					
Cambio de aceite [km/vez]	4 000	4 000	2 000	6 000	6 000					
Tipo de vehículo:	Automóvil		Taxis		Combi/micro/camioneta					
Tipo de combustible convencional:	*Gasolina 90*	*Gasolina 97*	*Gasolina 90*	*Gasolina 97*	*Gasolina 90*	*Gasolina 97*				
Datos básicos vehículos										
Rendimiento [km/litro]	9.8	9.8	10.5	10.5	6.9	6.9				
Rendimiento [km/galón]	36.9	36.9	39.6	40	25.9	26				
Recorrido annual [km]	18 000	18 000	70 000	70 000	70 000	70 000				
Costo de conversión a GLP [USD]	800	800	800	800	1 100	1 100				
Costo de conversión a GNC [USD]	1 150	1 150	1 150	1 150	1 700	1 700				
Costo de conversión a Diesel [USD]	800	800	800	800	1 100	1 100				
Costo cambio aceite [USD/vez]	10	10	10	10	17.5	17.5				
Conversión a GLP										
Rendimiento [km/litro]	7.2	7.2	7.7	7.7	5.0	5.0				
Costos:										
- Conversión, anualizado	196	196	196	196	270	270				
- Costo GLP	748	748	2 708	2 708	4 142	4 142				
Beneficios:										
- Combustible convencional evitado	932	1 112	3 372	4 025	5 157	6 156				
- Ahorro cambio de aceite	15	15	58	58	102	102				
Beneficio anual neto [USD]:	**2**	**183**	**526**	**1 179**	**847**	**1 846**				
Recuperación [años]:			**1.1**	**0.6**	**1.0**	**0.5**				
Conversión a GNC										
Rendimiento (km/m3)	10.6	10.6	11.4	11.4	7.4	7.4				
Costos:										
- Conversión, anualizado	282	282	282	282	417	417				
- Costo GNC	461	461	1 667	1 667	2 550	2 550				
Beneficios:										
- Combustible convencional evitado	932	1 112	3 372	4 025	5 157	6 156				
- Ahorro cambio de aceite	15	15	58	58	102	102				
Beneficio anual neto [USD]:	**204**	**384**	**1 481**	**2 134**	**2 292**	**3 291**				
Recuperación [años]:			**0.7**	**0.5**	**0.6**	**0.5**				
Conversión a diesel, 2da mano										
Rendimiento [km/litro]	10.9	10.9	11.7	11.7	7.6	7.6				
Costos:										
- Conversión, anualizado	196	196	196	196	270	270				
- Costo diesel	551	551	1993	1993	3048	3048				
- Gasto adicional aceite	45	45	175	175	306	306				
Beneficios:										
- Costo combustible convencional	932	1 112	3 372	4 025	5 157	6 156				
Beneficio anual neto [USD]:	**140**	**320**	**1 008**	**1 661**	**1 532**	**2 531**				
Recuperación [años]:		**1.5**	**0.7**	**0.4**	**0.6**	**0.4**				

Beneficio anual neto = beneficios anual – costos anuales. Inversión inical I_o, inversión anualizada $I=I_o \times i(1+i)^n/((1+i)^n-1)$. Valor actualizado neto = $\Sigma_{t=1..6}$ $((\text{beneficio})_t-(\text{costo})_t)/(1+i)^t$.
Tasa de descuento (i=18%).

Tabla 5.4 Análisis financiera de la conversión de vehículos a gasolina a precios de 2000 adaptados y a un precio mínimo del GNC

Vida útil, equipo de conversión	8 años				
Tasa de descuento	18%				
Amortización	0.245244359				
	Gasolina 90	Gasolina 97	Diesel	GLP	GNC
Datos básicos combustibles					
MMBTU por galón (GNC: por m3)	0.1243	0.1243	0.1388	0.0916	0.0357
Precio por galón [USD] (GNC: por m3)	2.67	2.88	2.17	1.24	0.22
Precio por MMBTU [USD]	21.44	23.19	15.66	13.50	6.03
ISC	100%	100%	60%	15%	5%
Cambio de aceite [km/vez]	4 000	4 000	2 000	6 000	6 000

Tipo de vehículo:	Automóvil		Taxis		Combi/micro/camioneta	
Tipo de combustible convencional:	*Gasolina 90*	*Gasolina 97*	*Gasolina 90*	*Gasolina 97*	*Gasolina 90*	*Gasolina 97*
Datos básicos vehículos						
Rendimiento [km/litro]	9.8	9.8	10.5	10.5	6.9	6.9
Rendimiento [km/galón]	36.9	36.9	39.6	40	25.9	26
Recorrido annual [km]	18 000	18 000	70 000	70 000	70 000	70 000
Costo de conversión a GLP [USD]	800	800	800	800	1 100	1 100
Costo de conversión a GNC [USD]	1 150	1 150	1 150	1 150	1 700	1 700
Costo de conversión a Diesel [USD]	800	800	800	800	1 100	1 100
Costo cambio aceite [USD/vez]	10	10	10	10	17.5	17.5
Conversión a GLP						
Rendimiento [km/litro]	7.2	7.2	7.7	7.7	5.0	5.0
Costos:						
- Conversión, anualizado	196	196	196	196	270	270
- Costo GLP	819	819	2 964	2 964	4 533	4 533
Beneficios:						
- Combustible convencional evitado	1 300	1 406	4 706	5 091	7 196	7 785
- Ahorro cambio de aceite	15	15	58	58	102	102
Beneficio anual neto [USD]:	**300**	**406**	**1 604**	**1 989**	**2 496**	**3 084**
Recuperación [años]:		**1.3**	**0.4**	**0.4**	**0.4**	**0.3**
Conversión a GNC						
Rendimiento [km/m3]	10.6	10.6	11.4	11.4	7.4	7.4
Costos:						
- Conversión, anualizado	282	282	282	282	417	417
- Costo GNC	365	365	1 323	1 323	2 023	2 023
Beneficios:						
- Combustible convencional evitado	1 300	1 406	4 706	5 091	7 196	7 785
- Ahorro cambio de aceite	15	15	58	58	102	102
Beneficio anual neto [USD]:	**668**	**774**	**3 159**	**3 544**	**4 859**	**5 447**
Recuperación [años]:			**0.3**	**0.3**	**0.3**	**0.3**
Conversión a diesel, 2da mano						
Rendimiento [km/litro]	10.9	10.9	11.7	11.7	7.6	7.6
Costos:						
- Conversión, anualizado	196	196	196	196	270	270
- Costo diesel	950	950	3 437	3 437	5 256	5 256
- Gasto adicional aceite	45	45	175	175	306	306
Beneficios:						
-Costo combustible convencional	1 300	1 406	4 706	5 091	7 196	7 785
Beneficio anual neto [USD]:	**109**	**216**	**897**	**1 282**	**1 364**	**1 952**
Recuperación [años]:			**0.7**	**0.5**	**0.7**	**0.5**

Los resultados obtenidos, como se puede ver en las tablas 5.3 y 5.4, permitan apreciar:

- Para el taxista promedio (con un recorrido diario de 249 kilómetros) y, efectivamente, ya para el usuario promedio del automóvil (con un recorrido diario de 60 kilómetros) la conversión de gasolina a cualquier combustible, que sea el Diesel, GLP o el GNC es factible. No obstante, el régimen de precios actual favorece la conversión a motores a Diesel de segunda mano, desfavoreciendo relativamente al GLP. Si el diferencial de precios entre Diesel y GLP fuera un poco mayor (dependiendo de la aplicación del ISC), esta situación sería al revés. Se puede concluir que solamente para automovilistas de poco kilometraje la conversión a un combustible alternativo no tiene

ventajas, dependiendo también del rendimiento de su vehículo y el diferencial de precio de combustibles (véase las tablas 5.7 y 5.8).

- El GNC podrá competir. Tanto al precio mínimo como al precio máximo sería el combustible con más ventajas financieras de los tres alternativos.
- Los resultados para los dueños de los combis y micros son iguales a los del taxista, por la misma razón, su relativamente alto kilometraje. El GNC será el combustible con más ventajas financieras, seguido en segundo lugar por el GLP o el Diesel, dependiendo del diferencial de precio.

5.2.3 Conversión de vehículos utilizando Diesel: resultados del análisis financiero

Las tablas 5.5 y 5.6 muestran, como se ha podido apreciar también de lo discutido en el capítulo 4, que la conversión de vehículos utilizando Diesel a GLP o GNC, no tiene rentabilidad, ni para el taxista promedio y menos para el automovilista promedio. La razón es, principalmente, el alto costo de conversión de un motor Diesel en comparición con el costo de conversión de un motor a gasolina. No obstante, dado un

Tabla 5.5 Análisis financiero de la conversión de vehículos a Diesel a precios de 1999 y precio máximo del GNC

Vida útil, equipo de conversión	8 años		
Tasa de descuento	18%		
Amortización	0.245244359		
	Diesel	GLP	GNC
Datos básicos combustibles			
MMBTU por galón (GNC: por m3)	0.1388	0.0916	0.0357
Precio por galón [USD] (GNC: por m3)	1.26	1.13	0.27
Precio por MMBTU [USD]	9.08	12.34	7.60
ISC	66%	35%	30%
Cambio de aceite [km/vez]	2 000	6 000	6 000
Tipo de combustible convencional:	Automóvil *Diesel*	Taxi *Diesel*	Omnibus *Diesel*
Datos básicos vehículos			
Rendimiento [km/litro]	12.8	13.2	2.9
Rendimiento [km/galón]	48.4	50.0	11.1
Recorrido annual [km]	18 000	70 000	70 000
Costo de conversión a GLP [USD]	1 500	1 500	5 500
Costo de conversión a GNC [USD]	5 500	5 500	30 000
Costo cambio aceite [USD/vez]	10	10	35
Conversión a GLP			
Rendimiento [km/litro]	8.4	8.7	2.4
Costos:			
- Conversión, anualizado	368	368	1 349
- Costo GLP	636	2 399	8 708
Beneficios:			
- Combustible convencional evitado	468	1 765	7 967
- Ahorro cambio de aceite	60	233	817
Beneficio anual neto [USD]:	**- 476**	**- 768**	**-1 273**
Recuperación [años]:			
Conversión a GNC	(modo dual)	(modo dual)	(dedicado)
Rendimiento (km/m3)	12.5	12.8	2.8
Costos:			
- Conversión, anualizado	1 349	1 349	7 357
- Costo GNC	461	1 667	6 664
Beneficios:			
- Combustible convencional evitado	468	1 765	7 967
- Ahorro cambio de aceite	60	233	817
Beneficio anual neto [USD]:	**-1 281**	**-1 018**	**-5 238**
Recuperación [años]:			

Tabla 5.6 Análisis financiero de la conversión de vehículos a Diesel a precios de 2000 adaptados y precio mínimo del GNC

Vida útil, equipo de conversión	8 años		
Tasa de descuento	18%		
Amortización	0.245244359		
	Diesel	GLP	GNC
Datos básicos combustibles			
MMBTU por galón (GNC: por m3)	0.1388	0.0916	0.0357
Precio por galón [USD] (GNC: por m3)	2.17	1.24	0.22
Precio por MMBTU [USD]	15.66	13.50	6.03
ISC	60%	15%	5%
Cambio de aceite [km/vez]	2 000	6 000	6 000
Tipo de combustible convencional:	Automóvil *Diesel*	Taxi *Diesel*	Omnibus *Diesel*
Datos básicos vehículos			
Rendimiento [km/litro]	12.8	13.2	2.9
Rendimiento [km/galón]	48.4	50.0	11.1
Recorrido annual [km]	18 000	70 000	70 000
Costo de conversión a GLP [USD]	1 500	1 500	5 500
Costo de conversión a GNC [USD]	5 500	5 500	30 000
Costo cambio aceite [USD/vez]	10	10	35
Conversión a GLP			
Rendimiento [km/litro]	8.4	8.7	2.4
Costos:			
- Conversión, anualizado	368	368	1 349
- Costo GLP	696	2 625	11 846
Beneficios:			
- Combustible convencional evitado	807	3 044	13 738
- Ahorro cambio de aceite	60	233	817
Beneficio anual neto [USD]:	**- 197**	**285**	**1 359**
Recuperación [años]:		**2.3**	**2.0**
Conversión a GNC	(modo dual)	(modo dual)	(dedicado)
Rendimiento [km/m3]	12.5	12.8	2.8
Costos:			
- Conversión, anualizado	1 349	1 349	7 357
- Costo GNC	311	1 172	5 287
Beneficios:			
- Combustible convencional evitado	807	3 044	13 738
- Ahorro cambio de aceite	60	233	817
Beneficio anual neto [USD]:	**- 792**	**757**	**1 910**
Recuperación [años]:			

cierto diferencial de precio entre GLP y Diesel (impulsado por precios de combustibles en el mercado relativamente altos y un ISC que favorece a GLP y GNC) y dado un alto kilometraje recorrido, puede ser ventajoso para los dueños de vehículos intensamente usados (por ejemplo, taxis o buses) cambiar a GNC o GLP.

5.3 Análisis de sensibilidad

5.3.1 Costo diferencial de combustible, kilometraje recorrido y rendimiento

La conversión de vehículos es rentable, dependiendo de varios factores, tales como el precio de equipo de conversión, el precio del combustible alternativo con respecto a la gasolina (diferencial del precio), gastos de operación y mantenimiento, el rendimiento del vehículo y el kilometraje recorrido.

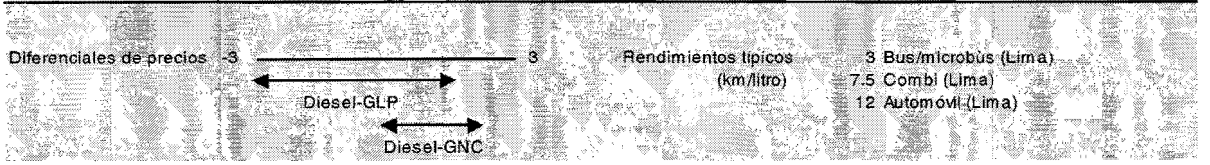
En las tablas 5.7 y 5.8 se presentan los resultados del análisis de sensibilidad considerando los variables rendimiento, diferencial del precio y kilometraje recorrido. Las tablas muestran el ahorro anual en dólares en función de estos variables. La tabla sirve para comparar el ahorro de gastos en combustible con la

Tabla 5.7 Conversión de vehículos a gasolina a GLP/GNC/Diesel: Ahorro anual de gastos de combustible

Rendimiento [km/litro]	6				9				12			
Diferencial precio [USD/MMBTU]	0.5	3.5	6.5	9.5	0.5	3.5	6.5	9.5	0.5	3.5	6.5	9.5
Kilómetros												
7500	78	544	1010	1477	52	369	674	984	39	272	505	738
15000	155	1088	2021	2953	104	725	1347	1969	78	544	1010	1477
30000	311	2176	4041	5907	207	1451	2694	3938	155	1088	2021	2953
50000	518	3627	6736	9844	345	2418	4490	6563	259	1813	3368	4922
70000	725	5078	9430	13782	484	3385	6287	9188	363	2539	4715	6891
100000	1036	7254	13471	19689	691	4836	8981	13126	518	3627	6736	9844

Tabla 5.8 Conversión de vehículos a Diesel a GLP/GNC: Ahorro anual de gastos de combustible

Rendimiento [km/litro]	3				7.5				12			
Diferencial precio [USD/MMBTU]	-3	-1	1	3	-3	-1	1	3	-3	-1	1	3
Kilómetros												
7500	-1041	-347	347	1041	-416	-139	139	416	-260	-87	87	260
15000	-2082	-694	694	2082	-833	-278	278	833	-520	-173	173	520
30000	-4163	-1388	1388	4163	-1665	-555	555	1665	-1041	-347	347	1041
50000	-6939	-2313	2313	6939	-2775	-925	925	2775	-1735	-578	578	1735
70000	-9714	-3238	3238	9714	-3886	-1295	1295	3886	-2428	-809	809	2428
100000	-13877	-4626	4626	13877	-5551	-1850	1850	5551	-3469	-1156	1156	3469



inversión anualizada del equipo de conversión. Las líneas debajo de las tablas muestran la gama de diferencial de precio que corresponde a cada tipo de conversión.

5.3.2 Mantenimiento

Aparte del gasto en combustibles, otros costos de operación que se puede reducir con el uso de GLP o GNC son el mantenimiento, en particular el cambio de aceite y los costos de un check-up completo (que

Tabla 5.9 Impacto del mantenimiento regular al beneficio neto de la conversión de combustibles

Conversión automóviles de gasolina a GLP

Rendimiento [km/litro]	9.8	Ahorro de mantenimiento		Beneficio neto	
Kilómetros		Cambio aceite	Check-up completo	Cambio aceite	Check-up completo
7500		6	81	-52	23
15000		13	163	92	242
35000		29	379	476	826
70000		58	758	1148	1848

Rendimiento [km/litro]	12	Ahorro de mantenimiento		Beneficio neto	
Kilómetros		Cambio aceite	Check-up completo	Cambio aceite	Check-up completo
7500		6	81	-77	-2
15000		13	163	41	191
35000		29	379	358	708
70000		58	758	912	1612

Vida útil, equipo de conversión	8 años
Tasa de descuento	18%
Amortización	0.245244
Costo de conversión a GLP [USD]	800
Precio GLP por MMBTU [USD]	12.92 (promedio caso 1/2)
Precio gasolina 90 por MMBTU [USD]	18.40 (promedio caso 1/2)
Precio gasolina 90 por galón [USD]	2.29
Gasolina: MMBTU por galón	0.1243

Conversión automóviles de gasolina a GNC

Rendimiento [km/litro]	9.8	Ahorro de mantenimiento		Beneficio neto	
Kilómetros		Cambio aceite	Check-up completo	Cambio aceite	Check-up completo
7500		6	81	16	91
15000		13	163	313	463
35000		29	379	1107	1457
70000		58	758	2495	3195

Rendimiento [km/litro]	12	Ahorro de mantenimiento		Beneficio neto	
		Cambio aceite	Check-up completo	Cambio aceite	Check-up completo
7500		6	81	-38	37
15000		13	163	206	356
35000		29	379	857	1207
70000		58	758	1997	2697

Vida útil, equipo de conversión	8 años
Tasa de descuento	18%
Amortización	0.24524
Costo de conversión a GNC [USD]	1 150
Precio GNC por MMBTU [USD]	6.81 (promedio caso 1/2)
Precio gasolina 90 por MMBTU [USD]	18.40 (promedio caso 1/2)
Precio gasolina 90 por galón [USD]	2.29
Gasolina: MMBTU por galón	0.1243

Conversión automóviles de gasolina a diesel (2da mano)

Rendimiento [km/litro]	9.8	Ahorro de mantenimiento		Beneficio neto	
Kilómetros		Cambio aceite	Check-up completo	Cambio aceite	Check-up completo
7500		-19	-169	-63	-213
15000		-38	-338	70	-230
35000		-88	-788	424	-276
70000		-175	-1575	1044	-356

Rendimiento [km/litro]	12	Ahorro de mantenimiento		Beneficio neto	
		Cambio aceite	Check-up completo	Cambio aceite	Check-up completo
7500		-19	-169	-91	-241
15000		-38	-338	156	-144
35000		-88	-788	741	41
70000		-175	-1575	1764	364

Vida útil, equipo de conversión	8 años
Tasa de descuento	18%
Amortización	0.245244
Costo de conversión a diesel [USD]	800
Precio diesel por MMBTU [USD]	12.37 (promedio caso 1/2)
Precio gasolina 90 por MMBTU [USD]	18.40 (promedio caso 1/2)
Precio gasolina 90 por galón [USD]	2.29
Gasolina: MMBTU por galón	0.1243

tiene costos como la mano de obra y el cambio de repuestos, por ejemplo las bujías). La tabla 5.2 presenta los costos del mantenimiento regular en el contexto peruano. Sin embargo, la mayoría de los choferes no efectúan su cambio de aceite y el check-up después el kilometraje recorrido recomendado por los manuales técnicos.

Por eso, el análisis del párrafo 5.2 asume que hay solamente ahorro de mantenimiento en el cambio de aceite. En el análisis de sensibilidad, presentado en la tabla 5.9 se muestra el efecto del ahorro del mantenimiento, si fuera regular. Se puede apreciar, considerando una inversión de $ 800 para realizar la conversión asumida de GLP y de $ 1,150 para realizar la conversión de GNC, que el nivel de la rentabilidad depende de gran parte de la reducción de los costos de mantenimiento con respecto a un gasolinero o uno a Diesel. Este ahorro en gastos de mantenimiento es un argumento utilizado en el mundo industrializado por los proveedores de equipo GNC/GLP. No obstante, en el Perú, donde el mantenimiento vehicular se practica en una manera irregular, este argumento tiene menos validez.

5.4 Aspectos ambientales

5.4.1 Los contaminantes involucrados y sus impactos

La sustitución de los combustibles gasolina o Diesel por el GLP y el GNC, genera una serie de impactos en el medio ambiente, los cuales pueden ser positivos o negativos, dependiendo del tipo de contaminante. Los vehículos motorizados producen varios contaminantes del aire local. Si hubiera una combustión completa en el motor de un combustible puro, se produciría solamente dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O)[6]. Sin embargo, esta combustión nunca es completa y los combustibles nunca son puros, produciendo varios productos de oxidación parcial del combustible, tales como monóxido de carbono (CO), material particulado (MP) y los hidrocarburos no quemados (HC), que incluyen metano (CH_4) y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Además, el aire que provee normalmente el oxígeno también provee nitrógeno, del cual una cantidad reacciona con el oxígeno para formar diferentes óxidos de nitrógeno (NO_x) y el óxido nítrico (N_2O). El combustible contiene elementos como azufre (S) y, en caso de algunas gasolinas, plomo (Pb), que reaccionan con el oxígeno y escapan en forma de óxidos de azufre y de plomo.

Aunque el tipo de combustible es un factor preponderante, otros factores influyen en la cantidad de emisiones, como el rendimiento del vehículo, el tipo y antigüedad del motor, los hábitos del manejo del conductor, el uso de un catalizador, etc. La tabla 3.14 resume los factores, típicos para el parque automotor en operación actualmente en Lima, de emisiones de contaminantes (CO, NO_x, SO_x, COVs y partículas) y gases de efecto invernadero (CO_2 y CH_4). En las tablas 3.16 y 3.17 se resumen los estándares máximos de emisión de los contaminantes CO, NO_x, COVs y partículas), propuestos para Lima Metropolitana. La gasolina y el Diesel emitan mucho más compuestos al aire, tales como metanol, formaldehide, aldehidos, benzeno, tolueno, xileno, etc., que no son cubiertos por un estándar de emisión, pero seguramente no son beneficiosos para la salud.

En el cuadro 5.1 se presenta un panorama de los impactos de las emisiones de autotransporte:

- *Efecto invernadero*
  Existe al nivel mundial una creciente preocupación por la posibilidad del elevamiento de la temperatura global por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Dos de los más importantes son el CO_2 y el metano. En 1995, el CO_2 fue responsable al nivel mundial del 46% del calentamiento pronosticado y el metano el 9%. Casi el 25% de las emisiones de CO_2 tuvo su origen en el sector transportes.

[6] $2O_2+CH_4 \rightarrow 2H_2O+CO_2$

Tabla 5.10 Cambios estimados de emisiones, debido a la sustitución por GLP y GNC

Vehículos a gasolina	CO2	CH4	CO	NOx	SO2	COV	MP	Rendimiento	Reducción gases de efecto invernadero (CO2, CH4) [tCO2equiv. por vehículo]	Inversión [USD/tCO2eq.]	Costo neto [USD/tCO2eq] Caso 1	Caso 2
				[g/km]								
Emisiones automóviles	247	0.06	32.3	1.6	0.06	4.8	0.05	9.8 km/litro				
Cambio de emisiones:												
- GLP	-10	0.00	-24.5	0.6	0.06	-2.7	-0.04	7.2 km/litro	10	543	-1	-204
- GNC	-80	1.60	-28.8	0.2	-0.06	-3.0	-0.05	10.6 km/m3	114	70	-12	-41
- diesel	5	-0.05	-30.0	-0.1	0.72	4.2	0.32	10.9 km/litro				
Emisiones taxis	227	0.06	30.1	1.4	0.05	4.8	0.04	10.5 km/litro				
Cambio de emisiones:												
- GLP	-6	0.00	-22.8	0.6	-0.05	-2.8	-0.03	7.7 km/litro	6	225	-148	-451
- GNC	-71	1.49	-26.8	0.2	-0.05	-3.1	-0.03	11.4 km/m3	103	20	-26	-55
- Diesel	8	-0.05	-27.9	-0.1	0.66	-4.3	0.31	11.7 km/litro				
Emisiones combi/micro	350	0.08	34.0	1.8	0.09	5.6	0.09	6.9 km/litro				
Cambio de emisiones:												
- GLP	-13	0.01	-23.0	1.2	-0.09	-2.6	-0.08	5.0 km/litro	14	145	-111	-329
- GNC	-113	2.29	-29.0	0.7	-0.09	-2.7	-0.08	7.4 km/m3	161	19	-25	-54
- Diesel	11	-0.07	-32.1	-0.2	1.04	-5.1	0.16	7.6 km/litro				
	- Reducción + Aumento										(al precio de gasolina 90)	

Vehículos a diesel	CO2	CH4	CO	NOx	SO2	COV	MP	Rendimiento	Reducción gases de efecto invernadero (CO2, CH4) [tCO2equiv. por vehículo]	Inversión [USD/tCO2eq.]	Costo neto [USD/tCO2eq] Caso 1	Caso 2
				[g/km]								
Emisiones automóviles	214	0.01	2.0	1.2	0.67	0.5	0.32	12.8 km/litro				
Cambio de emisiones:												
- GLP	-13	0.05	4.6	0.6	-0.67	1.3	0.31	8.4 km/litro	14	763	242	100
- GNC (modo dual)	-72	1.41	1.0	0.3	-0.67	1.1	-0.31	12.5 km/m3	102	375	87	54
Emisiones taxis	208	0.01	1.9	1.2	0.65	0.5	0.31	13.2 km/litro				
Cambio de emisiones:												
- GLP	-13	0.05	4.5	0.6	-0.65	1.3	-0.30	8.7 km/litro	14	195	100	-37
- GNC (modo dual)	-70	1.37	1.0	0.2	-0.65	1.0	-0.30	12.8 km/m3	99	99	18	-14
Emisiones omnibuses	862	0.07	75.1	11.1	0.62	9.8	0.31	2.9 km/litro				
Cambio de emisiones:												
- GLP	-22	0.33	-51.1	-5.4	-0.62	-1.8	-0.29	2.4 km/litro	29	344	80	-85
- GNC (dedicado)	-168	6.96	-68.1	-4.9	-0.62	-1.4	-0.29	2.8 km/m3	314	171	30	-11
	- Reducción + Aumento										(al precio de gasolina 90)	

Caso1: Precios de 1999 de combustibles. Precio máximo del GNC (arriba).
Caso 2: Precios de 2000. Precio mínimo del GNC (abajo).

generado efectos adversos en personas con problemas cardiacos y una disminución en la capacidad de ejercitarse entre individuos jóvenes y hombres sanos. Altas concentraciones causan visión borrosa, dolor de cabeza y fatiga. Las emisiones de dióxido de nitrógeno NO_2 provenientes de vehículos y otras fuentes producen una variedad de efectos adversos en la salud y el ambiente. Las exposiciones directas a este contaminante incrementan la susceptibilidad a infecciones respiratorias, disminuyen la eficiencia respiratoria y su función pulmonar en asmáticos. Exposiciones cortas a NO_2 han tenido como resultado un amplio rango de problemas respiratorios en niños de edad escolar, tales como la tos, resfriados y irritación de garganta. SO_2, es responsable de irritaciones a las vías respiratorias en niños y adultos, que en algunos casos, dependiendo de su vulnerabilidad, podría causar la muerte.

5.4.2 Impactos de la sustitución de los combustibles gasolina y Diesel por combustibles alternativos

En los 80s, en los países industrializados se introdujo el catalizador 'three-way', que disminuye el nivel de CO, HC y NO_x en los gases de escape. Además, se introdujo a gran escala la gasolina sin plomo, también porque el plomo desactiva el catalizador. Las regulaciones en el Perú no exigen el uso de convertidores catalíticos. Para comparar las emisiones de varios combustibles, hay que tomar en cuenta que en el Perú utilizan motores a gasolina y Diesel sin tecnología de control de emisiones. Por eso, la introducción de combustibles más limpios puede tener un efecto grande, relativo a la reducción posible en un país industrializado, aún cuando sea con sistemas de primera generación (ver párrafo 4.2). La tabla 5.10 muestra el cambio de emisiones a causa de la conversión de motores a gasolina y a Diesel a combustibles alternativos, combinando los rendimientos supuestos de las tablas 5.3 al 5.6 con los factores de emisión en la tabla 3.14.

Gasolina y Diesel
Los principales contaminantes emitidos por motores Diesel son NO_x, SO_2, COVs y partículas. En comparición, los motores a gasolina emitan más CH_4, CO, COVs, pero menos SO_2 y partículas. Es difícil decir cual combustible es más nocivo para la salud pública. En cuando a la emisión de CO_2, el Diesel contiene menos carbón por unidad de energía que la gasolina y un motor Diesel es más eficiente que un motor a gasolina. Por estas razones, su contribución al efecto invernadero por kilómetro recorrido es un poco menos que la de la gasolina.

El gas natural consiste del 90% de metano (CH_4). Otros combustibles son una mezcla de compuestos hidrocarburos. El GLP es una mezcla relativamente simple de propano, butano y pentano, en comparación con el CNG y con la mezcla compleja de hidrocarburos que contiene la gasolina y el Diesel.

Sustitución de gasolina
Por ser combustibles más puros, las emisiones de CO, COVs, SO_2 y MP de motores a GLP y GNC son menores que las de motores a gasolina. Debido al contenido de carbón por unidad de energía mas bajo de GLP, la emisión de CO_2 es algo menos que en motores a gasolina. A su turno, la reducción de CO_2 en el caso de GNC es mayor comparada con la del GLP. Las emisiones de NO_X son mayores que las de un motor a gasolina, debido a la temperatura de inflamación más alta de GLP en comparación con la de gasolina, salvo si utilizara un convertidor catalítico. Porque el GNC consiste básicamente de metano, las emisiones de CH_4 son más altos que en el caso de utilizar GLP o gasolina.

Sustitución de Diesel
También en el caso de sustitución del Diesel por GLP o GNC, las emisiones de SO_2 y de partículas se reducen drásticamente. Debido al contenido de carbón por unidad de energía mas bajo de GLP y de GNC, la emisión de CO_2 es menos que en motores a Diesel. Las emisiones de NO_X son más que las de un motor a Diesel, debido a la temperatura de inflamación más alta de GLP en comparación con la del Diesel, salvo si utilizara un convertidor catalítico. Los sistemas actuales de modo dual Diesel-GNC tienen emisiones más altos de CO.

En la práctica, las ventajas arriba detalladas van a ser inferiores al caso de los vehículos que operan en modo dual. Cuando estos operan con gasolina o Diesel aumentan las mismas emisiones que los vehículos a gasolina o Diesel. En el caso de motores a GNC-Diesel, siempre utilizan una cantidad de Diesel para la auto-ignición de la mezcla de combustibles.

Impactos ambientales
- *Salud y smog*
  Los vehículos a GLP o a GNC disminuyen algunos contaminantes al nivel local, pero aumentan emisiones de otros. Por ejemplo, se elimina el problema del plomo. Sin embargo, existe el programa de retiro del plomo, que incluye un plan de reducción del contenido del plomo en gasolinas, de modo que en el año 2005 se haya logrado el retiro total. Típicamente, se aumentan emisiones de NO_x y, en

el caso de substitución de Diesel, de CO y de COVs; mejoran las emisiones de SO_2, material particulado, y, substituyendo la gasolina, de las emisiones de CO y de los COVs. Los COVs y los NO_x reaccionan en presencia de la luz sol a formar ozono. En parte, la contribución de los COVs a este proceso químico, depende de la reactividad de los COVs, lo que depende de la composición del combustible. Es difícil determinar el impacto a la salud público de cambios en las emisiones de los NO_x y los COVs. En Lima, según algunas mediciones de DIGESA, los contaminantes SO_2, NO_x, CO, partículas y plomo (Pb) constituyen un problema relevante para la salud de la población (véase el párrafo 3.6.1), aunque no se conoce bien en términos cuantitativos (sobre todo de los niveles de ozono). Parece que existe un problema de CO y MP en las calles de Lima y que los vehículos (a gasolina y a Diesel) contribuyen a elevar los niveles de contaminación de estos compuestos, así que los beneficios ambientales de utilizar GNC o GLP con respecto a estas dos emisiones son importantes. Cabe destacar, que la mayoría de estas emisiones, tanto de vehículos a gasolina/Diesel como a GLP/GNC, pueden ser mejorados con un sistema adecuado de inspección y mantenimiento y con la incorporación a la flota vehicular tecnología avanzada de control de emisiones, como convertidores catalíticos.

- *Efecto invernadero*
  En este sentido, la utilización de GLP y GNC tiene efectos positivos netos, lo cual se resume cualitativamente en la tabla 5.10. Se reduce el CO_2 (más en el caso de la sustitución de gasolina que en el de un motor Diesel; la reducción es más en el caso de GNC que en el caso de utilizar GLP). Por otro lado, se aumenta la emisión de metano al utilizar el GNC. Expresado en toneladas equivalentes de CO_2, el impacto positivo de la reducción de CO_2 es superior al impacto negativo de la emisión de metano. Por todos estos motivos, podemos decir que ambos combustibles, GLP y GNC, coadyuvan a reducir el calentamiento global y que el impacto del GNC es más positivo que el impacto de utilizar el GLP.

5.5 Oportunidades

Producto de los diagnósticos realizados en los capítulos anteriores, se puede vislumbrar una serie de oportunidades que hacen que la introducción del GLP y del GNC (en condición que llegue en Lima) sea posible de efectuarse a gran escala. Estas oportunidades se resumen en continuación:

Factilidad técnica
Existen en el Perú los conocimientos, recursos humanos y herramientas necesarias para el manejo de la tecnología de GLP y de GNC, en cuanto significa la conversión, distribución, abastecimiento, gestión y la operación y mantenimiento del uso de estos combustibles, lo que ha sido demostrado por los 1,900 vehículos que operan con sistema GLP. Las bondades técnicas y económicas de la sustitución de la gasolina por el GLP y el GNC han sido demostradas en otros países. En general, la sustitución de la gasolina es más factible que la del Diesel, tanto en términos técnicos como en términos económicos.

Factilidad económica
Existe la viabilidad económica para la sustitución de la gasolina por el GLP y, a partir de la llegada del gas natural de Camisea en Lima, por el GNC. Dependiendo del rendimiento del vehículo, el diferencial de precio entre la gasolina y el combustible alternativo y la distancia anual recorrido, el uso de ambos combustibles genera ahorros a corto plazo para los transportistas.

Existencia de mercado automotor para el gas
Hasta ahora, la presencia del GLP en el autotransporte es mínima, no representa ni el 1% del parque automotor actual. Existe un gran potencial por explotar, sobre todo en el segmento de mercado que está caracterizado por el gran kilometraje anual de su parque vehicular, el transporte público. En el caso de automóviles, el principal mercado meta para la sustitución por el GLP está conformado por los taxis. En Lima operan alrededor de 67,000 taxis autorizados y registrados y un gran número de taxis informales.

Aunque la sustitución por el GNC, sería viable también para taxis, la presencia de un tanque grande en el maletero y la falta de gasocentros podrían hacer inaceptable el GNC. Sin embargo, los ahorros sustanciales atraerían ciertos grupos de transportistas que operan vehículos más grandes, como camionetas, combis y minibús.

Impacto ambiental positivo

Los impactos ambientales de la introducción del gas se pueden considerar como compatibles, respecto a la utilización de la gasolina y en referencia a algunos contaminantes como positivos, al reducir las emisiones al aire.

6 ESTRATEGIAS Y MECANISMOS PARA LA PROMOCION DE GAS EN TRANSPORTES

6.1 Introducción

En los capítulos anteriores fue demostrada la viabilidad de la utilización de dos combustibles, el gas licuado de petróleo (GLP) y el gas natural comprimido (GNC) para substituir a la gasolina. Ambos combustibles tienen algunas ventajas económicas y ambientales importantes al nivel de usuarios y sectorial. Mientras el GNC no llega a Lima antes del año 2004, la tecnología de GLP ya se utiliza en el mercado automotor peruano. Existen barreras que limitan su difusión a gran escala. Solamente demostrar las ventajas del uso de gas no es suficiente para lograr que se incrementen los niveles del uso de GLP automotriz a gran escala y que permiten la entrada de GNC a partir del año 2004. Por este motivo, en este capítulo se plantean una serie de estrategias y mecanismos cuya aplicación permitiría superar las barreras.

6.2 Barreras actuales para la introducción del gas en Lima

La difusión de gas en el autotransporte está limitada por la existencia de una serie de barreras:

- *Sistema de abastecimiento*
  Una limitación importante son las escasas estaciones de servicio, que suministran el combustible, que no han logrado expandirse por la exigencia de áreas mayores a las establecidas para lugares de expendio de Diesel y/o gasolina. En la actualidad solamente existen ocho estaciones de servicio en el país, 8 situadas en Lima Metropolitana, una en Chiclayo y una en Trujillo. No hay surtidores de GNC. El uso de estos combustibles a gran escala requiere su disponibilidad a través una red de gasocentros.
- *Falta de talleres y mecánicos capacitados*
  Los mecánicos y talleres que dominan la tecnología de conversión son todavía reducidos y hay, actualmente, solo dos importadores de equipos de conversión. En caso de una expansión masiva no sería posible cubrir las demandas de conversión que se presenten.
- *Costo inicial del equipo de conversión*
  Un equipo de conversión requiere una inversión de US$ 600-1,500 en el caso de GLP y de US$ 900-6,000 en el caso de GNC. En general, los transportistas perciben este costo como una limitante, si bien la utilización de GLP tiene ventajas inmediatas. Sin embargo, en el sector transportista existe iliquidez para adquirir estos equipos al contado, porque la mayoría de potenciales usuarios son propietarios de vehículos, dedicados al servicio de taxis, o pequeñas empresas. No suelen ser sujetos de crédito, en las instituciones financieras. Aunque los créditos para consumo se han incrementado visiblemente en la última década, sus altas tasas de interés inhiben el acceso al sistema financiero comercial.
- *Limitantes de información*
  Con respecto a la alternativa de utilizar el GLP, hay un alto nivel de desinformación. No se percibe adecuadamente las ventajas de rentabilidad del cambio en cuanto al costo de la inversión y el ahorro en gastos de combustibles y se exagera los peligros del uso de gas. No existe información de una

fuente neutral y la información de los importadores de equipo mismos no permite bajar los niveles de incredulidad

- *Limitantes institucionales*
  Hasta ahora, la introducción de combustibles alternativos no ha sido objeto de un apoyo institucional para su difusión, ni a nivel metropolitano, ni a nivel nacional. Esta difusión está limitada por falta de normatividad que regule su comercialización para la utilización automotriz y, por otro lado, las severas exigencias en la instalación de servicentros especializados en el expendio del GLP. La política actual favorece el uso del Diesel como combustible automotor. Muchos dueños han sustituido el motor gasolinero de su vehículo por un motor a Diesel de segunda mano. Con los precios actuales, para el conductor promedio el cambio de gasolina a GLP tiene pocas ventajas sobre el cambio de gasolina a Diesel, salvo si tiene un recorrido diario muy alto.

6.3 Elementos de una estrategia para la promoción del gas en autotransporte a gran escala

6.3.1 Objetivos y estrategia para su logro

La sustitución del uso automotor de la gasolina y Diesel tiene como *objetivos superiores* para el caso del Perú, y en particular para Lima Metropolitana:

- Disminuir la contaminación ambiental, a través del uso de combustibles más limpios, que tecnológicamente se encuentran disponibles en el mercado, y que en términos de precios poseen ventajas comparativas;
- Utilizar combustibles de los cuales el país posee stock para disminuir las importaciones de combustibles de uso automotor.

Para lograr estos objetivos a su vez debería cumplirse con los siguientes *objetivos específicos*:

- Promover el uso del GLP:
  - Involucrar a los actores institucionales en una política de apoyo y promoción del GLP;
  - Posibilitar al sector transportista, el acceso a créditos para la conversión a GLP,
  - Incrementar el nivel de conocimiento acerca del uso del GLP en el sector transporte;
- Hacer disponibles los recursos necesarios para construir la infraestructura que permita la distribución en grifos para el uso automotor cuando llegue el GNC por gasoducto a Lima, alrededor del año 2004.
- Cuando existe la disponibilidad del GNC, promover su uso automotor.

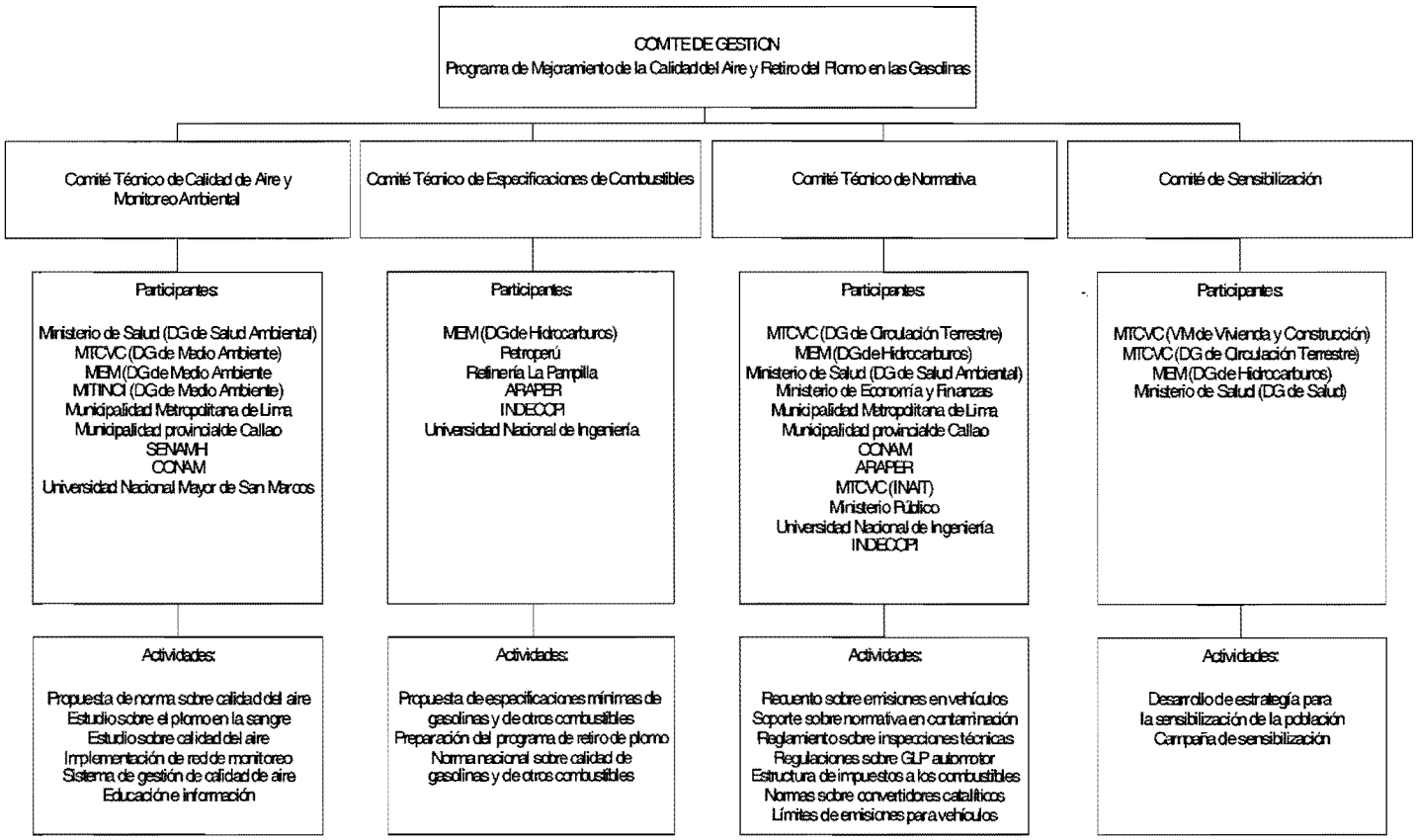
Para cumplir los objetivos propuestos, es necesario desarrollar un programa integral de promoción de combustibles alternativos. Tomar medidas aisladas, por ejemplo, actuar en el sector financiero sin tocar el aspecto de normatividad, reduciría el chance que se cumplan los objetivos. Se deberá diseñar un programa que integre los siguientes componentes:

- Coordinación institucional;
- Integración con otras medidas;
- Financiamiento y crédito;
- Difusión y capacitación;
- Monitoreo y evaluación.

6.3.2 Marco institucional

Plantear la utilización masiva de los combustibles alternativos supone la intervención de numerosos actores institucionales al nivel metropolitano y al nivel nacional, lo cual genera problemas cuando se refiere al desarrollo de una política y un programa de implementación en forma efectiva. Existe ya la experiencia en el país de comités en que se reúnen las instituciones involucradas en un cierto tema. Un

Cuadro 6.1 Organigrama, Programa de Mejoramiento de Calidad de Aire del Aire y Retiro del Plomo



MTCVC: Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, MEM: Ministerio de Energía y Minas, MITINCI: Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales, CONAM: Consejo Nacional del Ambiente, ARAPER; Asociación de Representantes Automotrices del Perú, INDECOPI: Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual .

Fuente: CONAM (1998b)

ejemplo es el Consejo de Transportes de Lima y Callao[7], que tiene una Secretaría Técnica en la que participan a través de una Comisión de Coordinación las instituciones involucradas (ver el párrafo 3.2).

Otro ejemplo es el Comité de Gestión del Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire y Retiro del Plomo, el cual fue nombrado por Resolución Suprema 057-97-MTC en el año 1997. Este Comité ha conformado asimismo tres Comisiones Técnicas en las cuales participan actores gubernamentales y de naturaleza privada. El cuadro 6.1 muestra la organización del Programa y la asignación de tareas a ejecutar. En particular el Programa contempla la ejecución simultánea de las siguientes actividades:

- Revisión de la normativa vigente sobre contaminación del aire;
- Revisión de las especificaciones de los combustibles y definir las acciones para concretar el retiro del plomo de los combustibles;
- Implementación de una red de monitoreo de calidad de aire en las ciudades más grandes del país;
- Monitoreo de variables ambientales y plomo en la sangre en las ciudades más grandes del país y estudios de los impactos de estos contaminantes sobre la salud;
- Mejoramiento de la infraestructura y racionalización de los sistemas de transporte;
- Campaña de sensibilización;
- Mejoramiento ecológico, por ejemplo, la arbolización;
- Promoción del empleo de combustibles alternativos, inclusive el uso del GLP.

[7] Integrado por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTCVC), la Municipalidad Metropolitana de Lima, la Municipalidad Provincial de Callao, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y (con voz) la Policía Nacional (PNP).

El empleo del GLP en el sector transportes, como una opción para la reducción de los niveles de contaminantes, es incluido implícitamente en el alcance del proyecto. Para dar más peso al tema de sustitución de combustibles y debido a la magnitud de inversiones y trabajo a desarrollar, en un inicio se podría formar dentro el Programa un *Comité Técnico de Combustibles Alternativos.* Podrían participar representantes del MEM, del MTCVC, del MEF, del CONAM, del INDECOPI, de los municipios, de los organismos gremiales de los transportistas[8] y de las empresas relacionadas con el GLP y el GNC. Las actividades a desarrollar deberían referirse a la planificación de estrategias, el marco legal y normativo del uso de GLP y de GNC y al aspecto financiero dentro del marco de un programa integral, entre ellas:

- Normas nacionales sobre el GLP y el GNC (composición, límites de contaminantes);
- Normativa sobre el empleo de GLP automotor;
- Actualizar las estadísticas sobre el papel actual del GLP en el parque automotor;
- Revisar el marco tributario sobre los combustibles, de tal modo que los impuestos favorezcan los combustibles más limpios;
- Campaña de sensibilización para hacer conocer en una manera neutra a la población las posibilidades, las ventajas y las desventajas de los combustibles alternativos;
- Definir y priorizar la infraestructura necesaria (estaciones de servicio, talleres de conversión) y los recursos necesarios para su implementación y su operación y mantenimiento;
- Estudiar los mecanismos para el desarrollo del mercado del GLP a corto plazo y del GNC a largo plazo para uso automotor;
- Diseñar e implementar proyectos de demostración;
- Realizar las obras de carácter público para la introducción del GNC;
- Monitorear y evaluar el programa de promoción del uso automotor de combustibles alternativos (ritmo de conversiones, número de gasocentros y talleres, venta de combustibles, mecanismos financieros, impactos sociales, ambientales, financieros y económicos).

6.3.3 Estrategia integral de combustibles alternativos, control de emisiones, incentivos y penalizaciones

Cabe destacar que las actividades arriba mencionadas, deberán formar parte integral del Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire y Retiro del Plomo de las Gasolinas. Es necesario evitar su implementación en una manera aislada. La introducción de combustibles está vinculada estrechamente con las medidas detalladas en los párrafos 6.3.2 y 3.7:

- *Normas para emisiones*
  En el estudio de Booz-Allen (1999) se propone estándares máximos de emisión de gases para los vehículos. Estos estándares afectarán positivamente a la tasa de introducción de combustibles más limpios. Esta medida deberá ser acompañada por un programa que comprende el registro adecuado de vehículos, mediciones en los vehículos a operativos rutinarios u operativos sorpresa y la capacitación al personal correspondiente. Es posible que se penalice ciertos niveles de contaminación excesivos.
- *Revisiones técnicas*
  Un programa de revisiones técnicas es imprescindible para asegurar el cumplimiento de normas básicas de seguridad y control de emisiones de contaminantes. En el Perú, hace más de diez años que se dejaron de aplicar, y existe actualmente un intento por reimplantarlas.
- *Aplicación selectiva de impuestos*
  La adopción de medidas impositivas capaces de alentar el consumo del GLP y del GNC y de, recíprocamente, desalentar el consumo de la gasolina y el Diesel, tendría no solamente un impacto sustantivo sobre de mejorar el ambiente, sino de mejorar la situación de la balanza comercial, una vez que la producción del gas de Camisea sea capaz de sustituir estos combustibles masivamente.

[8] Tales como AREPER o ASETUP (Asociación de Empresas del Transporte Urbano de Pasajeros)

- *Limitación de la antigüedad de los vehículos*
  Limitar la antigüedad y regular el retiro de vehículos de servicio publico de transporte de pasajeros, con obsolescencia técnica. El mayor impacto se obtiene al aplicarla a combis, ómnibus y camiones.
- *Eficiencia energética de nuevos vehículos*
  Las exigencias de estándares de rendimiento energético (km por galón) a los vehículos es una opción que ya se aplica en otros países y debería alcanzar a los vehículos nuevos y importados.
- *Elaborar programas de información al consumidor*
  Por la utilización de un sello o etiquete 'verde' se orienta al consumidor sobre cual es el rendimiento kilómetro por galón del vehículo o sus emisiones que se oferta en el mercado, con el propósito que el cliente puede elegir la mejor opción en rendimientos. También es importante iniciar un programa de sellos para equipos de conversión de GLP y GNC, con el objetivo de proporcionar información de una fuente neutra sobre la calidad y seguridad del equipo.
- *Norma sobre el empleo de convertidores catalíticos*
  El retiro del plomo de las gasolinas facilitará también el uso de catalizadores a una escala mayor, lo cual permitiría imponer una normativa más estricta sobre emisiones en vehículos.

6.3.4 Estrategia financiera

Medidas que toquen aspectos económicos pueden ser los mejores incentivos para el cambio de combustible. En el desarrollo de una estrategia financiera para la conversión de vehículos a GNC se distingue tres niveles de demandantes de financiamiento:

- Interesados en abrir estaciones de servicio,
- Interesados en abrir talleres de conversión y de mantenimiento,
- Interesados en convertir su vehículo a GNC.

El primer segmento consiste de empresarios que tienen accesibilidad a fuentes de financiamiento. En caso de grifos de CNG, el alto nivel de inversión de alrededor de $ 0.5 millón restringe el universo a una empresa grande. El segundo grupo de demandantes de capital son los propietarios de talleres que desean ampliar sus instalaciones para trabajar en el campo del GLP o del GNC automotor o nuevos interesados. Generalmente no hay una imposibilidad financiera que estos empresarios pueden acceder a créditos. No obstante, es posible estimular a los pequeños talleres privados para acelerar la difusión de las tecnologías de conversión, si se consiguiese crédito en condiciones ventajosas.

El tercer grupo, los transportistas y los conductores, es el mayor grupo de demandantes de crédito y el sector que se encuentra muchas veces marginado del sistema financiero convencional. De acuerdo a las condiciones socioeconómicas de este sector, se establece la necesidad de diseñar un *programa crediticio* para la conversión de vehículos a los combustibles alternativos. Este programa debe atender tres aspectos fundamentales:

- Diseñar líneas de crédito,
- Garantizar los recursos financieros.

Establecer líneas de crédito en general comprende definir el *grupo meta* (propietarios de uno o más vehículos que tiene suficiente kilometraje recorrido y que no tiene problemas legales o antecedentes de falta de pago) y los parámetros de operación de la línea. El *monto de crédito* variaría entre US$ 500-2,500, dependiendo del tipo de vehículo a convertir y de la tecnología. La *tasa de interés* sería la tasa vigente en el sistema financiero. Debido a que es una inversión que es rentable, no hay necesidad de subsidios a través de una tasa de interés preferencial. En base al análisis financiero en el capítulo 4, se establece un periodo de *tenencia de los préstamos* de un año. Alternativamente, se puede tomar un período fijado sobre la base de la capacidad de repago de los diferentes grupos meta o al periodo de recuperación de la inversión.

- *Limitación de la antigüedad de los vehículos*
  Limitar la antigüedad y regular el retiro de vehículos de servicio publico de transporte de pasajeros, con obsolescencia técnica. El mayor impacto se obtiene al aplicarla a combis, ómnibus y camiones.
- *Eficiencia energética de nuevos vehículos*
  Las exigencias de estándares de rendimiento energético (km por galón) a los vehículos es una opción que ya se aplica en otros países y debería alcanzar a los vehículos nuevos y importados.
- *Elaborar programas de información al consumidor*
  Por la utilización de un sello o etiquete 'verde' se orienta al consumidor sobre cual es el rendimiento kilómetro por galón del vehículo o sus emisiones que se oferta en el mercado, con el propósito que el cliente puede elegir la mejor opción en rendimientos. También es importante iniciar un programa de sellos para equipos de conversión de GLP y GNC, con el objetivo de proporcionar información de una fuente neutra sobre la calidad y seguridad del equipo.
- *Norma sobre el empleo de convertidores catalíticos*
  El retiro del plomo de las gasolinas facilitará también el uso de catalizadores a una escala mayor, lo cual permitiría imponer una normativa más estricta sobre emisiones en vehículos.

6.3.4 Estrategia financiera

Medidas que toquen aspectos económicos pueden ser los mejores incentivos para el cambio de combustible. En el desarrollo de una estrategia financiera para la conversión de vehículos a GNC se distingue tres niveles de demandantes de financiamiento:

- Interesados en abrir estaciones de servicio,
- Interesados en abrir talleres de conversión y de mantenimiento,
- Interesados en convertir su vehículo a GNC.

El primer segmento consiste de empresarios que tienen accesibilidad a fuentes de financiamiento. En caso de grifos de CNG, el alto nivel de inversión de alrededor de $ 0.5 millón restringe el universo a una empresa grande. El segundo grupo de demandantes de capital son los propietarios de talleres que desean ampliar sus instalaciones para trabajar en el campo del GLP o del GNC automotor o nuevos interesados. Generalmente no hay una imposibilidad financiera que estos empresarios pueden acceder a créditos. No obstante, es posible estimular a los pequeños talleres privados para acelerar la difusión de las tecnologías de conversión, si se consiguiese crédito en condiciones ventajosas.

El tercer grupo, los transportistas y los conductores, es el mayor grupo de demandantes de crédito y el sector que se encuentra muchas veces marginado del sistema financiero convencional. De acuerdo a las condiciones socioeconómicas de este sector, se establece la necesidad de diseñar un *programa crediticio* para la conversión de vehículos a los combustibles alternativos. Este programa debe atender tres aspectos fundamentales:

- Diseñar líneas de crédito,
- Garantizar los recursos financieros.

Establecer líneas de crédito en general comprende definir el *grupo meta* (propietarios de uno o más vehículos que tiene suficiente kilometraje recorrido y que no tiene problemas legales o antecedentes de falta de pago) y los parámetros de operación de la línea. El *monto de crédito* variaría entre US$ 500-2,500, dependiendo del tipo de vehículo a convertir y de la tecnología. La *tasa de interés* sería la tasa vigente en el sistema financiero. Debido a que es una inversión que es rentable, no hay necesidad de subsidios a través de una tasa de interés preferencial. En base al análisis financiero en el capítulo 4, se establece un periodo de *tenencia de los préstamos* de un año. Alternativamente, se puede tomar un período fijado sobre la base de la capacidad de repago de los diferentes grupos meta o al periodo de recuperación de la inversión.

La línea de crédito puede ser individual, orientada para aquellos transportistas que cumplan los requisitos solicitados por la entidad financiera. Una línea grupal, bajo esquemas de garantía y solidarias, servirá más para transportistas, sobre todo los taxistas, que de alguna manera no cumplen con todas las condiciones del financiero. El ente financiero puede ser un banco comercial[9], ONGs[10] o municipal.[11] Otra modalidad de línea de crédito es la en que una tercera parte garantiza la deuda adquirida por el transportista afiliado a esta tercera parte, por ejemplo los organismos gremiales de transporte[12] o la municipalidad. La otra alternativa de financiamiento es el sistema 'leasing', donde la garantía la otorgaría el proveedor de equipo.

A través de varios mecanismos se puede proporcionar seguridad a los entes financieros:

- Establecer un *fondo de garantía*, el cual proviene de fuentes financieras de desarrollo nacionales[13] o internacionales y que respalden con garantía de rigor los créditos que el sector financiero daría con fondos propios;
- Establecer un *fondo de financiamiento*, el cual procede de fondos de cooperación, de los entes financieros mismos o ambos. Aparte de suministrar créditos, tal fondo puede financiar otros elementos de un programa de promoción de combustibles alternativos, tales como la asistencia técnica, capacitación y su organización administrativa.

6.3.5 Estrategia de concienciación

Existe gran necesidad de contar con información que provenga de fuentes neutras desde el punto de vista empresarial. Esta información debe tocar temas como:

- La existencia y potencial de los combustibles alternativos;
- La ventaja económica (precio, rentabilidad de la inversión, periodo de retorno, menor costo de mantenimiento, ahorro de recursos nacionales);
- La conveniencia ambiental (características de la combustión, emisiones de contaminantes, salud);
- Aspectos técnicos (diferencia entre GLP y GNC, riesgo del uso automotor, seguridad, operación y mantenimiento).

La difusión de esta información se deberá realizarse a través de varias medios:

- Charlas, reuniones y visitas a grupos organizados de transportistas y de conductores, usando boletines, material audiovisual y equipo demostrativo;
- Difusión general utilizando radio, TV y periódicos para crear una conciencia en la opinión pública.

Con el objetivo de incrementar los conocimientos tanto de los propietarios del vehículo como de los mecánicos de automotores, se deberá promover la realización de cursos de entrenamiento y capacitación o integrar módulos sobre la conversión a GLP y a GNC en cursos existentes.

6.3.6 Estrategia de monitoreo y evaluación

El tema monitoreo y evaluación por el Comité Técnico de Combustibles Alternativos es importante ya que permite seguir paso a paso la implementación del programa, de manera que se puede periódicamente reforzar, retroalimentar y reorientar las estrategias de acción. Se debe hacer énfasis en el campo financiero (número de créditos, su repago, el desempeño de las entes financieras, etc.), el campo

[9] Especialmente, aquellos bancos que trabajan en crédito de consumo, tales como Orion, Solventa, Banco de Trabajo, Banco de Santander, Carsa, etc.

[10] Especialmente, aquellos que trabajan con la pequeña y mediana empresas, los llamados EDPYMES, y sus empresas crediticias, pro ejemplo, Pro Empresa (IDESA), EDYFICAR (CARE), CREDINPET (Inpet), etc.

[11] Por ejemplo, la Caja Municipal de Crédito Popular de Lima.

[12] Por ejemplo, las asociaciones ASETUP y AREPER o el Servicio de Taxi Municipal (SETAME) del Municipio de Lima

[13] Por ejemplo, COFIDE o FOGAPI.

ambiental (nivel de contaminación en la ciudad y de los tubos de escape de los vehículos), en la sustitución de combustible (ritmo de conversiones, calidad de los talleres y gasocentros, número de talleres y gasocentros, ventas de GLP y de GNC) y los impactos económicos (impuestos, balanza comercial, deuda, creación de empleo, etc.).

6.3.7 Plan de acción a corto plazo: proyectos piloto

No es racional empezar inmediatamente un programa masivo y de largo aliento de sustitución de combustibles. Se propone que se ejecute proyectos piloto, los cuales permitirán ajustar las estrategias arriba mencionadas a la realidad práctica, ensayar a pequeña escala los mecanismos planteados e identificar las barreras claves que inhiben el desarrollo del programa de sustitución de combustibles.

Los proyectos pilotos permitirían la concretización del marco legal e institucional y el diseño y dimensionamiento en forma adecuado de un programa grande de sustitución de los actuales combustibles y la utilización por otros más limpios, como el gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural comprimido (GNC). Es más factible de iniciar con los vehículos de uso intensivo, como es el caso de los vehículos de servicio público, por su mayor intensidad de recorrido. Por eso, se propone arrancar un proyecto de sustitución por GLP para taxis a gasolina en el período 2001-2003 y, cuando llegue el GNC a Lima en el año 2004, un proyecto piloto de sustitución por GNC para taxis, combis y camioneta en el periodo 2005-2007.

6.4 Proyecto piloto en el periodo 2001-2003, taxis a GLP

Definición
Aunque la tecnología de GLP no es nueva en el mercado automotor peruano, existe poca difusión dónde se estima existen unos tres a cinco mil vehículos a GLP de un total de automóviles de medio millón. El proyecto intenta intensificar la conversión de vehículos gasolineros de uso intensivo. Se elige a vehículos gasolineros, porque la conversión de motores Diesel es más complicado y más costoso. Se elige a vehículos dedicados al servicio de taxi, porque esta modalidad de transporte ha cobrado mucha importancia, tanto por el número de unidades que prestan servicio, como por la implicancia social que esta actividad representa. Por su número, los taxis contribuyen a muchas emisiones (tantos locales como globales), lo que hace posible la reducción significativa de emisiones y su uso intensivo hace que el plazo para recuperar el costo de la conversión sea más corto, lo que hace más atractivo la inversión al dueño del vehículo.

Objetivos superiores
- Reducir la emisión de algunos contaminantes y gases de efecto invernadero;
- Utilizar combustibles sobre los cuales posee stock en el país para disminuir las importaciones de combustibles;
- Mejorar la economía de las familias comprendidas en el servicio de taxi.

Objetivos específicos
- Promover el uso del GLP:
  - Involucrar a los actores institucionales en una política de apoyo y promoción del GLP,
  - Posibilitar a los taxistas el acceso a créditos para la conversión a GLP,
  - Incrementar el nivel de conocimiento acerca del uso del GLP en el sector transportes;
- Es el propósito del presente caso, identificar la dimensión del mercado, la descripción de tecnología disponible y el análisis financiero respectivo;

Meta y tareas principales
Promover la conversión o adquisición de 6,000 mil taxis en un período de 4 años:

- Conversión taxis con motor a gasolina a GLP;
- Campaña de información y promoción a los taxistas por SETAME, por ejemplo a través de medios como su revista 'Taxi Libre', en coordinación con los principales proveedores de GLP y de los equipos de conversión;
- Selección de los equipos GLP y de los talleres;
- Implementar un sistema de monitoreo de características claves (emisiones, consumo de energía, etc.)
- Elaboración de un estudio, que demuestra los resultados del proyecto y sus beneficios económicos y ambientales.

Grupo meta y beneficiarios del proyecto
El mercado potencial para este proyecto piloto, está conformado principalmente por los automóviles dedicados al servicio de taxis, inscritos en el SETAME (Servicio de Taxi Metropolitano)[14] con el propósito de facilitar su identificación y evaluación del récord del servicio que brinda. En el Registro del SETAME se puede extraer información para fines de planificación de la eficiencia energética en este sector. Actualmente, el parque metropolitano incluye 67,211 vehículos registrados en el SETAME a junio de 2000, de los cuales 23,137 son vehículos formalmente autorizados y 44,074 son vehículos inscritos en trámite de autorización. Según la evaluación llevado acabo por CIDATT (2000), del total de unidades autorizados y registradas, el 83% consume gasolina (es decir 55,862 unidades), el 11.2% Diesel (10,703 unidades) y el porcentaje restante GLP (646 vehículos). Están constituidos por 12,219 autos station wagon y 54,992 automóviles. Se presenten más detalles de esta evaluación en el Anexo B.

Según los estudios, realizados por CIDATT (2000) y el PAE[15], se puede dividir el parque de taxis 'formales' (67,211 vehículos, 2000) en cinco categorías:

A. Subcompactos a gasolina (10,766), en los que predomina el tipo Tico de la marca Daewoo;
B. Vehículos de relativamente poca antigüedad (30,069, menor de 10 años), alimentados por gasolina.
C. Automóviles de antigüedad mayor (13,072), alimentados por gasolina
D. Vehículos alimentados por Diesel (12,622), mayoritariamente autos station wagon
E. Vehículos a GLP (642 unidades).

La antigüedad de la flota de taxis es de aproximadamente 17 años. Las unidades autorizadas y las solo inscritas tienen en promedio una antigüedad de 16 años. Los subcompactos son vehículos versátiles y de alta eficiencia por su reducido peso. En este grupo domina el tipo Tico de la marca Daewoo. Este grupo es menos interesante para un proyecto piloto, como son muy pequeños, no hay lugar para el tanque de GLP, y como son ya eficientes las ventajas económicas serán menores. Los automóviles del grupo son demasiados viejos para ser considerados. Queda un número importante de unidades a gasolina (el grupo B) que tienen poca antigüedad y que sustenta el importante crecimiento en número de registrados en los últimos años.

Las unidades que prestan el servicio de taxi, están generalmente sometidas a un uso muy intenso. La mayoría opera 12 horas por día (PAE, 1998, Tomo III; CIDATT, 2000). El taxi autorizado en promedio trabaja un solo turno de 8 a 12 horas por día, mientras el taxi libre opera en dos turnos de más de 12 horas por día. Esta intensidad de uso se convierte en un factor que afecta su vida útil. Se estiman que los malos hábitos de conducción y la carencia de mantenimiento regular afectan considerablemente al rendimiento del taxi.

[14] A cargo de la Dirección Municipal de Transporte Urbano (DMTU) de la Municipalidad de Lima Metropolitana

[15] Proyecto de Ahorro de Energía (PAE) del Ministerio de Energía y Minas: *Plan de Eficiencia Energética para el Mediano y Largo Plazo. Tomo III, documentos anexos.*

El mayor volumen de vehículos registrados por SETAME, es operado por conductores no propietarios del vehículo, dentro de los cuales, destaca la participación de aquellos que operan sin autorización. Los citados vehículos pertenecen mayoritariamente a personas que arriendan sus vehículos a chóferes independientes.

Actores involucrados

- En Lima el órgano competente encargado de controlar el servicio de transporte público es la Dirección Municipal de Transporte Urbano y podría actuar, a través su Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME), como ente coordinador del proyecto, o, alternativamente podría seleccionar a una organización privada que se encargue de la gestión;
- Proyecto para Ahorro de Energía (PAE), aprovechando la realización de su actividad 'Capacitación a conductores de taxis',
- Los proveedores de GLP automotor[16]
- Los proveedores de equipo de conversión
- Organizaciones consultoras y ONGs, tales como CENERGIA o CIDATT.

Equipos de conversión GLP

Para la realización del proyecto se recomienda una licitación internacional para proveedores de la tecnología de conversión. La licitación llamará a cualquier empresa que pueda cumplir con normas establecidas (de emisiones locales y globales y de seguridad), certificada por laboratorios independientes. Los proveedores deben estar libres a establecer el precio y a proponer mecanismos de financiamiento (leasing) para facilitar la compra de su tecnología por los taxistas. Se recomienda que vía la licitación se seleccionará a un número determinado (digamos, dos o tres) de proveedoras, basado en los tres aspectos, seguridad, emisiones y costos. Así se facilitará una fase piloto que sea manejable. Se propone incluir dos tipos de sistemas, de la primera generación y de la segunda generación.

Los costos de los equipos de conversión varían según el tipo y según calidad. Por ejemplo, fabricantes italianos ofrecen sistemas universales. Otros fabricantes, por ejemplo de los Países Bajos o de Canadá, desarrollan su equipo por marca y tipo de vehículo, lo que resulta en un sistema más eficaz y de más calidad. Obviamente, los equipos universales son más baratos que los sistemas específicos, porque su costo de desarrollo es menor.

Porque algunos fabricantes desarrollan sistemas GLP especificado por marca y tipo de vehículo, es interesante analizar la composición de los automóviles taxi, registrados en el SETAME. A primera vista del Registro, parece que hay una abundancia de 60 marcas diferentes. Sin embargo, las de mayor

Tabla 6.1 Número de taxis inscritos en el SETAME por marca

	Número de taxis inscritos	Taxis inscritos con edad menor de 10 años		
		Número total	Taxis a gasolina	Tipo principal
Daewoo	10,558 (17%)	10,491 (52%)	10,491	Tico (84%), Racer (12%)
Toyota	12,231 (19%)	3,956 (20%)	3,954	Corolla, Corona, Crown, Tercel, Starlet, Sprinter
Nissan	5,166 (8%)	2,004 (10%)	2,004	
Lada	944 (1.5%)	852 (4%)	852	
Hyundai	2,283 (4%)	796 (4%)	772	Accent (45%), Exel, Stellar
Subtotal	*31,212 (50%)*	*18,099 (90%)*	*18,073*	
Datsun	4,137 (7%)	44 (0.2%)	44	
Volkswagen	19,988 (32%)	55 (0.3%)	55	
Ford	1,182 (2%)	301 (1.5%)	301	
Total	62,994	20,085	19,966	

Fuente: Elaboración propia, basado en datos del Registro de ESTAME de julio de 1999

[16] Actualmente hay dos, Solgas-Repsol y la Empresa Multinacional de Hidrocarburos

incidencia son 5 marcas, Daewoo, Volkswagen, Toyota, Nissan y Datsun. Analizando el número de vehículos con edad menor de 10 años, la mitad es de marca Daewoo, un 20% de Toyota y el 10% de Nissan.

Insumos y costos del proyecto

Existen tres categorías de costos principalmente relacionadas con el proyecto. Primero, están los costos asociados con los vehículos, sean ellos conversiones de vehículos gasolineros existentes, compra de vehículos GLP usados o compra de vehículos GLP nuevos. De acuerdo a los proveedores locales de la tecnología, estas conversiones a sistemas de primera y de segunda generación de GLP se pueden realizar a un costo entre US$ 600-825. Para el análisis de costo-beneficio de este estudio, ponemos el costo de conversión en $ 800[17].

Tabla 6.1 Análisis financiera para un taxi convertido a GLP

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
COSTOS									
- Inversión inicial	800								
- Gastos GLP		3 179	3 306	3 439	3 576	3 719	3 868	4 023	4 184
BENEFICIOS									
- Gastos gasolina 90		4 344	4 518	4 698	5 082	5 285	5 496	5 716	5 945
- Ahorro cambio de aceite		58	61	63	66	68	71	74	77
FLUJO DE CAJA	- 800	1 223	1 272	1 323	1 571	1 634	1 700	1 768	1 838
FLUJO DE CAJA DESCONTADO	- 800	1 037	914	805	810	714	630	555	489
Valor actualizado neto	5 954								
Tasa interna de rendimiento	158%								
Período de recuperación	0.7	año							
Datos básicos									
Vida útil, equipo GLP	8	años		**Precio GLP**					
Tasa real de descuento	18%			Nivel de 2000 [USD/litro]	0.337				
Inflación, precio USD	1.04								
Kilometraje por año	70 000			**Precio gasolina 90**					
Consumo GLP [litro por km]	0.130			Nivel de 2000 [USD/litro]	0.650				
Consumo gasolina 90 [litro/km]	0.095								

Tabla 6.3 Costos administrativos

Descripción	Costo [US$]
Equipo del proyecto:	
- Staff (5 personas)	139,000
- Materiales de oficina	10,000
- Comunicaciones	2,000
- Transporte	6,000
Servicios financieros al cliente	30,000
Campaña promocional y cursos de capacitación	25,000
Equipos de control de emisiones	25,000
Elaboración del plan de trabajo	1,500
Estudio de evaluación	3,500
Total	**242,000**
Costo por vehículo	40

Otro costo importante es aquel relacionado con la instalación de estaciones del combustible GLP (grifos). De acuerdo a las entrevistas con los limitados operadores de servicentros, el costo de una nueva estación fluctúa en promedio en $ 70,000-100,000. Sin embargo, como esta inversión se realiza por privados, con recursos propios, no va a estar a cargo del proyecto. Lo que es importante del lado del proyecto es garantizar que vaya a haber un mercado para el gas que haga rentable su inversión, y por otro lado, que haya un número suficiente de servicentros GLP.

Finalmente, están los costos públicos. Estos incluyen la administración, promoción, monitoreo y fiscalización del proyecto. No hay mucha

[17] Si los vehículos son comprados en vez de convertidos, también implica un costo adicional sobre el costo de un vehículo gasolinero tradicional, sea aquel usado o nuevo. En la literatura, aparece estimaciones del costo incremental de un vehículo GLP sobre gasolina en el rango de $200 a $2,000. Estimamos que el costo incremental de la compra de un vehículo a GLP en el mercado peruano es $1,000 más que un vehículos gasolinero, pero esto requiere de un estudio de que es lo que puede ofrecer el mercado.

literatura que explicite en detalle los costos administrativos para la realización de programas de conversión a GLP y seguramente varían dependiendo del contexto local. Una primera estimación de costos administrativos se detalle en la tabla 6.3.

Resultados y beneficios

En principio, el sector privado debe estar interesado en el proyecto por su aparente rentabilidad desde la perspectiva del dueño del taxi. Para el taxista, considerando un costo de inversión de $800, vemos en el análisis del párrafo 5.2 que esta inversión es altamente rentable. La tabla 6.2 resume algunas indicadores financieras. Asumiendo el nivel de precios de combustibles de mayo de 2000 (véase la tabla 2.6), el taxista promedio recuperaría su inversión dentro de un plazo de 9 meses con una tasa interna de retorno de 158%. Si el costo de la conversión fuera $ 500 (sistema de primera generación, con el mismo nivel de rendimiento energético), el periodo de retorno de la inversión sería 5 meses, con una tasa de retorno de 250%. Si el costo de la conversión fuera $1,500, el periodo de retorno de la inversión sería 15 meses, con una tasa interna de retorno en el rango de 87%.

En todos los casos, una inversión en sistemas de la primera hasta la cuarta generación para la conversión de taxis a GLP es rentable (y el beneficio va a ser mayor si incluye los gastos de mantenimiento del vehículo, véase el análisis de sensibilidad de la tabla 5.9 en el párrafo 5.3.2). Sin embargo, la factibilidad de realizar tal inversión, dado la probable alta tasa de descuento del taxista típico en Lima (quién típicamente vive día por día), depende en los mecanismos de financiamiento ofrecidos.

La otra inversión necesaria para realizar este proyecto es aquella relacionada con las instalaciones necesarias para el suministro de GLP a los vehículos. Dado que no se contempla incluir la construcción de grifos dentro del marco de este proyecto piloto, no se he elaborado analices financieros. Sin embargo, dado el hecho que ya existen varias instalaciones de tal tipo en la ciudad y planes de doblar el número de servicentros, suponemos que hay rentabilidad en este sector. Lo necesario con respecto a este proyecto

Tabla 6.4 Impacto del proyecto a la demanda de GLP automotor y a la infraestructura necesaria

Año	Autos a GLP línea de base	Impacto del proyecto	Total de vehículos	Consumo GLP/day	Surtidores requeridos	Talleres requeridos
2000	3 000		3 000	97 470	10	
2001	3 150	1 500	4 650	151 079	16	5
2002	3 308	3 000	6 308	204 931	21	5
2003	3 473	4 500	7 973	259 039	27	5
2004	3 647	6 000	9 647	313 416	33	6
2005			10 804	351 025	36	4
2006			12 101	393 148	41	4
2007			13 553	440 326	45	5
2008			15 179	493 165	51	5
2009			17 000	552 345	57	6
2010			19 041	618 627	64	7
2011			21 325	692 862	71	7

Datos básicos		
Crecimiento parque autos a GLP	5%	(2001-2004; sin el proyecto)
	12%	(después 2004)
Tamaño del proyecto	6000	taxis
Consumo GLP [litros/día]		vehículos * recorrido diario / rendimiento
- Rendimiento	7.2	km/litro
- Recorrido diario	233	km
Venta por surtidor [litros/día]		(60/5)*L*F*h
- Número de mangueras	2	
- Tiempo de cargado (T)	5	minutos (llenar: 3; esperar: 2 minutos)
- Combustible por cilindro(L)	30	
- Factor de utilización (F)	80%	
- Horas de atención (h)	17	horas
Número de conversiones por taller por año	333	
- Equipos de técnicos	2	de 2 técnicos
- Días/año	250	
- Días por conversión	1	día
- Mantenimiento, 2 veces al año	0.5	día

es que haya capacidad instalada que pueda suministrar 115 millones de litros de GLP en el año 2004. Asumiendo un crecimiento de 5% del mercado actual, el parque de automóviles sería 3,600 en el año 2004, al cual el proyecto piloto agrega un número significativo de 6,000 de vehículos taxi.

Con respecto a los efectos en las emisiones locales y globales, resulta del análisis ambiental presentado en el párrafo 5.4, que la implementación del proyecto tiene efectos mixtos en la contaminación local, pero efectos netos positivos en términos de reducción de gases de efecto invernadero (CO_2 y CH_4).

6.5 Proyecto piloto en 2005-2007, taxis, combis y microbuses a GNC

Definición
El proyecto intenta introducir la conversión a gas natural comprimido (GNC) de vehículos gasolineros de uso intensivo. Se elige a vehículos dedicados al servicio de transporte público de pasajeros, taxis, camionetas rurales (combis) y microbuses, porque estas modalidades de transporte han cobrado mucha importancia, tanto por el número de unidades que prestan servicio, como por la implicancia social que esta actividad representa. En el caso de los buses, la conversión de éstos es más complicado y más costosa, y se opta por trabajar con vehículos nuevos con motor dedicado a GNC[18]. Por su número y alto kilometraje recorrido, el transporte público contribuye a muchas emisiones (tantos locales como globales), lo que hace posible la reducción significativa de emisiones y su uso intensivo hace que el plazo para recuperar el costo de la conversión sea más corto, lo que hace más atractivo la inversión al dueño del vehículo.

Objetivos superiores
- Reducir la emisión de algunos contaminantes y gases de efecto invernadero;
- Utilizar combustibles de los cuales el país posee stock para disminuir la importación de combustibles;
- Mejorar la economía de las familias de los transportistas comprendidas en el de transporte de pasajeros.

Objetivos específicos
- Introducir y promover el uso del GNC:
  - Involucrar a los actores institucionales en una política de apoyo y promoción del GNC,
  - Posibilitar a los transportistas el acceso a créditos para la conversión a GNC,
  - Crear un cierto nivel de conocimiento acerca del uso del GNC en el sector transportes;
- Es el propósito del presente caso, identificar la dimensión del mercado, la descripción de tecnología disponible y el análisis financiero respectivo.

Meta y tareas principales
Promover la conversión de 750 mil taxis y la adquisición de 750 mil combis/microbús en un período de 3 años:
- Conversión de taxis con motor a gasolina a GNC (o importación de vehículos a GNC);
- Campaña de información y promoción a los transportistas, en coordinación con el proveedor de GNC y de los proveedores de los equipos de conversión;
- Selección de los equipos GNC;
- Construir dos gasocentros con talleres de conversión;
- Implementar un sistema de monitoreo de características claves (emisiones, consumo de energía, etc.)
- Elaboración de un estudio, que demuestra los resultados del proyecto y sus beneficios económicos y ambientales.

[18] OEM: ' Original equipment manufacture'

Grupo meta y beneficiarios del proyecto

El mercado potencial para este proyecto piloto, esta conformado principalmente por los vehículos dedicados al servicio de transporte de pasajeros, inscritos en la Dirección Municipal de Transporte Urbano (DMTU) de la Municipalidad de Lima Metropolitana, con el propósito de facilitar su identificación y evaluación del récord del servicio que brinda. Actualmente, el parque metropolitano de transporte público de pasajeros incluye (datos de 1999):

- 67,211 auto autorizados y/o registrados como taxi en el SETAME (al junio de 2000). Del total de unidades registradas, el 83% consume gasolina motor, el 16% Diesel, y 1% GLP. Incluyendo los informales, el parque total de taxis en Lima Metropolitana suma 192,342 vehículos (CIDATT, 2000), constituido por 166,323 automóviles y 25,019 station wagon;
- 12,789 camionetas rurales, conocidas como 'combis';
- 10,012 microbuses;
- 15,930 ómnibus.

A finales de 1997 las combis, micros y ómnibus operaban en alrededor de 720 rutas fijas en Lima Metropolitana y de Callao, de las cuales 690 rutas autorizadas, 109 no eran operadas y 140 operadas sin autorización

La antigüedad promedio de los taxis autorizados e inscritos es de aproximadamente 16-17 años[19] y de los vehículos que operan las rutas fijas es de 16 años (combi: 12 años, micro: 16 años y ómnibus: 19 años), es decir, gran parte de la flota contraviene el artículo 4 del Decreto Supremo 12-95 MTC que establece que la antigüedad máxima de las unidades que prestan este Servicio es de 20 años. Las unidades que prestan el servicio de taxi, están generalmente sometidas a un uso muy intenso. Esta intensidad de uso se convierte en un factor que afecta su vida útil. Se estiman que los malos hábitos de conducción y la carencia de mantenimiento regular afectan considerablemente al rendimiento del vehículo.

Actores involucrados

- En Lima el órgano competente encargado de controlar el servicio de transporte público es la Dirección Municipal de Transporte Urbano y podría actuar como ente coordinador del proyecto o, alternativamente, podría licitada a una organización privada que se encargue de la gestión;
- Proyecto para Ahorro de Energía (PAE) del Ministerio de Energía y Minas;
- El proveedor del GNC automotor y operador del servicentro/taller;
- Los proveedores de equipo de conversión;
- Organizaciones consultoras, tales como CIDATT o CENERGIA.

Equipos de conversión GNC

Para la realización del proyecto se recomienda una licitación internacional para proveedores de la tecnología de conversión. La licitación llamará a cualquier empresa que pueda cumplir con normas establecidas (de emisiones locales y globales y de seguridad), certificada por laboratorios independientes. Los proveedores deben estar libres a establecer el precio y a proponer mecanismos de financiamiento (si es que quieren) para facilitar la compra de su tecnología por los taxistas. Se recomienda que vía la licitación se selecciona un número determinado (digamos, dos) de proveedoras, basado en los tres aspectos, seguridad, emisiones y costos. Se propone incluir dos tipos de sistemas, de primera generación y de segunda generación.

[19] La antigüedad de la flota total de taxis (autorizados y no autorizados) es de 10.2, lo cual se explica por el hecho que se ubica más vehículos nuevos entre los vehículos nuevos, sobre todo los vehículos gasolineros (entre los que se distinguen el modelo Tico) de Daewoo.

Tabla 6.5 Impacto del proyecto a la demanda de GNC automotor y a la infraestructura necesaria

Proyecto piloto con taxis y combi/micros, gasolina a GNC

Año	Vehículos a GNC	Consumo GNC [m3/día]	Gasocentros requeridos	Talleres requeridos
2005	300	7 780	1	1
2006	900	23 339	1	1
2007	1 500	38 898	2	1
2008	1 725	44 733	2	1
2009	1 984	51 443	2	1
2010	2 281	59 159	2	1
2011	2 624	68 033	3	1
2012	3 017	78 238	3	1
2013	3 470	89 973	3	1
2014	3 990	103 469	4	1
2015	4 589	118 990	4	1

Datos básicos

Crecimiento parque autos a GNC	15%	
Tamaño del proyecto	750	taxis
	750	micro/combis
Consumo GNC [m3/día]		vehículos * recorrido diario / rendimiento
- Rendimiento taxi	11.4	km/m3
- Recorrido diario, taxi	233	km
- Rendimiento combi	7.4	km/m3
- Recorrido diario, combi	233	km
Venta por gasocentro [m3/día]		
- Número de mangueras	6	
- Tiempo de cargado, taxi	8	minutos
- Tiempo de cargado, combi	20	minutos
- Combustible por vehículo (m3), taxi	50	
- Combustible por vehículo (m3), combi	150	
- Horas de atención	17	horas
- Factor de utilización	80%	
Número de conversiones por taller por año	900	
- Equipo de técnicos	3	de 2 técnicos
- Días/año	250	de 2 técnicos
- Días por conversión, taxi	2	día
- Mantenimiento, 2 veces al año	0.5	día
- Días por conversión, combi	0	(adquiridos nuevos)
- Mantenimiento, 2 veces al año	0.5	día

Insumos y costos del proyecto

Hay tres categorías de costos principalmente relacionadas con el proyecto. Primero, están los costos asociados con los vehículos, sean ellos conversiones de vehículos gasolineros existentes (en el caso de taxis) o compra de vehículos GNC nuevos (en el caso de los buses). De acuerdo a los proveedores locales de la tecnología, estas conversiones a sistemas de primera y de segunda generación de GNC se pueden realizar a un costo entre US$ 900-1,500 para equipo de primera generación en automóviles y entre US$ 2,500-5,000 para equipo de segunda y de tercera generación. Para el análisis de costo-beneficio de este estudio, ponemos el costo de conversión al US$ 1,150 para taxis (tomando la cuenta una inflación de 4%, $ 1,345 en el año 2004) y US$ 2,825 para combis/micros[20] ($ 3,305 en el año 2004).

Otro costo importante es aquel relacionado con la instalación de servicentros GNC con talleres de conversión. Actualmente, Lima no cuenta con tal servicio. La inversión en una estación de servicio de tipo 'fast fill' fluctuará entre US$ 100,000 y 600,000, dependiendo del tamaño de los compresores y de los cilindros de suministro y su configuración. Lo que es importante del lado del proyecto, que haya un número suficiente de servicentros GNC. Como el monto de inversión necesaria es elevado y como todavía no existe un mercado para el GNC automotor, es probable que no se encuentra un inversionista

[20] Si los vehículos son comprados en vez de convertidos, también implica un costo adicional sobre el costo de un vehículo gasolinero tradicional, sea aquel usado o nuevo. En la literatura, aparece estimaciones del costo incremental de un vehículo GNC nuevo sobre gasolina en el rango de US$ 3500-4500 para automóviles y hasta US$ 6500 para microbuses.

Tabla 6.6 Análisis financiero para taxis y micros/combis a GNC

Conversión taxi, gasolina a GNC									
	Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
COSTOS									
- Inversión inicial	1 345								
- Gastos GNC		2 682	2 789	2 901	3 017	3 138	3 263	3 394	3 530
BENEFICIOS									
- Gastos gasolina 90		5 285	5 496	5 716	5 945	6 183	6 430	6 687	6 955
- Ahorro cambio de aceite		71	74	77	80	83	86	90	93
FLUJO DE CAJA	- 1 345	2 674	2 781	2 892	3 008	3 128	3 253	3 383	3 519
FLUJO DE CAJA DESCONTADO		2 266	1 997	1 760	1 551	1 367	1 205	1 062	936
Valor actualizado neto	9 152								
Tasa interna de rendimiento	203%								
Período de recuperacion	0.5	año							

Combi/micros, diesel a motor dedicado a GNC									
	Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
COSTOS									
- Diferencia inversión motor	3 305								
- Gastos GNC		2 781	2 893	3 008	3 129	3 254	3 384	3 519	3 660
BENEFICIOS									
- Gastos diesel		6 433	6 691	6 958	7 237	7 526	7 827	8 140	8 466
- Ahorro cambio de aceite		497	517	537	559	581	604	629	654
FLUJO DE CAJA	- 3 305	4 149	4 315	4 488	4 667	4 854	5 048	5 250	5 460
FLUJO DE CAJA DESCONTADO		3 516	3 099	2 731	2 407	2 122	1 870	1 648	1 453
Valor actualizado neto	13 170								
Tasa interna de rendimiento	129%								
Período de recuperacion	0.8	año							

Datos básicos			Taxi		
Vida útil, equipo GNC	8 años		Kilometraje	70 000	Precio de inversion motor:
Tasa real de descuento	18%		Consumo GNC [m3 por km]	0.130	incluyde impuestos (34.5%)
Inflación, precio USD	1.04		Consumo gasolina 90 [litro/km]	0.095	basado en la tabla
Precio GNC [USD/m3]	0.243	(en USD de 2000)	**Combi/micros**		
Precio diesel [USD/litro]	0.495	(nivel de 2000)	Kilometraje	70 000	
			Consumo GNC [m3 por km]	0.134	
			Consumo diesel [litro/km]	0.153	

privado interesado. Se recomiende incluir la construcción de un gasocentro como parte del proyecto piloto, que puede ser operada por una entidad privada o vendida después a tal entidad. En la tabla 6.5 se detalla la necesidad de por lo menos 2 gasocentros para cubrir la demanda de GNC automotor generada por el proyecto piloto.

Finalmente, están los costo públicos. Estos incluyen la administración, promoción, monitoreo y fiscalización del proyecto. No hay mucha literatura que explicite en detalle los costos administrativos para la realización de programas de conversión a GLP y seguramente varían dependiendo del contexto local.

Resultados y beneficios

En principio, el sector privado debe estar interesado en el proyecto por su aparente rentabilidad desde la perspectiva del dueño del vehículo. Para el taxista, considerando un costo de inversión de US$ 1,345 en el año 2004 para realizar la conversión, vimos en el análisis del párrafo 5.2 que esta inversión es altamente rentable. La tabla 6.6 resume algunas indicadores financieras. Vemos que, el dueño de un taxi convertido recuperaría su inversión dentro de un plazo de medio año con una tasa interna de retorno de 203% y el dueño de un combi/micro nuevo a GNC en 10 meses con una tasa interna de rendimiento de 129% (basado en los precios de combustibles del año 2000 de la tabla 2.6 y un precio intermedio de GNC (promedio del precio máximo y mínimo de la tabla 5.1). La otra inversión necesaria para realizar este proyecto es aquella relacionada con las instalaciones necesarias para el suministro de GNC a los vehículos. La tabla 6.7 presenta los resultados del análisis financiero del punto de vista de un inversionista en servicentros GNC.

Con respecto a los efectos en las emisiones locales y globales, resulta del análisis ambiental presentado en el párrafo 5.4, que la implementación del proyecto tiene efectos mixtos en la contaminación local, pero

Tabla 6.7 Análisis financiero del establecimiento y operación de un servicentro de GNC

	Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
COSTOS											
- *Inversión gasocentro*	683 197										
- Compra GNC		355 663	1 109 667	961 712	1 150 207	1 375 648	1 645 275	1 311 832	1 568 952	1 876 466	1 683 190
- Gastos de electricidad		42 593	132 889	36 914	158 936	44 149	190 087	35 201	227 344	42 101	203 928
- *Inversion taller*	161 000										
- *Operación y mantenimiento*		345 529	359 351	373 725	388 674	404 221	420 389	437 205	454 693	472 881	491 796
BENEFICIOS											
- Venta GNC		689 999	2 152 796	1 865 756	2 231 444	2 668 808	3 191 894	2 545 003	3 043 824	3 640 414	3 265 451
- Margen, venta de equipos (10%)		47 284	96 350	102 284	39 691	47 709	57 060	68 244	81 620	97 617	116 750
- Por conversión		18 250	37 960	39 478	15 396	18 414	22 023	26 340	31 502	37 677	45 062
FLUJO DE CAJA	-844 197	11 747	687 198	635 168	588 915	910 914	1 015 226	855 349	805 958	1 384 260	1 048 349
FLUJO DE CAJA DESCONTADO	-844 197	9 955	493 535	386 583	303 756	398 169	376 072	268 515	241 019	312 090	200 302
Valor actualizado neto	1 818 474										
Tasa interna de rendimiento	53%										
Período de recuperacion	3	años									

Datos básicos		**Inversión gasocentro**	[USD]
Vida útil, equipo GLP	8 años	Equipo de compresores (2 de 500 m3/h)	350 000
Tasa real de descuento	18%	Surtidores (3 con 2 mangueras c/u)	63 000
Inflación, precio USD	1.04	Instalación mecánica	32 000
Precio GNC, mayorista [USD/m3]	0.125 (en USD de 2000)	Puente de regulación y medición	19 000
Precio GNC, al público [USD/m3]	0.243 (en USD de 2000)	Obras civiles y terreno (1000 m2)	100 000
		Miscelaneo	20 000
Gastos de operación, gasocentro+taller		TOTAL	584 000
Sueldos y beneficios sociales	160 000	**Inversión taller**	
- técnicos (6)		Equipo del taller	56 000
- gerencial y administrativo		Obras civiles y terreno	60 000
Gastos generales	50 000	Capacitación y organización	35 000
Seguros	60 000	Miscelaneo	10 000
Publicidad	14 000	TOTAL	161 000
TOTAL	284 000		
		Equipo	
Electricidad		Precio equipo, mayorista [USD]	1 295
Energía [USD/m3 gas]	0.015	Precio equipo, al público [USD]	1 425
		Mano de obra, por conversión [USD]	50

Fuente: Elaboración propia, basado en datos sobre Cochabamba, Bolivia, de Pérez y Gúzman (1996) y en datos sobre Santa Cruz de Apolo Ltda.

efectos netos positivos en términos de reducción de gases de efecto invernadero (CO_2, dióxido de carbono).

Ómnibus

En lugar de mini o microbuses se puede iniciar el proyecto piloto con ómnibus nuevos. La tabla 6.8 muestra el análisis de factibilidad de un ómnibus con motor nuevo dedicado a GNC, basado en los precios de combustibles del año 2000 y un precio intermedio de GNC (promedio del precio máximo y mínimo de la tabla 5.1).

Tabla 6.8 Análisis financiero para ómnibus con motor dedicado a GNC

	Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
COSTOS									
- Diferencia inversión motor	11 016								
- Gastos GNC		7 269	7 560	7 862	8 176	8 503	8 844	9 197	9 565
BENEFICIOS									
- Gastos diesel		16 536	17 197	17 885	18 600	19 344	20 118	20 923	21 760
- Ahorro cambio de aceite		497	517	537	559	581	604	629	654
FLUJO DE CAJA	-11 016	9 764	10 154	10 560	10 983	11 422	11 879	12 354	12 848
FLUJO DE CAJA DESCONTADO	-	8 274	7 293	6 427	5 665	4 993	4 400	3 878	3 418
Valor actualizado neto	28 248								
Tasa interna de rendimiento	92%								
Período de recuperacion	1.1	año							

Datos básicos			**Taxi**	
Vida útil, equipo GNC	8 años	Kilometraje	70 000	Precio de inversion motor:
Tasa real de descuento	18%	Consumo GNC [m3 por km]	0.130	Incluyde impuestos (34.5%)
Inflación, precio USD	1.04	Consumo gasolina 90 [litro/km]	0.095	basado en la tabla
Precio GNC [USD/m3]	0.243 (en USD de 2000)		**Omnibus**	
Precio diesel [USD/litro]	0.495 (nivel de 2000)	Kilometraje	70 000	
		Consumo GNC [m3 por km]	0.351	
		Consumo diesel [litro/km]	0.392	

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

Apolo (1993)
Estudio de Gas Natural Comprimido. Apolo Ltda. (Santa Cruz, Bolivia)

Booz-Allen (1999)
Asistencia Técnica en Estudios de Transporte Urbano para el Area Metropolitana de Lima y Callao. Consorcio Booz-Allen & Hamilton; Barriga dall'Orto; Wilbur Smith (Lima, Peru)

Boykiw, A.L. (1999)
An Assessment of the Market for LPG and CNG in Peru's Transport Sector. Preparado para el Comité Especial de Alto Nivel del Proyecto Camisea y el Canadian Institute of Petroleum Industry Development. Boykiw & Co. Ltd. (Calgary, Canadá)

Campodónico, Humberto (1998)
Las Reformas Energéticas y el Uso Eficiente de la Energía en el Perú de la 'Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 12. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Santiago, Chile)

CENERGIA (1993)
Programa de Muestreo de Emisiones Gaseosas en el Transporte Urbano de Lima Metropolitana, Fase 1: Transporte Colectivo de Pasajeros. Informe final. Proyecto Naciones Unidas PER/92/G31. Centro de Conservación de Energía y del Ambiente (CENERGIA, Lima Perú); CHS S.A. (Lima, Perú)

CENERGIA (1999)
Campaña de Muestreo de Emisiones en el Transporte Individual de Pasajeros en Vehículos a Gasolina en Lima Metropolitana. Proyecto Comisión Europea N° ALR/B7-3011/95/042. Centro de Conservación de Energía y del Ambiente (CENERGIA, Lima Perú)

CIDATT
Biblioteca del Transporte, Tomos I al XI. Publicación recurrente. Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte Terrestre (CIDATT, Lima, Perú).

CIDATT (2000)
Características del Stock de Automóviles y Station Wagon en Lima Metropolitana. CIDATT (Lima, Perú). Anexo B al presente informe.

CNE (1990)
Programa Piloto: Uso Combustibles Alternativos en Vehículos de Locomoción Colectiva Urbana en Santiago. Informe final: Resultados, Conclusiones y Recomendaciones. Comisión Nacional de Energía (Santiago, Chile)

CONAM (1998a)
Transporte Urbano y Ambiente, Bases para una Política Ambiental en el Transporte Urbano. Conseja Nacional del Ambiente (Lima, Perú)

CONAM (1998b)
Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Perú, Energía-Transporte-Bosques. Informe final. Volúmenes I y II. Consejo Nacional del Ambiente (Lima, Perú)

Hollemans, Bas (1998)
Technical Reference Paper. World LPG Forum (Paris, France). Ver la página Web www.autogas.nl

IANGV (1997)
1997 Position Paper on Natural Gas Vehicles. *International Association for Natural Gas Vehicles; International Gas Union. Preparado por John Stephenson.*

IPCC (1996)
Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. Intergovernmental Panel on Climate Change (Geneva, Switzerland)

MEM (1998),
Balance Energético de 1998. Ministerio de Energía y Minas (Lima, Perú).
Ver la página Web www.mem.gov.pe

Ministerio de Energía y Minas (MEM)
Hidrocarburos, Anuario Estadístico, 1985-1994, 1995, 1996, 1997. Ver la página Web www.mem.gov.pe

MEM (1999)
Plan Referencial de Hidrocarburos. Ministerio de Energía y Minas (Lima, Perú).
Ver la página Web www.mem.gov.pe

MEM (2000)
Hidrocarburos. Estadísticas mensuales, 1999, 2000. Ver la página Web www.mem.gov.pe

Moreno, René (1989) & Fallen Bailey, D.G.
Alternative Transport Fuels from Natural Gas. Documento Técnico N° 98. Banco Mundial (Washington, DC, EE.UU.)

Navarro, Gustavo (1997)
"Los Combustibles y las Ventajas Competitivas del Perú en Energía", ponencia presentada en el seminario *Política Energética en el Perú: la Dimensión Ambiental* (Lima, Perú)

Onursal, B. (1997) & Gautam, S.P.
Contaminación Atmosférica por Vehículos Automotores, Experiencias Recogidas en Siete Centros Urbanos de América Latina. Documento Técnico N° 3735. Banco Mundial (Washington, EE.UU.)

PAE (1998)
Plan de Eficiencia Energética para el Mediano y Largo Plazo (1999-2008)
Tomo I, Versión 1.0
Tomo II, Anexos Estadísticos
Tomo III, Documentos Anexos
Proyecto para Ahorro de Energía, Ministerio de Energía y Minas (Lima, Perú)

Pérez, Giovanna (1996) & Guzmán, Aitor
Estudio de Factibilidad Técnica, Económica y Ambiental de la Sustitución de Gasolina por Gas Natural Comprimido (GNC) en el Transporte Público de la Ciudad de Cochabamba. Proyecto de grado. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología (Cochabamba, Bolivia)

Schol, E. (1992) *et.al.*
Aardgas als Brandstof voor Bedrijfsvoertuigen in Amsterdam, een Haalbaarheidsonderzoek. ECN Netherlands Energy Research Foundation (Petten, Netherlands)

Weaver, C.S. (1998)
Emission Factors for Motor Vehicles in Perú. Comunicación con C. Zegras (International Institute for Energy Conservation. Engine, Fuel, Emissions, Engineering, Inc. (Sacramento, CA, EE.UU.)

WLPGA (1998)
Automotive LP Gas, Today's Fuel for a Cleaner Tomorrow, 3rd Edition. World LP Gas Association, World LP Gas Communication SARL (Paris, Francia)

Zegras, Christopher (1998)
Used Vehicles in Perú: Effects on Motorization, Energy and Emissions. International Institute for Energy Conservation (Latin America office, Santiago, Chile)

Zegras, Cristopher (1997) & Littman, Todd
An Analysis of Full Costs and Impacts of Transportation in Santiago de Chile. International Institute for Energy Conservation (IIEC-Latin America, Santiago, Chile)

Zegras, Christopher (1993) & Layne Birk, Mia
Moving Towards Integrated Transport Planning: Energy, Environment and Mobility in Four Asian Cities. International Institute for Energy Conservation (IIEC, Washington, DC, EE.UU.)

Selección de Páginas Web interesantes

- www.iangv.org: Información sobre vehículos a GNC del IANGV
- www.ganz.org.nz: información sobre GLP y GNC del Gas Association of New Zealand
- www.cleanfuels.org: información sobre vehículos a GNC
- www.ngvc.org: información del Natural Gas Vehicle Coalition
- www.tno.nl/institwt/vm/alt-fuel.html: combustibles alternativos
- www.autogas.nl: información sobre GLP y GNC
- www.apiexport.it: información y direcciones de fabricantes italianos
- www.lpg.nl: información sobre GLP de los Países Bajos
- www.etcint.org: información sobre ETC Energy
- www.adfc.doe.gov: información sobre GLP y GNC de los EE.UU
- www.interlog.com/~ngv: información de vehículos a CNG
- www.rdw.nl: información, legislación, revisiones técnicas
- www.nhtsa.dot.org: normas de los EE.UU
- www.asme.org: normas de American Society of Mechanical Engineers
- www.ecofuel.com: combustibles alternativos con módulo de capacitación
- www.imwcng.com: empresas canadienses
- www.energy.ca.gov: información general sobre combustibles alternativos
- www.worldlpg.com: World LP Gas Association
- www.calorgas.uk: Calor Autogas (Reino Unido)
- www.landi.it: Landi Renzo (Italia)
- www.vialle.nl: Vialle (Países Bajos)
- www.mem.gov.pe: información sobre energía en el Perú y 'downloads' de informes

ANNEX A. ORGANIZACION DEL TRABAJO Y ENTREVISTAS CON ACTORES PRINCIPALES

A.1 Organización del trabajo

Existe el proyecto "Eficiencia Energética en el Sector Productivo y Transportes del Perú", cofinanciado por el Programa ALURE de la Comisión Europea (proyecto ALR/B7-3011/95/042) y ejecutado por el Consorcio integrado por CENERGIA (Perú), CESEN (Italia), ETC International (Países Bajos) y IDAE (España)[1]. Tiene el objetivo general de contribuir al desarrollo sostenible, mediante la mejora de la eficiencia energética y la conservación del ambiente en los sectores productivos y transportes en el Perú. El proyecto "Eficiencia Energética en el Sector Productivo y Transportes", consta de tres componentes (subproyectos):

- A: Cogeneración de energía en el sector productivo (CENERGIA y IDAE);
- B: Mejoramiento de la competitividad industrial a través de mejoras en la gestión energética (CENERGIA y CESEN);
- C: Eficiencia de energía y control ambiental en el transporte urbano (CENERGIA y ETC).

En el componente C se realizan las siguientes actividades:

1. Efectuar un muestreo de gases contaminantes y elaborar una propuesta de valores permisibles;
2. Realizar un diagnóstico energético ambiental del sector de transporte urbano de Lima Metropolitana y de Callao y evaluar la factibilidad de introducir combustibles más limpios para sustituir la gasolina y el Diesel y formular recomendaciones;
3. Intercambio de experiencias entre actores peruanos y europeos en un Seminario/taller;
4. Difusión de los resultados mediante un informe de resumen ejecutivo, incorporando los resultados del taller.

Dentro de estos antecedentes surge el tema del presente estudio, como el resultado de la actividad 2 arriba mencionada. Hasta la fecha (agosto de 2000) se han finalizado las primeras dos actividades.

Efectuar un muestreo de gases contaminantes y elaborar una propuesta de valores permisibles

El estudio de muestreo de gases contaminantes en vehículos a gasolina en Lima Matropolitana, se inició en el mes de noviembre de 1998 con la definición de la metodología, la adquisición del equipo de medición y el entrenamiento del personal que participaría en la campaña de y se elaboró una base de datos preliminar. En el primer semestre de 1999 se realizó la campaña de mediciones y se procesó la información en un informe final (véase CENERGIA 1999 en la lista de Referencias). Los resultados fueron presentados al Comité de la Calidad de Aire y las sugerencias del Comité han sido incorporadas en el informe final del estudio.

[1] CENERGIA: Centro para la Conservación de Energía y Ambiente, IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.

Diagnóstico del transporte urbano de Lima y estrategia de introducción de combustibles más limpios

Se inició esta actividad con dos visitas de preparación a Lima (en marzo y mayo de 1999, respectivamente), con el propósito de juntar información y documentación disponible en el Perú y actualizar el plan de trabajo (Plan Operativo) del proyecto en su total. La información, en la que se base este informe, fue conseguida durante 1999-2000 en dos etapas de actividades:

(1) Una misión de expertos nacionales e internacionales, en la que se realizó una seria de entrevistas a los actores principales (julio – agosto de 1999);
(2) Una evaluación del parque automotor de Lima y Callao, mediante una serie de encuestas en grifos seleccionados.

La misión de expertos fue organizada por ETC, integrado por:

- Sr. J.H.A. van den Akker (ETC, Jefe de misión y Coordinador Administrativo del proyecto),
- Sr. J.C. Jansen (ECN),
- Sr. J. de Winter (ETC),
- Sr. J. Tapia Grillo (CIDATT),

en cooperación con el equipo de CENERGIA, integrado por el Sr. J. Aguinaga (Gerente General; Coordinación Técnica del proyecto), Sra. C. Huaroto (Coordinación Técnica del proyecto) y el Sr. C. Orbegozo[2].

Las actividades ejecutadas por la misión fueron:

- Recopilación y revisión de datos e información existentes en el Perú provenientes de varias fuentes (gubernamental, municipal, del sector privado y de ONGs):
  - El sector energético y de los hidrocarburos en particular,
  - El sector de transportes en Lima Metropolitana y del transporte público en particular,
  - Precio y disponibilidad de combustibles más limpios (gas licuado de petróleo GLP y gas natural comprimido GNC) en el mercado peruano para su uso en transportes,
  - Factibilidad de tecnologías de conversión de vehículos a GLP o GNC dentro del contexto peruano,
  - Identificación de la opción tecnológica y grupo meta más factible (uso de GLP en taxis),
  - Contaminación en Lima y la contribución de emisiones de transporte a esta,
  - Organizaciones involucradas en el tema de energía, ambiente y transportes,
  - Planes y estrategias de estas organizaciones para un desarrollo sostenible de transportes,
  - El marco legislativo y normas;
- Recopilación de las experiencias de países latinoamericanos que actualmente utilizan GLP y/o GNC en el transporte, tales como Chile, Bolivia y Argentina. Para obtener los datos necesarios se organizaron breves visitas a Chile y a Bolivia.

Durante esta misión se notó una falta de estadísticas confiables en los Registros Administrativos en la jurisdicción de Lima y Callao, que ni reflejan el uso de combustibles real que utilizan los vehículos, y ni la estructura de vehículos preferentemente al servicio de taxis y de uso privado. Se decidió organizar una muestra de 2,500 vehículos para evaluar la distribución del parque automotor por tipo de combustible y por servicio de transporte público. CIDATT organizó esta evaluación durante los meses mayo y junio de 2000. Los resultados se presentan a continuación en el Anexo B.

[2] ETC: ETC Netherlands B.V., ECN: Netherlands Energy Research Foundation, CIDATT: Centro de Documentación y de Investigación de Transporte Terrestre, CENERGIA: Centro de Conservación de Energía y del Ambiente

A.2 Lista de entrevistas con los actores principales involucrados

Durante la misión de expertos en julio y agosto de 1999, se procedió a realizar una serie de entrevistas en instituciones y organizaciones de investigación y de consultoría, gubernamentales, financieros y comerciales.

12/7 *CIDATT*
Juan Tapia (Gerente General)
12/7 Benjamín Marticorena (consultor)
13/7 Luis Geng (consultor)
15/7 *Banco Mundial*
Oswaldo Patiño (Representante)
16/7 Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda, y Construcción *(MTC) – PROTUM* (Proyecto de Transportes de Lima Metropolitana y Callao)
Luis Rosales (Coordinador Técnico)
19/7 *Embajada de los Países Bajos*
Gerwin Woudt (Agregado Comercial)
20/7 *Solgas-Repsol*
Jorge Canchaya (Jefe de Desarrollo)
21/7 *Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) – Dirección del Ambiente* (JA/CH)
Arnold Millet (Asesor Ambiental)
21/7 *MTC – Dir. General de Ambiente*
Gonzalo Carillo (Director General)
21/7 *Ministerio de Energía y Minas (MEM) – Dir. Gral. De Hidrocarburos*
Carlos Pasano
22/7 *MML – Dir. De Transporte Urbano (DMTU) / Servicio de Taxis Metropolitano*
Elvira Moscoso (Directora DMTU, Directora SETAME)
23/7 *MML – Dir. General de Salud Ambiental*
María del Carmen Castañeda (Asesora)
23/7 *MTC-PROTUM*
Luis Rosales (Coordinador T.)
2/8 Luis Geng (consultor)
3/8 *PERUPETRO S.A.* (JT)
Luis Zavaleta (Supervisión de Contratos)
4/8 *MEM – Programa de Ahorro de Energía (PAE)*
Julio César Romaní (Jefe de Programa)
4/8 *MEM – Proyecto de Asistencia para la Reglamentación del Sector Energético (PARSEP)* (JA/JT)
Luis del Castillo (Gerente del Proyecto)
5/8 *MEM – Oficinia Técnica de Energía (OTERG)*
Iris Cardenas (Secretaria T.)
5/8 *MEM – PARSEP*
Fernando Rodrigo (Director del Proyecto)
11/8 *Secretaría Regional de Transportes y Telecomunicaciones (SEREMITT),* Santiago, Chile
Mónica Wytik (Coordinadora)
13/8 *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, Santiago, Chile
Div. Recursos Naturales e Infraestructura)
Axel Dourojeanni (Director)
Fernando Sánchez (Asesor, Programa ALURE)
Jan Hoffman (Transportes)
13/8 *Asociación Gremial Metropolitana de Transporte de Pasajeros (AGMTP),* Santiago, Chile
Celestino Meneses (Asesor)
13/8 Benjamín Marticorena
14/8 Luis Geng
17/8 *Solgas/Repsol*
Jorge Canchaya
17/8 *Consejo Nacional del Ambiente (CONAM)*
Patricia Iturregui (Gerente, Desarrollo Int'l), Rosa Morales, Luis Geng (consultor)
18/8 *MEM-PARSEP*
18/8 *MEM-OTERG*
Henry García
18/8 *Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRAN)*
18/8 *MML – DMTU/SETAME*

Elvira Moscoso

19/8 *Llaves Peruanas*
E. Clausen (Director)

19/8 *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*
Tommi Tynjälä (Proyectos, Ambiente)

19/8 *Delegación de la Comisión Europea*
José Luis Arteaga

19/8 *Empresa Multinacional de Hidrocarburos (EMHI)*
Paul Huby

20/8 *Asociación de Empresas del Transp. Urbano de Pasajeros (ASETUP)*
José Luis Diaz (Presidente)

20/8 *Motor GLP*

23/8 *Energética*, Cochabamba, Bolivia
M. Fernández

23/8 *Compañía Nacional de Gas*
La Paz, Bolivia

24/8 *Exergía y Ambiente,* La Paz, Bolivia
Carlos Ríos (Gerente)

25/8 *Embajada de los Países Bajos,* La Paz, Bolivia
C. Sevilla, Juan Fernández

25/8 *Viceministerio de Energía e Hidrocarburos, Programa ESMAP,* La Paz, Bolivia
E. Birhuett,

Nota: no se mencionan las varias reuniones de trabajo mantenidas con expertos de CENERGIA y/o de CIDATT.

Equipo de expertos de ETC:
J.H.A. van den Akker (ETC, Jefe de misión)
J. Tapia (CIDATT)
J. de Winter (ETC)
J.C. Jansen (ECN)
S. van Rooijen (ECN)

Equipo de expertos de CENERGIA:
J. Aguinaga
C. Huaroto
C. Orbegozo

ANNEX B. CARACTERISTICAS DEL PARQUEDE AUTOMOVILES Y STATION WAGON EN LIMA METROPOLITANA

Elaborado por:

CIDATT
Juan Tapia Grillo

Lima, Perú
7 de agosto de 2000

INDICE

B.1 Objetivos de estudio

B.2 Características del parque de vehículos

B.3 Características de vehículos inscritos en el Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana.

B.4 Estimación y características de automóviles y station wagon dedicados al Servicio de Taxi en Lima Metropolitana.

B.5 Composición modal de automóviles y station wagon en Lima Metropolitana

B.6 Características y composición de automóviles y station wagon según combustible utilizado por vehículos

B.7 Nivel socio económico de propietario de vehículos

B.8 Kilometraje promedio de recorrido de vehículo según tipo de uso

APENDICES

Apéndice 1: Metodología utilizada
Apéndice 2: Clasificación de vehículos automotores
Apéndice 3: Sistema de Identificación de la Placa Única Nacional de Rodaje en el Perú
Apéndice 4: Formato utilizado en encuestas

B.1 Objetivos de estudio

Los principales objetivos generales de la presente evaluación son estimar para Lima Metropolitana, las características de su parque de vehículos, sus principales usos modales y combustibles utilizados por los automóviles y station wagon. Con el propósito de complementar estudios realizados sobre las características de ómnibus, microbús y camionetas rurales en operación.

En términos específicos, el presente estudio tiene como propósito evaluar:

- Las características actuales de su parque de vehículos;
- Las características de vehículos inscritos en el Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) a cargo de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de la Municipalidad de Lima Metropolitana;
- Estimar la composición modal de automóviles y station wagon actualmente existentes;
- Estimar la composición de combustibles utilizados por automóviles y station wagon actualmente existentes;
- Nivel socio económico de propietario de vehículos;
- Kilometraje promedio de recorrido de vehículo, según tipo de uso.

Para aquellos que deseen conocer en mayor detalle las características de la muestra estudiada, en algunos Apéndices, se presenta el listado de placas, marcas, modelo, año de fabricación y otros datos inventariados en las labores de campo.

B.2 Características del parque de vehículos en Lima y Callao

El parque de vehículos en Lima y Callao, al 31 de diciembre de 1,998 según las estadísticas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Vivienda y Construcción es de 720,139 vehículos, distribuidos en la forma que se detalla en la Tabla 1.

Tabla1: Parque automotor en Lima y Callao-1998, según clase de vehículos

Clase de vehículo	Numero de vehículos	%	Antigüedad promedio
• **Automóvil**	414,712	57.59%	16.8 años
• Station Wagon	75,395	10.47%	12.6 años
• Camioneta Pick Up	72,416	10.06%	14.2 años
• Camioneta Rural	62,387	8.66%	13.4 años
• Camioneta Panel	11,721	1.63%	13.3 años
• Ómnibus	29,427	4.09%	18.4 años
• Camión	41,707	5.79%	19.2 años
• Remolcador	6,281	0.87%	
• Remolque / semi remolque	6,093	0.84%	
Total General	720,139	100.00%	

Fuente: Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.
Elaboración: CIDATT

Una de las características, que se puede observar en la estructura del parque vehicular de Lima y Callao, es el hecho que los vehículos de mayor recorrido promedio (automóviles, ómnibus y camiones) son los que poseen la mayor antigüedad.

Conforme se puede apreciar en la Tabla 15, del total de 490,107 que incluyen automóviles y station wagon, se estiman que 191,342 vehículos, que equivalen al 39.26% del mismo, está dedicado parcial o exclusivamente al Servicio de Taxi.

Las circunstancias que una parte significativa de automóviles y station wagon, están destinados modalmente a un mayor recorrido en circunstancias que no existen implementados mecanismos de revisiones técnicas, mecanismos de control de emisiones y la elevada antigüedad de los vehículos (Autos: 16.8 años y station wagon 12.6 años), establecen condiciones elevadamente perjudiciales sobre la calidad del aire y nivel de ruido y de vida de la ciudad.

El parque de vehículos sin incluir remolcadores y semi remolques, que se detalla en la Tabla 2, muestran que en un 31.48% corresponden a una antigüedad anterior a 1981, 16.07% entre 1981 y 1985, 18.12% entre 1986 y 1990, 22.76% entre 1991 y 1995; y el 11.57% entre 1996 a 1998. Es decir, el 47.55% de vehículos poseen una antigüedad mayor a 15 años y el 65.67% una antigüedad mayor a 10 años.

Tabla 2: Distribución del parque de vehículos de Lima y Callao, según antigüedad -1998

Clase de Vehículo	Antes de 1981	De 1981 a 1985	De 1986 a 1990	De 1991 a 1995	De 1996 a 1998	Total General
Automóvil	151,868	63,492	54,949	87,256	57,147	414,712
Station wagon	13,074	10,472	18,381	29,087	4,381	75,395
Camioneta pick up	17,669	13,810	14,049	16,728	10,160	72,416
Camioneta rural	8,004	11,810	25,791	12,534	4,248	62,387
Camioneta panel	2,927	1,247	1,036	3,785	2,626	11,621
Ómnibus	10,238	8,010	7,280	3,478	421	29,427
Camión	18,993	4,863	6,773	8,175	2,903	41,707
Subtotal vehículo	222,773	113,704	128,259	161,043	81,886	707,665
Subtotal %	31.48%	16.07%	18.12%	22.76%	11.57%	100.00%
Remolcador	Sin Dato	Sin Dato	Sin Dato	Sin Dato	Sin Dato	6,281
Remolque / semi remolque	Sin Dato	Sin Dato	Sin Dato	Sin Dato	Sin Dato	6,093
Total General						720,039

Elaboración: CIDATT

En la Tabla 3, se incluye la distribución porcentual de la antigüedad del parque de vehículos por tipo.

Tabla 3: Distribución porcentual del parque de vehículos de Lima y Callao, según antigüedad -1998

Clase de vehículo	Antes de 1981	De 1981 a 1985	De 1986 a 1990	De 1991 a 1995	De 1996 a 1998	Total General
Automóvil	36.62%	15.31%	13.25%	21.04%	13.78%	100.00
Station wagon	17.34%	13.89%	24.38%	38.58%	5.81	100.00
Camioneta pick up	24.40%	19.07%	19.4%	23.10%	14.03	100.00
Camioneta rural	12.83%	18.93%	41.34%	20.09%	6.81%	100.00
Camioneta panel	24.97%	10.64%	8.84%	32.29%	23.26%	100.00
Ómnibus	34.80%	27.22%	24.73%	11.82%	1.43%	100.00
Camión	45.54%	11.66%	16.24%	19.60%	6.96%	100.00

Elaboración: CIDATT – No incluye Remolcadores, remolques y semi remolques.

En la Tabla 3, se puede observar que el mayor volumen de vehículos con año de fabricación anterior al año 1981, se encuentra en los camiones, seguida de los automóviles

Una de las características, que se puede observar en la Tabla 4 es la alta participación de los vehículos station wagon en el uso de combustible Diesel 2, representando el 38.72% del total de los vehículos de este tipo. Los cuales, poseen una elevada participación en el servicio de Taxis, que por su uso intensivo impactan significativamente sobre la calidad del aire y el nivel de ruido sobre la ciudad.

Entre los station wagon, consumidores de Diesel se incluyen de forma significativa los vehículos usados provenientes de Asia, importados a través de los CETICOS, bajo un régimen tributario especial dirigido a la transformación de su sistema de dirección a la derecha a la izquierda.

Tabla 4: Parque de automóviles y station wagon en Lima y Callao, según tipo de combustible – 1998

Tipo de Combustible	Automóviles	Station Wagon	Total, Vehículos	Participación %
• Gasolina	402,932	46,044	448,976	91.61%
• Diesel	9,908	29,191	39,099	7.98%
• GLP	773	0	773	0.15%
• Gasolina y / o GLP	1,099	160	1,259	0.26%
Total General	414,712	75,395	490,107	100.00

Fuente: Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción / Encuestas CIDATT
Elaboración: CIDATT

Las principales marcas que conforman el parque de vehículos lo constituyen las marcas Toyota, Volkswagen, y Nissan, según se muestra en la Tabla 5. Su participación posee relación con su condición de haber sido las únicas marcas con plantas ensambladoras de vehículos durante la década de los años 70, periodo en el cual, se encontraba prohibida la importación de vehículos. Considerando estos privilegios, llama la atención la participación lograda en la década de los años 90 por la marca Daewoo, especialmente a través de la introducción de su modelo Tico – vehículo de tres cilindros y cuatro puertas, con muy bajo valor de venta y financiamiento de marca.

Tabla 5: Distribución del parque de vehículos de Lima y Callao, según principales marcas - 1998

Marca	Automóviles	Station wagon	Total	%
• Toyota	79,541	31,998	111,539	22.76
• Volkswagen	71,870	1,040	72,910	14.87
• Nissan	37,117	14,740	51,857	10.58
• Daewoo	29,030	83	29,113	5.94
• Hyundai	26,251	799	27,050	5.52
• Ford	24,053	3,559	27,612	5.63
• Chevrolet	17,667	1,169	18,836	3.84
• Otras marcas	129,183	22,007	151,240	30.86
Total General	414,712	75,395	490,107	100.00

Elaboración: CIDATT

Para lograr un mejor conocimiento de la composición y antigüedad del parque automotor, en la Tabla 6, se muestra la evolución de la incorporación de vehículos usados en el ámbito nacional en el parque de vehículos a partir del año 1991, fecha a partir de la cual, se dio inicio a la libre importación de estos vehículos Si bien no existen estadísticas precisas el principal mercado de los vehículos usados lo constituyen Lima y Callao.

En el periodo 1991 – 1999, los vehículos usados importados en el ámbito nacional representan el 54.93% de los incorporados al parque.

Tabla 6: Perú - Producción Nacional e Importación de Automóviles y station wagon en el periodo 1991-1999.

Año	Vehículos nuevos, Producción Nacional	Vehículos nuevos importados	Vehículos usados importados	Total, Vehículos incorporados al parque
1,991	439	17,180	2,567	20,186
1,992	24	19,143	8,592	27,759
1,993		13,656	5,069	18,725
1,994		18,799	22,038	40,837
1,995		25,741	56,512	82,253
1,996		27,641	20,717	48,358
1,997		29,758	23,513	53,271
1,998		23,025	44,184	67,209
1,999		8,243	40,621	48,864
Total General	463	183,186	223,813	407,462
Participación %	0.11%	44.96%	54.93%	100.00%

Fuente: Asociación Automotriz del Perú (AAP)
Elaboración: CIDATT

En la Tabla 7, se puede observar que las cuatro principales marcas del parque aportaron el 69.07% de vehículos usados en el periodo 1991 – 1999. En el mismo periodo la marca Toyota contribuyo con el 37.70% del total de importaciones de vehículos usados, seguida con un 20.41% de la marca Nissan; sumando ambas marcas en conjunto el 58.11%.

Tabla 7: Perú - Importación de Automóviles y Station Wagon usados de principales marcas en el periodo 1991- 1999

Año	Toyota	Volkswagen	Nissan	Daewoo	Total, Principales Marcas (1)	Total, Vehículos usados importados (2)	Participación porcentual, Principales marcas (1) / (2)
1,991	438	51	174	0	663	2,567	25.83%
1,992	838	255	471	1	1,565	8,592	18.21%
1,993	834	415	356	9	1,614	5,069	31.84%
1,994	5,545	1,336	2,984	449	10,314	22,038	46.80%
1,995	16,244	1,733	9,491	911	28,379	56,512	50.22%
1,996	8,600	367	5,341	502	14,810	20,717	71.49%
1,997	11,189	12	6,988	2,691	20,880	23,513	88.80%
1,998	20,745	28	10,269	7,856	38,898	44,184	88.04%
1,999	19,941	13	9,616	7,907	37,477	40,621	92.26%
Total General	84,374	4,210	45,690	20,326	154,600	223,813	69.07%
Participación %	37.70%	1.88%	20.41%	9.08%	69.07%	100.00%	

Fuente: Asociación Automotriz del Perú (AAP)
Elaboración: CIDATT

B.3 Características de vehículos inscritos en el Servicio de Taxi Metropolitano (SETAMA) de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana

A partir de información proporcionada por el SETAME, se ha logrado caracterizar este servicio y sus resultados se detallan en el presente Capitulo.

Los vehículos formalmente autorizados por el Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME), están constituidos por 23,137 unidades. Adicionalmente, de haber recibido la inscripción de 44,074 vehículos, desde su conformación en el segundo trimestre del año 1997, los cuales, no han logrado cumplir con los requisitos formales para su autorización definitiva y se encuentran operando informalmente. Véase la Tabla 8).

Tabla 8: Situación de vehículos inscritos en el SETAME

Situación	Numero de vehículos	%
• Vehículos autorizados	23,137	34.42
• Vehículos inscritos, con tramite no concluido	44,074	65.58
Total General	67,211	100.00

Fuente: Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana.

Las marcas más representativas de vehículos registrados en el SETAME lo constituye la marca Volkswagen, a través de su modelo Escarabajo – vehículos de dos (2) puertas, al igual, que Toyota, con sus modelos Corolla y Corona en su tipo station wagon transformados de timón de la derecha a la izquierda, con motor Diesel. Daewoo destaca su participación con su Modelo Tico – vehículo de 3 cilindros, con cuatro (4) puertas. Véase Tabla 9.

Tabla 9: Distribución de vehículos inscritos en el SETAME, según principales marcas

Marca	Vehículos autorizados	Vehículos solo inscritos	Total, Vehículos	Participación %
• Daewoo	3,440	8,601	12,041	17.92
• Hyundai	836	1,491	2,327	3.46
• Nissan	1,867	3,879	5,746	8.55
• Toyota	4,643	8,936	13,579	20.20
• Volkswagen	7,299	12,743	20,042	29.82
• Otras marcas	5,052	8,424	13,476	20.05
Total General	23,137	44,074	67,211	100.00

Fuente: Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana.

Los vehículos registrados por el SETAME, se encuentran conformados en un 81.82% por automóviles, y un 18.18% de station wagon.

Las station wagon, muestran en la composición del servicio de taxi a partir del año 1991 una participación creciente, en mérito a las facilidades tributarias de libre importación de vehículos usados, transformados en los CETICOS (zonas francas) de timón a la derecha a la izquierda. Véase la Tabla 10).

Tabla 10: Distribución de vehículos autorizados e inscritos en el SETAME, según tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Vehículos autorizados	Vehículos solo inscritos	Total, Vehículos	Participación %
• Automóvil	19,162	35,830	54,992	81.82
• Station wagon	3,975	8,244	12,219	18.18
Total General	23,137	44,074	67,211	100.00

Fuente: Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana.

Los vehículos identificados en el SETAME, en un 83.11% utilizan gasolina, 15.92% Diesel y un 0.97% GLP. Véase la Tabla 11.

Tabla 11: Distribución de vehículos autorizados e inscritos en el SETAME, según tipo de combustible

Tipo de combustible empleado	Vehículos autorizados	Vehículos solo inscritos	Total, Vehículos	Participación %
• Gasolina	19,758	36,104	55,862	83.11
• Diesel	3,150	7,553	10,703	15.92
• GLP	229	417	646	0.97
Total General	23,137	44,074	67,211	100.00

Fuente: Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana.

En los datos obtenidos en el SETAME, se ha podido comprobar que el 8.63% de los vehículos se encuentran inscritos en lugares distintos a Lima y Callao, pero, sin embargo operan habitualmente dentro de su jurisdicción. Véase la Tabla 12.

Tabla 12: Distribución de vehículos inscritos y autorizados en el SETAME, según jurisdicción de inscripción

Lugar de Inscripción	Vehículos autorizados	Vehículos solo inscritos	Total, Vehículos	Participación %
• En Lima y Callao	20,992	40,418	61,410	91.37
• En otros departamentos	2,145	3,656	5,801	8.63
Total General	23,137	44,074	67,211	100.00

Fuente: Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana.

La edad promedio de los vehículos autorizados por el SETAME, es de 17 años y del solo inscritos – no formalmente autorizados es de 16 años. Véase la Tabla 13.

Tabla 13: Distribución de vehículos registrados en SETAME, según antigüedad

Antigüedad	Vehículos autorizados	Vehículos solo inscritos	Total, Vehículos	Participación %
Antes de 1981	9,672	16,062	25,734	38.28
De 1981 a 1985	3,272	5,517	8,789	13.08
De 1986 a 1990	3,561	7,311	10,872	16.18
De 1991 a 1995	3,540	7,754	11,294	16.80
De 1996 a 1999	3,092	7,430	10,522	15.66
Total, Vehículos	23,137	44,074	67,211	100.00

Fuente: Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana.

El mayor volumen de vehículos registrados por SETAME, es operado por conductores no propietarios de vehículos, dentro de los cuales, destaca la participación de aquellos que operan informalmente. Los citados vehículos pertenecen mayoritariamente a personas que arriendan sus vehículos a chóferes independientes. Véase la Tabla 14.

Tabla 14: Distribución de vehículos autorizados e inscritos en el SETAME por tipo de servicio

Tipo de Servicio	Vehículos autorizados	Vehículos solo inscritos	Total, Vehículos	Participación %
• Por empresas	2,054	149	2,203	3.28
• Conductor propietario de vehículo	17,827	14,306	32,133	47.81
• Conductor no propietario de vehículo	3,256	29,619	32,875	48.91
Total General	23,137	44,074	67,211	100.00

Fuente: Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME) de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana.

B.4 Estimación y características de automóviles y station wagon dedicados al servicio de taxis en Lima Metropolitana

Aplicando la metodología descrita en Anexo 1 sobre un conjunto de encuestas realizadas, se estima que el número de vehículos dedicados de forma exclusiva y parcial al Servicio de Taxi en Lima Metropolitana asciende a 192,399 unidades. Lo cual compromete el 39.26% del total de 490,107 Automóviles y station wagon disponibles en el parque de vehículos. Por cada automóvil y station wagon autorizado a brindar servicio de Taxi operan como Taxi Libre 5.81 y 3.22 veces más vehículos respectivamente, sin el cumplimiento previo de ningún registro (véase la tabla 15).

Tabla15: Estimación de vehículos dedicados al servicio de taxi en Lima Metropolitana, según condición de vehículos

Condición	Muestra detectada por encuesta realizada		Relación detectada por encuesta realizada		Estimación de vehículos dedicados al servicio de taxi		
	Autos	Station wagon	Autos	Station wagon	Autos	Station wagon	Total, Vehículos
• Taxi autorizado	106	240	1.00	1.00	19,162	3,975	23,137
• Taxi no autorizado							
❑ Solo registrado (No autorizado por el SETAME)	247	562			35,830	8,244	44,074
❑ Taxi Libre	616	773	5.81	3.22	111,331	12,800	124,131
Total General	969	1575			166,323	25,019	191,342

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

En el segmento de automóviles la marca Daewoo es la más representativa con el 53.02% del total de vehículos destinados al servicio de taxi, dentro de cuyos modelos destaca el uso difundido del "Tico" – vehículo de 3 cilindros y cuatro puertas. En tanto, en el segmento de station wagon destacan la marca Toyota con el 58.41% y Nissan con el 24.97% de unidades respectivamente.

La elevada participación de station wagon de la marca Nissan y Toyota, poseen relación directa con la política de libre importación de vehículos usados con Timón a la derecha a través de los CETICOS, que posteriormente se transforman a timón a la izquierda. Véase la Tabla 16.

Tabla 16: Distribución porcentual de marcas de autos y station wagon en el servicio de taxi en operación en Lima Metropolitana (autorizados y no autorizados)

Marca	Automóviles	Station wagon
• Daewoo	53.02%	0
• Hyundai	4.32%	0
• Nissan	5.59%	24.97%
• Toyota	14.22%	58.41%
• Volkswagen	6.98%	0.10%
• Otras marcas	15.87%	16.52%
Total General	100.00%	100.00%

Fuente: Encuestas realizadas Abril – Mayo 2,000

La mayor proporción de usuarios de gasolina, se ubica en el segmento de automóviles con el 91.86% del total de vehículos, en tanto las station wagon solo representan el 12.19%. Las station wagon, se distinguen mayoritariamente por ser usuarias de Diesel en un 87.35% del total de vehículos, lo cual, posee relación directa con el volumen de vehículos usados con motor Diesel que ingresan al país a través de los CETICOS. Véase la Tabla 17.

Tabla 17: Distribución porcentual de autos y station wagon en el Servicio de Taxi, en operación en Lima Metropolitana (autorizados y no autorizado) según tipo de combustible utilizado.

Tipo de combustible empleado	Automóvil	Station Wagon
• Gasolina	92.49%	12.19%
• Diesel	6.76%	87.35%
• GLP	0.20%	0
• GLP + Gasolina	0.55%	0.46%
Total General	100.00%	100.00%

Fuente: Encuestas realizadas Abril – Mayo 2,000
Elaboración: CIDATT

Dentro de los usuarios del Diesel 2, donde se destacan en particular station wagon, conforme lo visto en la Tabla 17, la marca representativa lo constituye Toyota, con el 67.17% en la modalidad de automóviles y 68.06% en la modalidad de station wagon.

Tabla 18: Distribución porcentual de marcas de Autos y station wagon usuarios de Diesel 2 en el Servicio de Taxi Autorizados y no Autorizados

Marca	Automóviles	Station Wagon
• Daewoo	0.12%	0
• Hyundai	0.23%	0
• Nissan	26.36%	26.86%
• Toyota	67.17%	68.06%
• Volkswagen	0.23%	0
• Otras marcas	5.89%	5.08%
Total General	100.00%	100.00%

Fuente: Encuestas realizadas Abril – Mayo 2,000
Elaboración: CIDATT

Un hecho que particularmente llama la atención es el que el mayor porcentaje de vehículos usuarios de Diesel, se ubica entre los vehículos no autorizados (taxis libres).

Tabla 19: Distribución porcentual de vehículos dedicados al servicio de taxi, según condición legal de operación por tipo de combustible utilizado.

Condición	Diesel	Gasolina
• Taxi Autorizado	12.02%	16.54%
• Taxi No Autorizado		
❑ Solo registrado (No autorizado por el SETAME)	28.55%	38.36%
❑ Taxi libre	59.43%	45.10%
	100.00	100.00%

Fuente: Encuestas realizadas Abril – Mayo 2,000
Elaboración: CIDATT

La mayor participación de vehículos usuarios de gasolina, se ubica dentro de la marca Daewoo, en particular por la participación mayoritaria de modelo Tico – vehículo de 3 cilindros con 4 puertas.

Tabla 20: Distribución porcentual de marcas de autos y station wagon usuarios de gasolina en el servicio de taxi autorizados y no autorizados

Marca	Automóviles	Station wagon
• Daewoo	61.71%	0
• Hyundai	4.80%	0
• Nissan	4.95%	33.64%
• Toyota	9.31%	38.32%
• Volkswagen	7.96%	0.93%
• Otras marcas	11.27%	27.11%
Total General	100.00%	100.00%

Fuente: Encuestas realizadas Abril – Mayo 2,000
Elaboración: CIDATT

Los vehículos más antiguos en el servicio de taxi, se encuentran dentro de los usuarios del Diesel 2, con una antigüedad promedio de 10.4 años, superior a los usuarios de Gasolina, que poseen una antigüedad promedio de 7.6 años. Lo cual, encuentra su explicación en el hecho que la mayoría de vehículos Diesel ingresan como vehículos usados al país, a través de los CETICOS, y los vehículos gasolineras en su mayoría son adquiridos nuevos entre los distintos tipos de bajo costo, entre los que se distinguen el modelo TICO, de la marca Daewoo. Véase las Tablas 20 y 21.

Tabla 21: Distribución porcentual de la antigüedad de autos y station wagon dedicados al servicio de taxi, usuarios de Diesel

Antigüedad	Automóviles	Station wagon
Antes de 1981	6.98%	0.89%
De 1981 a 1985	5.81%	1.06%
De 1986 a 1990	27.91%	20.04%
De 1991 a 1995	55.81%	77.12%
De 1996 a 1999	3.49%	0.89%
Total, Vehículos	100.00%	100.00%
Edad promedio	10.4 años	8.1 años

Tabla 22: Distribución porcentual de la antigüedad de autos y station wagon dedicados al servicio de Taxi, usuarios de gasolina

Antigüedad	Automóviles	Station wagon
Antes de 1981	8.84%	6.19%
De 1981 a 1985	6.72%	10.31%
De 1986 a 1990	7.31%	31.96%
De 1991 a 1995	27.47%	48.45%
De 1996 a 1999	49.66%	3.09%
Total, Vehículos	100.00%	100.00%
Edad Promedio	7.6 años	10.7 años

Fuente: Encuestas realizadas Abril – Mayo 2,000
Elaboración: CIDATT

B.5 Composición modal de automóviles y station wagon en Lima Metropolitana

Del total de Automóviles y station wagon disponibles en Lima y Callao, el 60.96% de vehículos están destinados al uso privado, en tanto, 4.72% al servicio de taxi autorizado y el 34.32% al Servicio de Taxi Libre (no autorizado). Véase Tabla 22.

Tabla 23. Composición modal de flota

Tipo de Uso	Automóvil		Station wagon		Total	
	N° de Veh	%	N° de Veh	%	N° de Veh	%
• Vehículo de uso privado	248,389	59.89%	50,376	66.82%	298,765	60.96%
• Taxi autorizado	19,162	4.62%	3,975	5.27%	23,137	4.72%
• Taxi libre (No autorizado)	147,161	35.49%	21,044	27.91%	168,205	34.32%
Total General	414,712	100.00%	75,395	100.00%	490,107	100.00%

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

Como consecuencia de la libre importación de motores Diesel usados y el bajo valor del precio del Diesel 2, con relación a la gasolina, se puede comprobar la migración de vehículos gasolineros a Diesel 2, sin que ello se reporte necesariamente a los registros administrativos encargados. En las tablas 23 y 24, se puede apreciar la migración de automóviles y station wagon de gasolina a Diesel.

Tabla 24: Composición de automóviles, según tipo de combustible que utilizan

Tipo de Combustible	Situación inicial (Según registros administrativos)		Situación actual		Variación %
	N° Veh	%	N° Veh	%	
• Diesel	9,908	2.39%	16,860	4.06%	+70.17%
• Gasolina	404,031	97.42%	396,096	95.51%	-2.02%
• Gas GLP	773	0.19%	772	0.19%	0%
• Gasolina y/o GLP	0	0	984	0.24%	
Total General	414,712	100.00%	414,712	100.00%	

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

Tabla 25: Composición de station wagon, según tipo de combustible que utilizan

Tipo de Combustible	Situación inicial (Según registros administrativos)		Situación actual		Variación %
	N° Veh.	%	N° Veh.	%	
• Diesel	29,191	38.72%	35,139	46.61%	+20.38%
• Gasolina	46,204	61.28%	40,112	53.20%	-13.22%
• Gas GLP	0	0	0	0	
• Gasolina y/o GLP	0	0	144	0.19%	
Total General	75,395	100.00%	75,395	100.00%	

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

B.6 Características y composición de automóviles y station wagon, según combustible utilizado por vehículos

B.6.1 De los vehículos usuarios de gasolina

La gasolina de 90 octano, que se expende sin plomo en el mercado de acuerdo a las regulaciones establecidas por el gobierno peruano, se constituye en la de mayor uso. En la Tabla 25, se puede observar su participación especifica en el segmento de automóviles y station wagon.

Tabla 26: Distribución de vehículos usuarios de gasolina, según tipo de vehículo

Tipo de Combustible	Muestra Autos	% Autos	Muestra Station wagon	% Station wagon	Total, Autos y station wagon	% Autos y station wagon
Gasolina 84	650	27.43%	69	28.87%	719	27.56%
Gasolina 90	1,481	62.49%	156	65.27%	1637	62.74%
Gasolina 95	138	5,82%	7	2.92%	145	5.56%
Gasolina 97	101	4.26%	7	2.93%	108	4.14%
Total	2,370	100.00%	239	100.00%	2,609	100.00%

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

La gasolina de 84 octanos (con plomo) por su menor precio de comercialización, se constituye en el combustible preferido por los taxis, en tanto, la gasolina de 95 y 97 octanos que se expende sin plomo en el mercado peruano, se constituye en la preferida por los vehículos de uso privado, pese a su mayor precio.

Tabla 27: Distribución porcentual de automóviles y station wagon usuarios de gasolina, según tipo de uso

Tipo de uso	84 Octano	90 Octano	95 Octano	97 Octano
Uso Particular	38.39%	40.42%	76.55%	91.67%
Taxi autorizado	13.08%	11.30%	6.21%	1.85%
Taxi no autorizado	48.53%	48.28%	17.24%	6.48%
Total General	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

Entre los vehículos usuarios de gasolina en sus distintas formas, Daewoo se constituye en el segmento de Automóviles en la marca más representativa, seguida de Toyota y Volkswagen. En el segmento de station wagon, Toyota y Nissan, se constituyen en las marcas más representativas usuarias de gasolina.

Tabla 28: Distribución de vehículos usuarios de gasolina, según principales marcas

Marca	Automóviles	Station wagon
• Daewoo	28.20%	0
• Hyundai	7.29%	0.42%
• Nissan	9.36%	28.57%
• Toyota	16.27%	33.75%
• Volswagen	15.51%	2.08%
• Otras marcas	23.37%	35.18%
Total General	100.00%	100.00%

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada. Elaboración: CIDATT

Entre los vehículos gasolineros, los automóviles son más modernos que las station wagon. Lo cual, puede explicarse por la preferencia en la importación de station wagon usadas.

Los automóviles usuarios de gasolina poseen una edad promedio de 11.3 años, en tanto las station wagon 12.3 años.

Tabla 29: Distribución de vehículos usuarios de gasolina, según antigüedad

Antigüedad	Automóviles	Station wagon
Antes de 1981	18.94%	8.80%
De 1981 a 1985	11.62%	22.22%
De 1986 a 1990	12.50%	27.78%
De 1991 a 1995	25.62%	34.26%
De 1996 a 1999	31.32%	6.94%
Total Vehículos	100.00%	100.00%
Edad Promedio	11.3 años	12.3 años

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDAT

B.6.2 De los vehículos usuarios de Diesel

Los mayores usuarios de Diesel 2, lo constituyen los vehículos station wagon (75.69%), lo cual, guarda relación con las facilidades de importación de vehículos usados que preferentemente ingresan al país este tipo de vehículos, con motor Diesel. Véase Tabla 6, 7 y 30.

Tabla 30: Distribución de vehículos usuarios de Diesel 2, según tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Muestra de vehículo	%
• Automóvil	631	24.31%
• Station Wagon	1,965	75.69%
Total General	2,596	100.00%

Fuente: Resultados de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

Los mayores usuarios de Diesel 2, lo constituyen los taxis libres (no autorizados), conformados principalmente por station wagon. Véase Tabla 30.

Tabla 31: Distribución de usuarios de Diesel, según tipo de uso

Tipo de Uso	%
• Vehículo de uso particular	17.99%
• Taxi Autorizado	9.47%
• Taxi Libre (No autorizado)	72.54%
Total General	100.00%

Fuente: Resultados de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

Los vehículos de marca Toyota y Nissan, son los mayores usuarios de Diesel 2, lo cual, posee relación con el volumen y facilidades de importación de vehículos usados en los cuales, las citadas marcas lideran los volúmenes de importación. Véase Tablas 6, 7 y 32.

Tabla 32: Distribución porcentual de automóviles y station wagon, usuarios de Diesel 2, según principales marcas

Marca	Automóviles	Station wagon
• Daewoo	2.22%	0%
• Hyundai	3.80%	0.31%
• Nissan	19.49%	26.16%
• Toyota	44.22%	62.65%
• Volswagen	1.43%	0.05%
• Otras marcas	28.84%	10.83%
Total General	100.00%	100.00%

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

Entre los vehículos usuarios de Diesel, los vehículos más antiguos lo constituye el segmento de automóviles con un promedio de 13 años, en tanto, las camionetas sation wagon poseen una antigüedad promedio de 8.4 años. En el caso particular de automóviles, su uso esta influenciado por vehículos antiguos reflotados para brindar servicio preferentemente de taxi colectivo. Véase la tabla 33.

Tabla 33: Distribución de automóviles y station wagon, según antigüedad

Antigüedad	Automóviles	Station wagon
Antes de 1981	18.83%	0.74%
De 1981 a 1985	9.60%	1.82%
De 1986 a 1990	23.73%	25.74%
De 1991 a 1995	43.51%	69.74%
De 1996 a 1999	4.33%	1.96%
Total Vehículos	4.33%	100.00%
Edad Promedio	13.0 años	8.4 años

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

B.6.3 De los vehículos usuarios de Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Tabla 34: Distribución de usuarios de GPL, según tipo de vehículo

Tipo de combustión	Numero de automóviles	Numero de station wagon	Numero de camionetas rural, panel y pick up	Total, Vehículos	Participación %
• Con motor de combustión GLP	772	0	0	772	38.04%
• Con combustión gasolina-GLP	984	144	132	1,260	61.96%
Total General	1,756	144	132	2,032	100.00%

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

Tabla 35: Distribución de vehículos usuarios de GLP según uso

Marca	Vehículos de combustión GLP	Vehículos de combustión híbrida	Total, Vehículos	% de Participación
Servicio de taxi	330	918	1,248	61.74
• Taxi libre	283	635	918	16.15
• Taxi SETAME (autorizado)	47	283	330	16.40
Servicio particular	442	342	784	38.26
Total General	772	1,260	2,032	100.00

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

Tabla 36: Distribución de vehículos, según principales marcas

Marca	Automóvil GLP	Vehículos de combustión híbrida					Total, Vehículos	%
		Auto	Station wagon	Camioneta rural	Camioneta panel	Camioneta pick up		
Daewoo	36	154	0	1	1	0	192	9.45%
Hyundai	471	48	0	1	0	1	521	25.64%
Kia	39	13	0	0	0	0	52	2.56%
Nissan	8	82	40	7	0	18	155	7.63%
Toyota	91	202	43	10	9	21	376	18.50%
Otras marcas	0	432	35	25	5	16	513	25.25%
Sin marca esp.	127	53	26	4	0	13	223	10.97%
Total General	772	984	144	48	15	69	2,032	100.00%

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

Tabla 37: Distribución de vehículos de taxi, según antigüedad

Antigüedad	Auto GLP	Vehículos de combustión híbrida					% Antigüedad Total, Vehículos
		Auto	Station wagon	Camioneta rural	Camioneta panel	Camioneta pick up	
Antes de 1981	0	29.02%	12.50%	6,82%	0	0	15.33%
De 1981 a 1985	0	11.71%	12.50%	18.18%	0	0	7.28%
De 1986 a 1990	36.30%	14.50%	33.59%	36.36%	33.33%	17.86%	24.56%
De 1991 a 1995	62.21%	25.70%	40.63%	36,36%	26.67%	44.64%	41.33%
De 1996 a 1999	1.49%	19.07%	0.78%	2.28%	40.00%	37.50%	11.49%
Total, Vehículos	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100%	100.00%	100.00%
Edad promedio	8.5 años	14.1 años	12.3 años	11.9 años	7.7 años	6.7 años	11.5 años

Fuente: Estimaciones a partir de encuesta realizada.
Elaboración: CIDATT

B.7 Nivel socioeconómico de propietario de vehículos

Tabla 38: Tasa de motorizaron por distritos en Lima Metropolitana – 1,993

Distrito	Población 1,993	Vehículos privados 1,993	Tasa de motorizaron 1,993 (Vehículos privados por cada 1,000 habitantes	Nivel Socioeconómico Predominante
Callao	369,768	6,836	18.49	C: Bajo
Bellavista	71,665	3,666	51.15	B: Medio
Carmen de la Legua	38,149	672	17.62	C: Bajo
La Perla	59,160	2,608	44.08	B: Medio
La Punta	6,490	650	100.15	B: Medio
Ventanilla	94,497	1,337	14.15	D: Muy Bajo
Lima	340,422	10,972	32.23	C: Bajo
Ancón	19,695	158	8.02	D: Muy Bajo
Ate	266,398	7,676	28.81	D: Muy Bajo
Barranco	40,660	2,672	65.72	B: Medio
Breña	89,973	3,329	37.00	C: Bajo
Carabayllo	106,543	1,719	16.13	D: Muy Bajo
Chaclacayo	35,994	1,313	36.48	B: Medio
Chorrillos	217,000	7,286	33.58	D: Muy Bajo
Cieneguia	8,993	284	31.58	B: Medio
Comas	404,352	6,889	17.04	D: Muy Bajo
El Agustino	154,028	2,101	13.64	D: Muy Bajo
Independencia	183,927	2,548	13.85	D: Muy Bajo
Jesús María	65,557	5,461	83.30	B: Medio
La Molina	78,235	10,315	131.85	A: Alto y Alto Medio
La Victoria	226,857	8,219	36.23	C: Bajo
Lince	62,938	4,259	67.67	B: Medio
Los Olivos	228,143	7,091	31.08	D: Muy Bajo
Lurigancho	100,240	2,206	22.01	C: Bajo
Lurin	34,268	555	16.20	C: Bajo
Magdalena del Mar	48,963	3,905	79.75	C: Bajo
Pueblo Libre	74,054	7,036	95.01	B: Medio
Miraflores	87,113	13,230	151.87	A: Alto y Alto Medio
Pachacamac	19,850	304	15.31	C: Bajo
Pucusana	4,233	46	10.87	C: Bajo
Puente Piedra	102,808	1,261	12.27	D: Muy Bajo
Punta Hermosa	3,281	123	37.49	B: Medio
Punta Negra	2,373	77	32.45	B: Medio
Rimac	189,736	4,189	22.08	C: Bajo
San Bartolo	3,303	90	27.25	B: Medio
San Borja	99,947	13,599	136.06	A: Alto y Alto Medio
San Isidro	63,004	12,196	193.58	A: Alto y Alto Medio
San Juan de Lurigancho	582,975	9,309	15.97	D: Muy Bajo
San Juan de Miraflores	283,349	5,589	19.72	D: Muy Bajo
San Luis	48,909	2,761	56.45	C: Bajo
San Martín de Porres	380,384	10,249	26.94	D: Muy Bajo
San Miguel	117,488	9,327	79.39	B: Medio
Santa Anita	118,659	3,072	25.89	D: Muy Bajo
San María del Mar	181	4	22.10	A: Alto y Alto Medio
Santa Rosa	3,903	53	13.58	B: Medio
Santiago de Surco	200,732	23,968	119.40	A: Alto y Alto Medio
Surquillo	88,464	5,178	58.53	B: Medio
Villa El Salvador	254,641	2,782	10.93	D: Muy Bajo
Villa María del Triunfo	263,554	3,713	14.09	D: Muy Bajo
TOTAL	6,345,856	332,883		

La única información disponible sobre el nivel socioeconómico de propietarios de vehículos, es la obtenida a partir del censo económico realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el año 1993. Al respecto, no existen nuevos estudios, y en términos promedios se estima que las características de propiedad se mantienen dentro de rangos razonables. Los resultados obtenidos por el INEI, son presentados en la tabla 38.

Los niveles socioeconómicos se estratifican de la siguiente forma:

- NSE A: Alto, con los sub niveles Alto (A1) y Medio Alto (A2)
- NSE B: Medio, con los sub niveles Medio Típico (B1) y Medio Bajo (B2).
- NSE C: Bajo, con los subniveles Bajo Ascendentes (C1) y Bajo Típico (C2).
- NSE D: Muy Bajo, con los subniveles Muy Bajo Pobre (D1) y Muy Bajo Extremo (D2). Las divisiones del nivel D, guardan mayor correspondencia con la categorización de la población en sectores de "pobreza" y "extrema pobreza" que emplea la Encuesta Nacional de Hogares sobre Medición de Niveles de Vida en el Perú (ENNIV-1994).

La distribución de los hogares por NSE de Lima y el país que estimo "Apoyo - Opinión y Mercado S.A.", para 1,995 muestra que el 53.6% de la población nacional es muy pobre o extremadamente pobre; un tercio de la población, pobre (32.5%), y los dos estratos juntos alcanzan un preocupante 86% de la población total: Es decir, de cada 8 hogares, 7 son pobres o muy pobres.

El 12% de los hogares pertenecen al NSE B, con un nivel de vida medio, y solo el 2% al NSE alto.

Lima, sin embargo, ostenta una mejor distribución relativa de los hogares del NSE D (37.%), B (20%) – uno de cada cinco hogares tiene un NSE medio, y A (4.1%) – uno de cada 21 hogares aproximadamente tiene un NSE alto. Empero Lima, refleja también, la misma imagen de pobreza generalizada del país, alcanzando los estratos más pobres (C y D) – un 76% de la población Metropolitana. Es decir, que de cada 4 hogares, tres son pobres o muy pobres. Esta distribución obedece al hecho de que la población más pobre es la que ha realizado básicamente la expansión urbana extensiva en Lima, ganando todas las extensiones planas eriazas disponibles en forma periférica al ámbito urbano consolidado.

NSE	Lima (miles de hogares)	% Lima	Total país (miles de hogares)	% Total país
A	56.8	4.1	92.2	1.9
B	273.6	19.9	575.7	12.0
C	528.4	38.4	1,567.2	32.5
D	518.0	37.6	2,580.3	53.6
TOTAL	1,376.8	100.00	4,815.4	100.00

Fuente: Apoyo – Opinión y Mercado S.A. Nivel Socio Económico 1,995 Lima Metropolitana

B.8 Kilometraje promedio de recorrido de vehículo, según tipo de uso

Las encuestas realizadas dentro del presente estudio, se realizaron a partir del control del odómetro de distintos tipo de vehículos por periodos mínimos de 10 días y máximos de quince, los cuales, mostraron los siguientes resultados:

Uso	Kilometraje promedio por día
• Taxi Autorizado	171 Kilómetros
• Taxi No Autorizado	290 Kilómetros
• Auto Privado	60 Kilómetros

Se pudo evidenciar, que el taxi autorizado en promedio trabaja un solo turno de 8 a 12 horas promedio día, en tanto, el taxi libre trabaja en dos turnos regularmente de 12 horas cada uno. Estos últimos regularmente son alquilados a chóferes no propietarios, por personas dedicadas al alquiler de vehículos para el Servicio de Taxi.

En los resultados de la campaña de muestreo de gases contaminantes en Lima Metropolitana en el transporte individual de pasajeros, realizada por CENERGIA (1999), se puede obtener información sobre el kilometraje promedio de afinamiento y rendimientos de kilómetros por galón de combustibles de vehículos.

B.9 Apéndice 1: Metodología utilizada

B.9.1 Sobre las características de parque de vehículos

Las características del parque de vehículos fueron obtenida de información identificada del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

B.9.2 De las características de vehículos inscritos en el Servicio de Taxi Metropolitano

A través de la colaboración de la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima, se tuvo acceso a la base de datos de los vehículos registrados en el Servicio de Taxi Metropolitano (SETAME), a través de la cual, se procedió ha procesar la información que se detalla en las tablas del 1 al 5.

En la información proporcionada por el SETAME, los vehículos se distinguen en autorizados y aquellos que solo están registrados y no han concluido sus tramites para lograr su formal autorización.

B.9.3 De la composición modal de muestra vehicular

Para lograr una estimación de la composición modal del parque de automóviles y station wagon, se procedió en clasificar en términos generales los vehículos en dos grandes segmentos: (i) los de uso intensivo (taxi) y (ii) los de uso no intensivo.

Para lograr obtener una estimación del volumen los vehículos de uso intensivo se procedió a encuesta 2,500 vehículos en 50 intersecciones seleccionadas en el ámbito de Lima y Callao. La encuesta selecciono e identifico por cada intersección 50 vehículos.

El levantamiento de información, se efectuó en durante todo el día en horas de mayor y baja demanda, con el propósito de lograr identificar aquellos vehículos que brindan servicio de forma parcial y o eventual el servicio de Taxi. En el levantamiento de información se tuvo en consideración lo siguiente:

- Que la demanda durante las primeras horas del día, tiene un predominio en las zonas de altos e ingresos medios, correspondientes a los niveles socioeconómicos A, B y C, y sus motivos de viajes son predominantemente por razones de trabajo.

- Que la demanda el resto del día, tiene una mayor presencia en lugares que concentran centros comerciales, alrededor de los cuales se ubican zonas de servicios comerciales, como Bancos, Notarias, Instituciones Publicas entre otras. Así mismo, zonas de atención medica, educativa, de distracción entre otras.

Tabla 39: Distribución de encuestas para identificación de vehículos que realizan Servicio de Taxi en Lima, según intersecciones seleccionadas

Orden	Lugar de encuesta	Numero de Encuestas
1	Av. Pachacutec/ San Juan	50
2	Av. Tomas Marsano/ Ovalo Higuereta	50
3	Av. Aviación/ Av.Angamos	50
4	Av. Aviación/ Av. Javier Prado	50
5	Av. Huaylas / Av. José Olaya	50
6	Av. República de Panamá/ Ovalo Balta	50
7	Av. República de Panamá / Av. Benavides	50
8	Av. República de Panamá / Av. Corpac	50
9	Av. La Molina/ Av. Javier Prado	50
10	Av. Javier Prado/ Av. San Luis	50
11	Av. Javier Prado/ Vía Expresa	50
12	Av. Javier Prado/ Av. Prescott	50
13	Av. Javier Prado/ Av. Brasil	50
14	Carretera Central / Ovalo Santa Anita	50
15	Carretera Central/ Vía de Evitamiento	50
16	Av. Grau/ Av. Abancay	50
17	Av. Grau/ Plaza Grau	50
18	Puente Nuevo – San Juan de Lurigancho	50
19	Plaza de Acho	50
20	Av. Abancay/ Av. Colmena	50
21	Av. Manco Capac / Plaza Manco Capac	50
22	Av. Panamericana Norte/ Av. Eyzaguirre	50
23	Av. Zarumilla/ Estadio San Martín de Porras	50
24	Av. Alfonso Ugarte/ Plaza 2 de Mayo	50
25	Av. Alfonso Ugarte/ Plaza Bolognesi	50
26	Av. Brasil/ Av. Bolívar	50
27	Av. La Marina/ Av. Escardo	50
28	Av. La Marina/ Sucre	50
29	Av. Sánchez Carrión / Salaverry	50
30	Av. Sánchez Carrión / Javier Prado	50
31	Av. Tupac Amaru / Av. Naranjal	50
32	Av. Tupac Amaru / UNI	50
33	Av. Colonial/ Plaza Dos de Mayo	50
34	Plaza San Martín	50
35	Av. Lampa / Av. La Colmena	50
36	Av. Venezuela/ Av. Universitaria	50
37	Av. Venezuela/ Av. Tingo María	50
38	Av. Arica/ Plaza Bolognesi	50
39	Av. Bolivia / Av. Alfonso Ugarte	50
40	Av. Paseo de la República / Centro Cívico	50
41	Av. Larco / Av. Benavides	50
42	Av. Larco / Ovalo Pardo	50
43	Av. Arequipa/ Av. Angamos	50
44	Av. Arequipa/ 28 de Julio	50
45	Av. Tacna / Av. Colmena	50
46	Av. Comandante Espinar/ Av. Angamos	50
47	Av. Santa Cruz / Ovalo Gutiérrez	50
48	Centro Comercial Camino Real	50
49	Av. Juan de Ahorna / Av. Arequipa	50
50	Av. Las Begonias/ Av. Andrés Reyes	50

A partir de los criterios detallados, las intersecciones seleccionadas son presentadas en la tabla 39.

B.9.4 De la composición de combustible utilizado por vehículos

Cobertura geográfica de encuesta
La encuesta comprende la jurisdicción de las Provincias de Lima y Callao

Metodología utilizada
- Método : Encuesta
- Técnica : Entrevista

Universo en estudio
Automóviles, y station wagon de uso privado y publico usuarios de Diesel, gasolina, y gas licuado de petróleo (GLP), que circulan en la jurisdicción de Lima y Callao.

Diseño
Probabilística y representativo del universo en estudio

Tamaño de Muestra
Se procedió a realizar 2,000 entrevistas en el total de 51 estaciones de grifos, proveedores de combustible automotor en la jurisdicción de Lima y Callao.

Se procedió a realizar 2,613 entrevistas en el total de 49 estaciones de grifos, proveedores de combustible automotor en la jurisdicción de Lima y Callao.

Para obtener la distribución muestral se procedió a clasificar el total de distritos que comprenden la Provincia de Lima y Callao en 10 segmentos uniformes, según tasa de motorización. Lo que permitió conocer el total de distritos según segmento, muestra ha aplicar en cada segmento y grifos a encuestar. Como fuente base de información se tuvo la encuesta socioeconómica realizada por el INEI en 1993, proyectada al año 1999.

Tabla 40: Distribución de la tasa de motorización en Lima y Callao, por rangos según numero de distritos

*Rango de tasa de motorización	Numero de distritos	%	Numero de vehículos 1999**	%	Muestra de vehículos	Grifos encuestados
01 a 20	17	34.69	102,939	19.70	515	10
21 a 40	16	32.65	148,510	28.42	743	15
41 a 60	4	8.16	31,895	6.10	159	3
61 a 80	4	8.16	45,246	8.66	226	4
81 a 100	3	6.12	29,503	5.65	148	3
101 a 120	1	2.04	53,785	10.29	269	4
121 a 140	2	4.08	53,664	10.27	268	4
141 a 160	1	2.04	29,689	5.68	148	3
161 a 180	0	0.00	0	0.00	0	0
181 a mas	1	2.04	27,368	5.24	137	3
	49	100.00	522,599	100.00	2,613	49

Nota: * Numero de vehículos por cada 1,000 habitantes ** Cifra proyectada de autos y station wagon

Cada estación de combustible fue seleccionada en cada segmento, en forma proporcional, al numero de vehículos de cada distrito que conformaba el indicado segmento. Las estaciones encuestadas fueron 49, ubicadas en un total de 40 distritos de Lima y Callao. En las Tablas 40, 41 y 42, se detalla él numero de vehículos encuestados en cada estación de suministro de combustible.

Tabla 41: Distribución de estaciones de combustibles encuestadas, según distrito

Distrito de ubicación de grifo seleccionado	Rango tasa de motorización (véase Tabla 39)	Encuestas promedio por grifo	Total encuestas por rango	Numero grifos
San Isidro	1	137	137	3
Miraflores	2	148	148	3
San Borja	3	134		2
La Molina	3	134	268	2
Santiago de Surco	4	269	269	4
Jesús María	5	48		1
La Punta	5	50		1
Pueblo Libre	5	50	148	1
Barranco	6	57		1
Lince	6	57		1
Magdalena del Mar	6	56		1
San Miguel	6	56	226	1
Bellavista	7	53		1
San Luis	7	53		1
Surquillo	7	53	159	1
Punta Hermosa	8	1		1
Punta Negra	8	1		1
Rimac	8	41		1
San Bartolo	8	1		1
San Martín de Porras	8	101		1
Santa Anita	8	30		1
San J. Lurigancho	8	92		1
Los Olivos	8	70		1
La Victoria	8	81		1
Lurigancho	8	22		1
Chorrillos	8	72		1
Chaclacayo	8	13		1
Breña	8	33		1
Ate	8	76		1
Lima	8	108	743	1
Callao	9	126		1
San J. De Miraflores	9	103		1
Puente Piedra	9	23		1
Carabayllo	9	32		1
Comas	9	128		1
El Agustino	9	39		1
Independencia	9	47		1
Lurín	9	10		1
Pachacamac	9	6		1
Pucusana	9	1	515	1
Total Estaciones				49

Para el caso específico los distritos comprendidos en el nivel de motorización 8 y 9, se procedió a distribuir la muestra en forma proporcional al numero de vehículos que posee cada uno de ellos: El cálculo de la muestra para los niveles de motorización 8 y 9, se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 42 Distribución de muestra en distritos con una tasa de motorización de 21 a 40 vehículos privados por cada 1,000 habitantes (Rango 8)

Distrito	Vehículos	Participacion %	Encuestas
Punta Hermosa	276	0.16	1
Punta Negra	173	0.10	1
Rimac	9,400	5.57	41
San Bartolo	202	0.12	1
San Martín de Porras	22,999	13.63	101
Santa Anita	6,894	4.09	30
San J. Lurigancho	20,890	12.38	92
Los Olivos	15,912	9.43	70
La Victoria	18,444	10.93	81
Lurigancho	4,950	2.93	22
Chorrillos	16,350	9.69	72
Chaclacayo	2,946	1.75	13
Breña	7,470	4.43	33
Ate	17,225	10.21	76
Lima	24,622	14.59	108
	164,440	100.00	743

Tabla 43 Distribución de muestra en distritos con una tasa de motorización de 1 a 20 vehículos privados por cada 1,000 **habitantes (Rango 9)**

Distrito	Vehículos	Participacion %	Encuestas
Callao	15,340	24.55	126
San J de Miraflores	12,542	20.07	103
Puente Piedra	2,830	4.53	23
Carabayllo	3,858	6.17	32
Comas	15,459	24.75	128
El Agustino	4,715	7.54	39
Independencia	5,718	9.15	47
Lurin	1,245	1.99	10
Pachacamac	682	1.09	6
Pucusana	103	0.16	1
Total	62,492	100.00	515

Se procedió a realizar entrevistas en las 8 estaciones de expendio que a la fecha son las únicas que suministran GLP en la jurisdicción de Lima y Callao. A través del Software empleado, se logro identificar y excluir aquellas placas de vehículos que indistintamente concurrieron durante el periodo de encuesta a mas de una estación de suministro de GLP.

Las labores de trabajo de campo fueron realizadas en dos turnos desde las 7.00 hasta las 22.00 horas, durante cuatro días consecutivos, entre el 3 y 9 de mayo del 2,000, con el propósito de captar el mayor numero de vehículos usuarios de GLP.

Tabla 44 Ubicación de estaciones de expendio de GLP encuestadas en Lima y Callao

Estación	Distrito de Ubicación	Dirección
1	Callao	Estación Pecsa: Gas Center Aeropuerto-Av Faucett, interseccion Tomas Valle
2	Callao	Estación Repsol:Av. Argentina, intersección con la Av. Nestor Gambeta
3	Chorrillos	Estación Autogas: Av. Huaylas, Km. 19 – Pantanos de Villa
4	La Molina	Estación Centro Gas Diego:Av. La Molina 401 Urbanización Industrial Vulkano
5	Los Olivos	Estación Repsol: Av. Universitaria Cuadra 38
6	San J. Lurigancho	Estación Petrolube: Av. Próceres de la Independencia Cuadra 9 Los Jardines
7	San J. Miraflores	Estación Repsol: Av. Los Héroes Cuadra 13
8	Surquillo	Estación Centro Gas Diego:Av. República de Panamá Cuadra 43

En las labores de campo realizadas se pudo detectar un total de 1,422 vehículos e identificar de forma adicional 610 vehículos registrados en el SETAME como usuarios de GLP. Los cuales en conjunto permitió identificar un conjunto de 2,032 vehículos usuarios de GLP.

B.9.10 Del procesamiento de la información.

El total de la información ha sido procesada a traves del uso de una base de datos, diseñada específicamente para su aplicación al estudio. La cual, fue desarrollada en Visual FoxPro.

B.10 Apéndice 2: Clasificación de los vehículos automotores

(Decreto Supremo 049-86-TC)

B.10.1 Vehículos automotores mayores

La inscripción en el registro de Propiedad Vehicular y el otorgamiento de Licencias de Conducir para los vehículos mayores automotores, es competencia del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

FURGONETA
Vehículo automotor para el transporte de carga liviano con 3 o 4 ruedas con un motor no más de 500 centímetros cúbicos de cilindrada. (Modificado por D.S.023-88-TC)

AUTOMOVIL
Vehículo automotor para el transporte de persona, normalmente hasta de 6 asientos y excepcionalmente hasta de 9 asientos.

STATION-WAGON
Vehículo automotor derivado del automóvil que al rebatir los asientos posteriores, permite ser utilizado para el transporte de carga liviana.

CAMIONET PICK-UP
vehículo automotor de cabina simple, con caja posterior destinada para el transporte de carga liviana y con peso bruto vehicular que no excede los 4000 kg. (Modificado por D.S. 023-88-TC)

CAMIONETA PANEL
Vehículo automotor con carrocería cerrada para el transporte de carga liviana.

CAMIONETA RURAL
Vehículo de automotor para el transporte de personas, de hasta 17 asientos y cuyo peso bruto vehicular no exceda de 4000 kg (Modificado por D.S. 023-88-TC)

OMNIBUS
Vehículo automotor construido para ser destinado para el transporte de personas con mas de 17 asientos que puede tener compartimento de equipajes y con un peso vehicular de mas de 4000 kg (Modificado por D.S. 023-88-TC)

CAMION
Vehículo automotor para el transporte de carga mediana y pesada, cuyo peso bruto vehicular excede los 4000 Kg. Pudiendo encargársele un remolque. (Modificado por D.S. 023-80-TC)

REMOLCADOR O TRACTO CAMION
Vehículo automotor diseñado para remolcar un semi-remolque mediante un sistema de acope, no transportando carga por si, a excepción de la parte de peso y carga del vehículo remolcado.

REMOLQUE
Vehículo sin motor diseñado para ser jalado por un camión u otro vehículo motorizado, de tal forma que ninguna parte de su peso descanse sobre el vehículo remolcador.

SEMI REMOLQUE
Vehículo sin motor y sin eje delantero, que se apoya en el remolcador transmitiéndole parte de su peso bruto.

B.10.2 Vehículos menores automotores

Vehículo con dos o tres ruedas provisto de asiento o montura para el uso de su conductor y pasajeros, según sean el caso tales como bicimotos, motonetas, motocicletas, triciclos motorizados y similares.

La inscripción en el Registro correspondiente, el otorgamiento de placas de rodaje y licencias de conducir de los vehículos menores automotores, es de competencia de las Municipalidades Provinciales respectivas.

Las placas de rodaje para estos vehículos menores automotores, mantendrán la misma clasificación, codificación y dimensiones establecidas en la Resolución Ministerial 0112-77-TC/TE del 11 de junio de 1977, adicionándose en la parte inferior de las mismas el nombre de la provincia correspondiente.

Las licencias de conducir para estos vehículos mantendrán la clasificación e identificación señalada en el Decreto Supremo No. 012-77-TC del 19 de Diciembre de 1977.

B.11 Apéndice 3: Sistema de identificación de la placa única nacional de rodaje en el Perú

I. La primera letra en la placa de rodaje identifica la clase de vehículos en la forma siguiente:

Primera Letra de Placa de Rodaje	Clase de vehículo que Identifica
A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L	Automóvil
M, N	vehículo Menor, Automotor Y Furgoneta
P, O	Camioneta Pick Up
Q	Camioneta Panel
R	Camioneta Rural
S, T	Station Wagon
U, V	Ómnibus
W, X	Camión
Y	Tracto Camión
Z	Remolque, Semi Remolque

II. La segunda letra en la placa de rodaje identifica el lugar de inscripción del vehículo, según el departamento, en la forma siguiente:

Segunda Letra de Placa de Rodaje	Departamento que lo Identifica
A	Tumbes
B	Piura
C	Lambayeque
D	La Libertad
E	Ancash
F	Ica
H	Arequipa
J	Moquegua
K	Tacna
L	Cajamarca
M	Huanuco
N	Pasco
P	Junín
R	Huancavelica
S	Ayacucho
T	Apurimac
U	Puno
V	Madre De Dios
W	Amazonas
X	San Martín
Y	Loreto
Z	Cusco
G	Lima y Callao
I	Lima y Callao
Q	Lima y Callao
O	Lima y Callao

B.12 Apéndice 4: Formato utilizado en levantamiento de información

ENCUESTADOR:	FECHA:

ENCUESTA No.	PLACA:

1¿Que combustible utiliza el vehiculo ?(marcar con "X" en la casilla correspondiente)

	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS PICK UP	CAMIONETAS RURAL	CAMIONETAS PANEL	MICROBUS CHICO	MICROBUS GDE	OMNIBUS	CAMION	REMOLCADOR
MODELO										

2¿Que combustible utiliza el vehículo? (marcar con una X en la casilla correspondiente)

MARCA	

SOLAMENTE	GLP				
		GASOLINA			
HIBRIDO	GLP	84	90	95	97

3. Cuál es el uso que se le da al vehículo? (marcar con una X la casilla correspondiente-Llenar con un comentario en el caso de otro)

PARTICULAR		
TAXI	SETAME AMARILLO	
	SETAM OTRO	
	EMPRESA PARTICULAR	
	LIBRE	
OTRO		

4, OBSERVACIONES

COLOFON

Auspiciador
La publicación de este libro ha sido auspiciado por:
Proyecto ALR/B7-3011/95/042,
Programa ALURE de la Comisión Europea
Información: www.alure.net

Autores
Jan H.A. van den Akker (ETC Energy)
Juan Tapia Grillo CIDATT)

Redactor
Jorge Aguinaga (CENERGIA)

Diseño
Jan H.A. van den Akker

Fotos
Juan Tapia Grillo
CONAM

Edición
VDA Groep
Amersfoort, Netherlands
Primera edición: Mayo de 2001

Para más información:

ETC Energy
Kastanjelaan 5
P.O. Box 64, 3830 AB Leusden
Tel: +31 33 432 6025
Fax: +31 33 494 0791
E-mail: energy@etcnl.nl
jhavdakker@cs.com

CENERGIA
Calle Derain 198, esquina Morisot 140
Lima 41, Perú
Tel: +51 1 475 9671 / 476 1527
Fax: +51 1 223 9847
E-mail: tecnica@cenergia.org.pe

CIDATT
Av. Javier Prado Este 1104, Of. 402
Lima, Perú
Tel: +51 1 224 9800
Fax: +51 1 225 1677
E-mail: tgsa@amauta.rcp.net.pe