



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**PROPUESTA DE CONVERSIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR DE
LIMA Y CALLAO PARA EL USO DE GAS NATURAL**

Tesis para optar el Título de Ingeniera Industrial, que presenta la bachiller:

Patricia Carol Pérez Palomino

ASESOR: **Walter Silva**

Lima, mayo de 2010

RESUMEN

El presente estudio realiza un análisis cualitativo y cuantitativo del parque automotor de Lima y Callao que permite conocer su situación actual y definir una metodología para evaluar la factibilidad de conversión a gas natural y dar los lineamientos para una planificación estratégica con la finalidad de hacer posible dicha conversión.

Este estudio se efectúa en virtud de que el uso de este combustible, sobre todo en el sector transporte, representa la posibilidad de sustituir el petróleo y sus derivados por una fuente de energía mucho menos contaminante y más económica, sobretodo porque además de que Perú posee importantes reservas probadas de gas natural, existen otros factores que hacen necesaria su elaboración, tales como el incremento del precio del petróleo en los últimos años, de 27.6 \$/barril en el 2000 a 76.54 \$/barril en el 2010¹, y el crecimiento alarmante de la demanda mundial, 76.2mb/d en el 2000 a 85.62mb/d en el 2008², que representan un grave problema energético ya que las reservas no alcanzan para satisfacer la demanda del planeta, y el aumento de la contaminación ambiental sobre todo en Lima, la cual es una de las ciudades con el aire más contaminado en América Latina debido, principalmente, al sector transporte que utiliza combustibles con un alto índice de químicos y a su parque automotor antiguo (de 16 años en promedio), lo cual es también un problema crítico que afecta de manera directa al ambiente y la salud pública.

El estudio también abarca una estimación del parque a gas natural durante los próximos 10 años, donde se determina el beneficio ambiental y económico en cuatro escenarios; los resultados obtenidos del estudio señalan que la utilización del gas natural vehicular en Lima y Callao genera una reducción significativa de los GEI así como un ahorro debido al cambio de combustible a uno más económico; asimismo, se determina que el uso de este combustible es más beneficioso económicamente para los vehículos del servicio de taxi que para un privado. Finalmente se propone el desarrollo de un modelo econométrico para la estimación de la demanda del gas natural para así completar la evaluación de un escenario considerando a los agentes inversionistas de las estaciones de servicio.

¹ OPEC

² Annual Report OPEC 2003 - 2008

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES.....	2
1.1 El gas natural.....	2
1.1.1 Origen, composición y combustión del gas natural.....	2
1.1.2 Reservas de gas natural	5
1.1.3 Producción del gas natural.....	7
1.1.4 Consumo del gas natural	9
1.2 Principales combustibles utilizados en el parque automotor	11
1.2.1 Características de los combustibles utilizados en el parque automotor	11
1.2.2 Emisiones contaminantes del parque automotor	13
1.2.3 Aspectos e impacto ambiental del parque automotor	17
1.3 Gas Natural en otros países	20
1.3.1 GNV en Argentina.....	21
1.3.2 GNV en Brasil	22
1.3.3 GNV en Colombia	22
1.4 Legislación.....	23
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LIMA Y CALLAO	26
2.1 Vehículos particulares.....	28
2.2 Vehículos de pasajeros.....	31
2.2.1 Transporte público	32
2.2.2 Transporte escolar, turístico y de personal.....	34
2.3 Vehículos de carga	35
2.4 Red vial.....	35
2.4.1 Clasificación de la vialidad	36
2.5 Consumo de combustibles en Lima y Callao.....	37
CAPÍTULO 3: PROYECCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR CON GAS NATURAL	39
3.1 Vehículos a gas natural vehicular	39
3.1.1 Vehículos convertidos a gas natural en la actualidad	39

3.1.2	Estimación de vehículos convertidos al 2020	41
3.2	Estaciones de servicio	43
3.2.1	Estaciones de servicio a gas natural en la actualidad	43
3.2.2	Estimación de estaciones de servicio implementadas al 2020	44
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE CONVERSIÓN DEL PARQUE		
AUTOMOTOR DE LIMA Y CALLAO A GAS NATURAL.....		
4.1	Análisis técnico y económico para la conversión de vehículos.....	47
4.1.1	Conversión a GNV según tipo de motor.....	47
4.1.2	Etapas de pre conversión a gas natural.....	53
4.1.3	Montaje de equipos completos en vehículos a gas natural vehicular	54
4.1.4	Etapas de post conversión a gas natural	55
4.1.5	Requisitos de proveedores de equipos completos (PEC) para GNV	56
4.1.6	Costo de inversión	58
4.1.7	Costos de operación	59
4.1.8	Programa de financiamiento de conversión a GNV	61
4.2	Análisis técnico y económico para la implementación de estaciones de servicio	62
4.2.1	Componentes de una estación de servicio.....	63
4.2.2	Regulación y seguridad.....	66
4.2.3	Costo de inversión	68
4.2.4	Costos de operación y margen bruto de una estación de servicio.....	68
4.3	Sistema de control de carga GNV.....	69
4.4	Análisis técnico para la implementación de talleres de conversión	71
4.4.1	Requisitos de los talleres de conversión	71
4.4.2	Obligaciones de los talleres de conversión	72
4.4.3	Certificación de conversiones y talleres	73
CAPÍTULO 5: IMPACTOS AMBIENTALES Y ECONÓMICOS.....		
5.1	Reducción de emisiones por conversión de vehículos a GNV	74
5.2	Mercado de bonos de carbono	76
5.3	Ahorro generado por cambio de combustible a GNV	78
5.4	Costo de conversión de vehículos a GNV.....	79
5.5	Costo de implementación de estaciones de servicio a gas natural.....	80
5.6	Evaluación económica de los agentes que participan en la conversión a GNV.....	81
5.6.1	Escenario vehículos privados.....	81
5.6.2	Escenario taxis independientes.....	82

5.6.3 Escenario taxis empresa.....	84
5.6.4 Escenario taxis independientes y empresa	86
CAPÍTULO 6: ESTRATEGIA PARA LA CONVERSIÓN DEL PARQUE	
AUTOMOTOR A GAS NATURAL	88
6.1 Premisas de la propuesta	88
6.1.1 Disponibilidad de gas natural y modificación de matriz energética	88
6.1.2 Potencial de conversión de vehículos del parque automotor	89
6.1.3 Correlación entre la conversión a GNV y el precio de combustibles.....	90
6.1.4 Choque tecnológico y uso de biocombustibles.....	91
6.2 Propuesta de lineamientos para la conversión del parque automotor	92
6.2.1 Promoción de un parque automotor más limpio	92
6.2.2 Apoyo a la red de empresas de conversión de vehículos y estaciones de servicio a gas natural	94
6.2.3 Gestión sectorial, municipal o distrital	94
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
7.1 Conclusiones	96
7.2 Recomendaciones	98
7.3 Trabajos futuros.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición del gas natural.....	3
Tabla 2: Evolución de reservas mundiales probadas de gas natural.....	5
Tabla 3: Producción comercializada de gas natural.....	7
Tabla 4: Consumo de gas natural en el mundo.....	9
Tabla 5: Categorías de consumidores regulados.....	10
Tabla 6: Precios al público de los combustibles.....	13
Tabla 7: Perfil de emisiones por tipo de combustible.....	16
Tabla 8: Estimación de las emisiones del parque automotor de Lima-Callao.....	17
Tabla 9: Promedio anual de concentración de contaminantes atmosféricos.....	18
Tabla 10: Aspectos ambientales del parque automotor.....	19
Tabla 11: Gas natural vehicular en América Latina.....	20
Tabla 12: Gas natural vehicular en Europa y Asia.....	21
Tabla 13: Unidades por clase de vehículo en Lima y Callao.....	27
Tabla 14: Parque automotor estimado de Lima y Callao por tipo de uso.....	28
Tabla 15: Taxis registrados y autorizados por año en Lima Metropolitana.....	29
Tabla 16: Antigüedad de taxis registrados.....	30
Tabla 17: Uso de combustibles en taxis registrados.....	31
Tabla 18: Unidades registradas y autorizadas de transporte público de Lima Metropolitana.....	32
Tabla 19: Uso de combustibles por modalidad de servicio de unidades registradas de Transporte Público de Lima Metropolitana.....	33
Tabla 20: Antigüedad de unidades de autorizadas de transporte público de Lima por modalidad de servicio.....	33
Tabla 21: Unidades de transporte público registradas en el Callao.....	33
Tabla 22: Unidades registradas y autorizados por año en Lima Metropolitana.....	34
Tabla 23: Uso de combustibles por modalidad de servicio en unidades registradas.....	34
Tabla 24: Unidades registradas y autorizadas por modalidad de servicio.....	35
Tabla 25: Uso de combustibles por modalidad de servicio en unidades registradas.....	35
Tabla 26: Volumen de gas natural distribuido por categoría tarifaria.....	38
Tabla 27: Cantidad de vehículos convertidos a GNV por mes.....	41
Tabla 28: Parámetros de la regresión lineal de vehículos convertidos.....	42
Tabla 29: Cantidad de estaciones a GNV operando por mes.....	45

Tabla 30: Parámetros de la ecuación de regresión lineal de EESS	45
Tabla 31: Componentes principales del kit de conversión a gas natural	50
Tabla 32: Distribución de costos de conversión por tipo de vehículo	58
Tabla 33: Costos estimados de conversión por tipo de vehículo	58
Tabla 34: Precios al consumidor de combustibles	59
Tabla 35: Estructura de precios del gas natural	59
Tabla 36: Ahorro de precios del gas natural frente a otros combustibles	60
Tabla 37: Ahorro anual por conversión a GNV respecto a la gasolina de 90.....	60
Tabla 38: Financiamiento de una conversión a GNV	61
Tabla 39: Costos estimados de inversión de una estación de servicio a GNV	68
Tabla 40: Estimación de kilómetros recorridos por día según tipo de uso	74
Tabla 41: Perfil de emisiones – Kg./Km de operación de un vehículo	75
Tabla 42: GEI más representativos - equivalencia en CO2 equivalente	75
Tabla 43: Estimación de ahorro de emisiones GEI por año	76
Tabla 44: Beneficio económico estimado por reducción de emisiones GEI por año..	77
Tabla 45: Información necesaria para estimación de ahorros	78
Tabla 46: Ahorro anual estimado por cambio de combustible a GNV	78
Tabla 47: Estimación del costo de conversión de vehículos a GNV por año	80
Tabla 48: Estimación del costo anual de implementación de EESS a GNV	81
Tabla 49: Flujo de caja – Escenario vehículos privados.....	82
Tabla 50: Valor presente neto – Escenario vehículos privados	82
Tabla 51: Flujo de caja – Escenario taxis independientes	83
Tabla 52: Valor presente neto – Escenario taxis independientes	84
Tabla 53: Flujo de caja – Escenario taxis empresa	85
Tabla 54: Valor presente neto – Escenario taxis empresa	85
Tabla 55: Flujo de caja – Escenario taxis independientes y empresa	86
Tabla 56: Valor presente neto – Escenario taxis empresa	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Reservas mundiales probadas de gas natural a inicios de 2009.....	6
Figura 2: Reservas probadas de gas natural en América Central y Sur.....	6
Figura 3: Reservas probadas de gas natural en Perú a inicios de cada año.....	7
Figura 4: Esquema General de Producción Gas Natural.....	8
Figura 5: Consumo de gas natural por sectores.....	10
Figura 6: Parque automotor nacional y de Lima y Callao estimado.....	27
Figura 7: Taxis registrados en Lima Metropolitana por modalidad de servicio	30
Figura 8: Taxis registrados en el Callao.....	31
Figura 9: Consumo de gas natural vehicular en m3 por año.....	38
Figura 10: Vehículos convertidos a GNV por año	39
Figura 11: Tipo de conversión de vehículos a GNV	40
Figura 12: Tipo de uso de vehículos convertidos a GNV.....	40
Figura 13: Estimación de vehículos convertidos a GNV por año.....	42
Figura 14: Taxis y vehículos privados convertidos a GNV	43
Figura 15: Cantidad de estaciones de servicio a GNV por año	44
Figura 16: Estado de estaciones de servicio a GNV	44
Figura 17: Estimación de cantidad de estaciones de servicio operando por año	46
Figura 18: Vehículos a gasolina.....	48
Figura 19: Componentes principales del kit de conversión a gas natural	48
Figura 20: Componentes básicos de un bus a GNV	49
Figura 21: Vehículos a diesel.....	50
Figura 22: Conversión de vehículos.....	51
Figura 23: Esquema del gas natural vehicular	57
Figura 24: Componentes de una estación de servicio.....	63
Figura 25: Margen bruto de la operación de una estación de servicio.....	69
Figura 26: Sistema de control de carga	70
Figura 27: Vehículos convertidos a GNV al 2020.....	79
Figura 28: Cambio de la matriz energética.....	89
Figura 29: Estimación del parque automotor Lima y Callao y vehículos a GNV	89
Figura 30: Correlación entre conversiones GNV y precio de combustibles	90

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente trabajo de tesis constituye el análisis del sector transporte y energético en lo que concierne al gas natural para el uso de vehículos, con la finalidad definir una metodología para evaluar y cuantificar el potencial de conversión del parque automotor de Lima y Callao a este combustible y proponer una estrategia para lograr la conversión.

El capítulo 1 describe las principales características del gas natural, así como su aplicación en el parque automotor y su uso en otros países; también se detalla la legislación vigente.

En el capítulo 2, se realiza un análisis de la situación actual del parque automotor de Lima y Callao, cantidad y tipo de vehículos, antigüedad y principales combustibles usados; asimismo se describe la situación de la red vial.

En el capítulo 3, se realiza una estimación de la cantidad de vehículos particulares a gas natural y de las estaciones de servicio hasta el 2020, en base a las cuales en el capítulo 5, se evalúan los impactos ambientales y económicos de los agentes que participan en el sector.

El capítulo 4, analiza la factibilidad técnica y económica de la conversión de vehículos a gas natural, e implementación de estaciones de servicio y de talleres de conversión.

En el capítulo 6, se describen los principales lineamientos que se deben tener en cuenta para la elaboración de una estrategia para optimizar la conversión del parque automotor a gas natural vehicular.

Finalmente en el capítulo 7, se describen las principales conclusiones y recomendaciones del estudio, así como los trabajos futuros que se recomienda realizar considerando la información del presente estudio.

El alcance de este estudio abarca la conversión de vehículos particulares que corresponden a vehículos privados y los de servicio de taxi, tanto independientes como de empresas, en un periodo de 10 años que abarca desde el 2011 hasta el 2020.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

1.1 El gas natural

Hoy en día el gas natural representa la alternativa energética que está cobrando cada vez más importancia a nivel mundial debido a sus beneficios ambientales, por ser un combustible más limpio que emite mínimas cantidades de dióxido de carbono a diferencia del petróleo y sobre todo por sus beneficios económicos, ya que genera un ahorro significativo como lo demuestran las diferentes industrias que lo vienen utilizando.

El gas natural en la actualidad se utiliza en varios países del mundo, incluso de Latinoamérica como Argentina, México, Brasil y Colombia que lo utilizan en sus industrias, residencias y por supuesto en transporte. Perú es un país productor de este gas, como lo demuestra Camisea y otras reservas.

1.1.1 Origen, composición y combustión del gas natural

El gas natural se formó hace millones de años cuando las plantas y los pequeños animales de mar fueron enterrados por arena y roca. Las capas de barro, arena, rocas, plantas y materia animal se fueron acumulando hasta que la presión y el calor de la tierra los convirtieron en gas natural que genera calor cuando las moléculas de hidrocarburo se queman en el aire. Se le puede encontrar en rocas porosas de la corteza terrestre y también en yacimientos de petróleo o cerca de ellos, donde se encuentra petróleo y gas; aunque tomando en cuenta su estado gaseoso, puede presentarse también en yacimientos secos, donde sólo se encuentra gas.

Dependiendo de su origen se clasifica en Gas Asociado y Gas No Asociado:

- El gas asociado es el que se extrae junto con el petróleo crudo y contiene grandes cantidades de hidrocarburos como etano, propano, butano y naftas.
- El gas no asociado es el que se encuentra en depósitos que contienen únicamente gas natural.

El gas natural es, como el resto de combustibles derivados del petróleo, una mezcla de diversos hidrocarburos, pero gaseosos y livianos. Su componente principal es el

metano (CH_4), normalmente mayor a 85% o 90% dentro de su composición y es una fuente de energía primaria tal como el carbón y el petróleo.

Los principales componentes del gas natural se visualizan en la Tabla 1.

Tabla 1: Composición del gas natural

COMPONENTE	SÍMBOLO	PORCENTAJE	ESTADO NATURAL
Metano	CH_4	95.08	Gas
Etano	C_2H_6	2.14	Gas
Propano	C_3H_8	0.29	Gas Licuable
Butano	C_4H_{10}	0.11	Gas Licuable
Pentano	C_5H_{12}	0.04	Líquido
Hexano	C_6H_{14}	0.01	Líquido
Nitrógeno	N_2	1.94	Gas
Dióxido de Carbono	CO_2	0.39	Gas

Fuente: OSINERG

El gas natural se mide en metros cúbicos o pies cúbicos (misma presión y temperatura) y su producción a partir de los pozos y los repartos a las centrales eléctricas normalmente se miden en millares o en millones de pies cúbicos.

Las principales características del Gas Natural son:

- Es un combustible fósil.
- Es incoloro e inodoro.
- No tiene sabor.
- Es menos contaminante a comparación al gas licuado, ya que tiene un alto ratio H/C, por lo tanto la salida de CO_2 es baja.
- Es limpio.
- Es beneficioso tanto para la industria como para el uso doméstico, ya que desempeña papeles importantes como un combustible energético.
- Es un gas liviano, es más ligero que el aire siendo su densidad relativa 0.60.
- Su poder calorífico es el doble del gas manufacturado.
- Es un gas seco, comprimible e inflamable.
- No contiene monóxido de carbono (CO), por lo tanto no es tóxico.

Asimismo el Gas Natural está libre de arena, polvo, goma, aceites, glicoles y otras impurezas y no excede de los siguientes límites de contaminantes:

- Azufre Total: 15 mg/m^3
- Ácido Sulfúrico H_2SO_4 : 3 mg/m^3
- Dióxido de Carbono CO_2 : 2% en volumen
- Inertes Totales: 4% en volumen

- Agua Libre: 0
- Vapor de Agua: 65 mg/m^3
- Punto de rocío de Hidrocarburos: -4% a 5,500 KPa

La cantidad de energía producida por la combustión de un volumen de gas natural se mide en Unidades Térmicas Británicas (BTU). Una BTU representa la cantidad de energía que se requiere para elevar a un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua a condiciones atmosféricas normales. El potencial de energía del gas natural es variable y depende de su composición, cuanto mayor sea la cantidad de gases no combustibles que contenga, menor será el valor BTU; además, la masa volumétrica de los diferentes gases combustibles influye sobre el valor BTU, cuanto mayor sea la masa, mayor será la cantidad de átomos de carbono para el gas considerado y por consiguiente, mayor será su valor en BTU.

La combustión del gas natural produce de un 40% a un 45% menos dióxido de carbono que el carbón y de un 20% a un 30% menos que los productos derivados del petróleo. Otra de las características de la combustión de esta fuente de energía es que no emite partículas sólidas ni cenizas y las emisiones de óxidos de nitrógeno son inferiores a las del carbón y productos petrolíferos. Asimismo, las emisiones de dióxido de azufre son prácticamente nulas.

Para un gas o mezcla de gases existen límites muy discretos en que se produce combustión; la amplitud de los límites de inflamabilidad está determinada por muchos factores tales como el índice de reactividad química, la conductividad térmica, la estabilidad del componente combustible, velocidad molecular y calor desarrollado en la reacción. A continuación se muestran los límites de explosividad del gas natural y del gas licuado de petróleo:

- LIE / LSE¹ Gas Natural: 5 a 15 % en volumen de gas de aire
- LIE / LSE GLP : 2 a 10 % en volumen de gas de aire

Por otro lado el poder calorífico de los gases se encuentra en un margen estrecho en los límites explosivos superiores. El gas natural seco, de acuerdo a sus componentes tiene un poder calorífico de 1000 BTU / pie^3 .

¹ LIE: Limite Inferior de Explosividad
LSE: Límite Superior de Explosividad

1.1.2 Reservas de gas natural

Las reservas mundiales de gas natural han ido aumentando en más del doble durante los últimos 20 años; según Oil & Gas Journal, a finales de 2007 las reservas contabilizadas de gas equivalían a algo más del 98% de las reservas de crudo.

En la Tabla 2 se puede observar la evolución de las reservas mundiales probadas de gas natural en los últimos veinte años.

Tabla 2: Evolución de reservas mundiales probadas de gas natural² (Billones de m³)

REGIÓN	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009
América del Norte	8	8,4	7,5	6,5	6,5	7,1	7,6	7,6	8,4
América Central y Sur	4,4	5,4	6,9	7,8	7,7	7,4	7,6	7,7	7,9
Europa Occidental	3,9	5,7	5,5	6,2	7,7	6,1	5,7	5,5	5,4
Europa Oriental y CEI	31,6	38	52,5	58,9	53,1	54,1	54,5	54,5	53,9
África	5,7	5,9	8,5	9,9	11,4	14,1	14,4	14,6	14,7
Oriente Medio	18,5	25,9	37,8	44,7	54,7	72,5	73,4	73,9	75,1
Asia-Oceanía	4,8	7	10,6	13,1	9,8	13,7	14,8	15,1	15,6
Total	76,9	96,3	129,3	147,1	150,9	174,9	177,9	178,9	181,0

Fuente: Informe Anual 2008 - Cedigas

Asimismo a inicios del 2008 Oriente Medio contaba con el 40% de estas reservas, estando distribuidas en Irán, Qatar, Arabia Saudita, Abu Dhabi, Irak, Kuwait, Omán y Yemen. Por otro lado Rusia es quien tiene la mayor cantidad reservas de Gas Natural del mundo con un 26.3% del total de reservas mundiales³.

La Figura 1 muestra que las reservas probadas, aquellas que tienen seguridad razonable de producción, se encuentran principalmente en Europa Oriental y Comunidad de Estados Independientes (CEI), África y Oriente Medio, y son América Central y Sur quienes tienen menor cantidad de reservas probadas en comparación al resto del mundo.

En lo que respecta a Latinoamérica, los principales países que cuentan con importantes reservas de gas natural se observan en la Figura 2.

² Datos referidos a principios de cada año

³ Informe Anual 2008 Cedigas

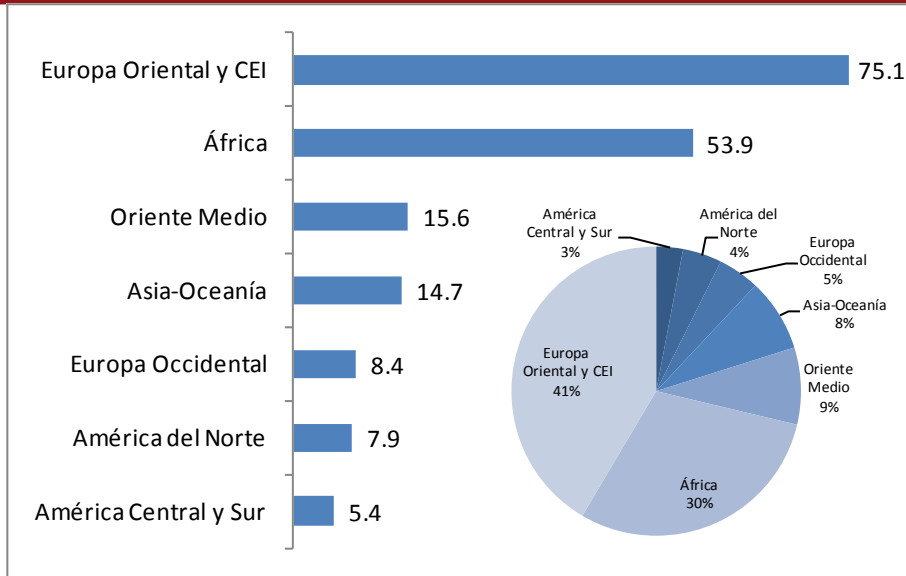


Figura 1: Reservas mundiales probadas de gas natural a inicios de 2009 (Billones de m³)

Fuente: Informe Anual 2008 - Cedigas
Elaboración propia

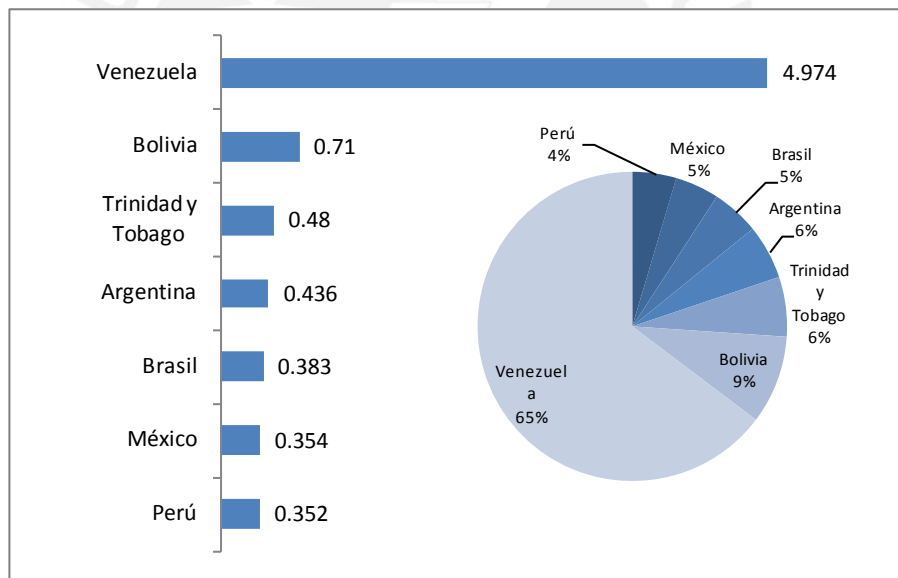


Figura 2: Reservas probadas de gas natural en América Central y Sur - a inicios de 2009 (billones m³)

Fuente: Informe Anual 2008 - Cedigas
Elaboración propia

En el Perú, las reservas constituyen un volumen importante en lo que a reservas probadas se refiere; a finales de febrero del 2009 se confirmó un total de 399 mil millones de m³ y está por confirmarse la existencia de 56 mil millones de m³ más en Camisea⁴, lo que significaría contar en la actualidad con 455 mil millones de m³.

⁴ Según Medio Ambiente On Line

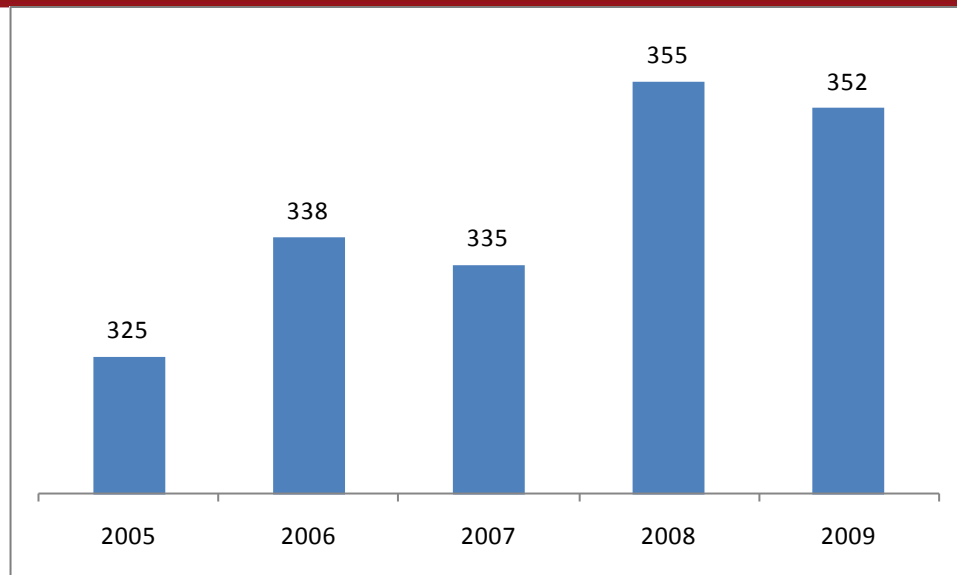


Figura 3: Reservas probadas de gas natural en Perú a inicios de cada año (miles de millones de m³)

Fuente: Informe Anual 2008 - Cedigas⁵
Elaboración propia

Las dos zonas geográficas donde se produce gas natural en el Perú son el noreste y la selva central. Las reservas probadas existentes corresponden a Noreste, Camisea y Aguaytía.

1.1.3 Producción del gas natural

Actualmente el principal productor de gas natural es Europa Oriental y CEI seguido de América del Norte, debido a su creciente utilización en los últimos años.

La Tabla 3 muestra la producción comercializada del gas natural por región.

Tabla 3: Producción comercializada de gas natural (miles de millones de m³)

REGIÓN	1980	1990	1995	2000	2005	2007	2008
América del Norte	624,4	611,7	685,3	720,8	697,6	719,6	749,1
América Central y Sur	65,5	85,0	99,6	134,1	177,4	193,3	199,5
Europa ⁶	199,1	196,7	238,8	280,3	298,5	288,8	300,9
CEI	484,4	855,1	737,7	746,6	775,2	795,5	814,6
África	27,2	70,9	85,1	125,7	172,8	192,8	201,5
Oriente Medio	44,1	99,9	146,9	213,2	317,3	356,8	379,0
Asia-Oceanía	74,1	149,0	210,5	271,2	361,6	389,8	410,6
Total Mundo	1.518,8	2.068,3	2.203,9	2.491,9	2.800,4	2.936,6	3.055,2

Fuente: Informe Anual 2008 - Cedigas

⁵ De "Informe Anual 2008" por Cedigas. Recuperado el 15 de mayo de 2009
<http://www.sedigas.es/pagina.php?p=43>

⁶ Unión Europea más Noruega, Suiza y Turquía

En el Perú la producción fiscalizada de gas natural asciende a 328.22 millones de pies cúbicos por día y proviene principalmente de los yacimientos de Camisea y Aguaytía⁷.

La explotación del gas natural de Camisea comprende la producción de los yacimientos San Martín y Cashiriari y su conducción hacia la planta de procesamiento situada en Las Malvinas, donde los líquidos del gas natural se separan del gas mientras que éste se acondiciona para ser transportado a través del gasoducto a Lima.

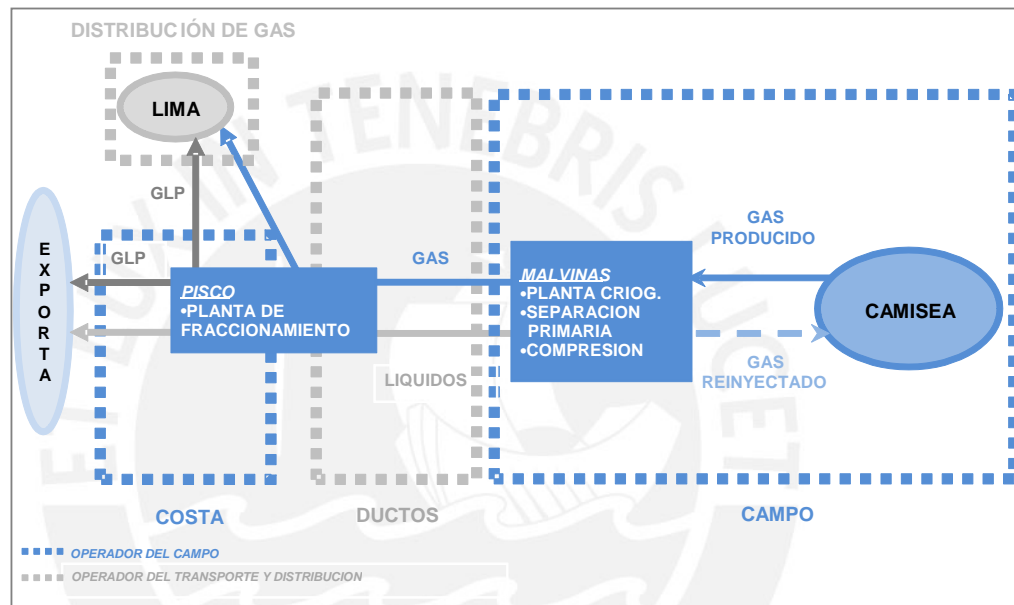


Figura 4: Esquema General de Producción Gas Natural
Fuente: PLUSPETROL

El gas natural no requiere de plantas de refinación para procesarlo a diferencia del petróleo; una de sus principales características es que la extracción tiene un impacto mínimo en la calidad del aire local debido a su menor emisión de gases tóxicos y nocivos; se extrae de los reservorios que se encuentran bajo tierra y una vez extraído se somete a un proceso de separación en el cual se obtiene gas natural seco, el cual se transporta por gasoductos a los centros de consumo, líquidos de gas natural (propano, butano, pentano y más pesados) y otros componentes (agua, azufre e impurezas). Asimismo los líquidos de gas natural pasan por un proceso de fraccionamiento para separar los líquidos en gas licuado de petróleo (GLP) y gasolina natural.

⁷Ministerio de Energía y Minas, información a Diciembre 2009

El transporte del gas natural se realiza principalmente a través de gasoductos y como gas natural licuado (GNL), en los llamados buques metaneros y camiones criogénicos; también se puede transportar en cilindros de alta presión, como gas natural comprimido-GNC para uso automotor.

1.1.4 Consumo del gas natural

El consumo del gas natural representa casi la cuarta parte del consumo energético mundial, el cual ha ido aumentando fuertemente en el transcurso de los últimos 30 años. Actualmente se usa para la generación eléctrica, como combustible en las industrias, comercio, residencias y también en el transporte. Los principales países consumidores de gas natural son Estados Unidos, con 22% del consumo total y Rusia, con el 14.4%. Asimismo entre América del Norte (USA y Canadá) y Europa Oriental y CEI, el consumo totaliza el 47.5% del gas producido⁸.

Tabla 4: Consumo de gas natural en el mundo (Miles de millones de m³)

REGIÓN	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
América del Norte	722,2	725,0	721,0	705,4	716,0	733,6	749,0
América Central y Sur	142,4	148,7	163,2	168,9	180,7	185,0	196,7
Europa	442,2	503,0	524,6	536,2	537,8	546,1	566,0
CEI	679,1	655,6	652,6	653,8	649,3	632,0	646,8
África	69,2	74,6	79,4	81,2	81,6	86,5	90,8
Oriente Medio	217,0	228,0	243,7	262,9	290,7	302,5	325,7
Asia-Oceanía	327,7	355,8	376,0	392,0	419,1	450,9	480,2
Total Mundo	2.599,8	2.690,7	2.760,5	2.800,4	2.875,2	2.936,6	3.055,2

Fuente: Informe Anual 2008 - Cedigas

En el Perú, los consumidores de gas natural, de acuerdo con lo establecido en el marco normativo y regulatorio, están divididos en dos grandes grupos:

- **Consumidores Independientes:** Aquellos que adquieren gas natural directamente del productor, comercializador o concesionario, siempre que sea en un volumen mayor a los treinta mil metros cúbicos estándar por día (30 000 m³/día) y por un plazo contractual no menor a seis meses.
- **Consumidores Regulados:** Aquellos que adquieren gas natural del proveedor por un volumen igual o menor a treinta mil metros cúbicos estándar por día (30 000 m³/día). Los consumidores regulados, están divididos en cuatro categorías según su nivel de consumo mensual, de acuerdo a normativa,

⁸Informe Anual 2007 Cedigas, disponible en <<http://www.sedigas.es/informeannual/2007>>

Tabla 5: Categorías de consumidores regulados

CATEGORÍA CONSUMIDOR	CONSUMO MENSUAL DE GAS NATURAL EN m ³
A	Hasta 300
B	De 301 hasta 17,500
C	De 17,501 hasta 300,000
D	De 300,001 hasta 900,000
GNV	Entre C y D

Fuente: OSINERGMIN⁹

En el Perú el consumo del gas durante el 2007 tuvo un crecimiento del 32% respecto al 2006; el mayor crecimiento lo obtuvo el sector vehicular, que se elevó en 538%, seguido por el residencial, en cual se incrementó en 195%.

Por otro lado, el sector industrial y eléctrico aumentaron en 64% y 9%, respectivamente, sin embargo pese a los elevados porcentajes en los sectores vehicular y residencial, el consumo aún es reducido, más aún si se toma en cuenta que el 95% del gas comercializado corresponde al sector industrial y eléctrico¹⁰.

La Figura 5 muestra el consumo de Gas Natural de Camisea por sectores a junio del 2008.

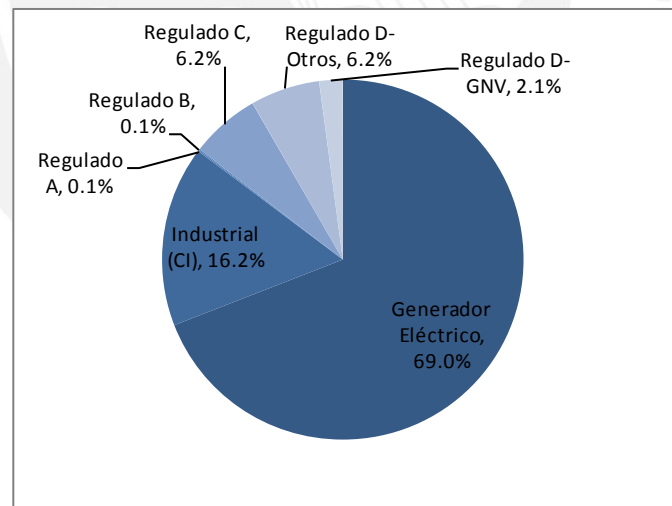


Figura 5: Consumo de gas natural por sectores

Fuente: OSINERGMIN¹¹

^{9,11} De "Evolución del Consumo" por OSINERGMIN. Recuperado el 3 de junio de 2009 http://74.125.47.132/search?q=cache:weTxL9-bJx8J:www2.osinerg.gob.pe/Pagina%2520Osinergmin/Gas%2520Natural/gart_files/contenido_da/ta/05mgn00c.html+consumo+de+gas+natural+por+sectores&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe

¹⁰ El Comercio.com.pe del 28 de Enero del 2008

1.2 Principales combustibles utilizados en el parque automotor

En la actualidad las principales fuentes para generar energía eléctrica son el petróleo, el carbón y el gas natural. Los dos primeros representan un grave problema ambiental ya que son altamente contaminantes para el ambiente, en cambio el gas natural es un combustible más limpio y representa la solución a los problemas energéticos en muchos países del mundo, ya que se puede usar en las casas, oficinas, vehículos, industrias y plantas de generación de energía.

1.2.1 Características de los combustibles utilizados en el parque automotor

En el mercado peruano existen los siguientes tipos de combustibles:

- Gasolina de 84 octanos sin plomo
- Gasolina de 90 octanos sin plomo
- Gasolina de 95 octanos sin plomo
- Gasolina de 97 octanos sin plomo
- Petróleo diesel
- Gas licuado de petróleo
- Gas natural vehicular

La gasolina para autos contiene hidrocarburos de todos los grupos, con temperaturas de ebullición entre los 30 y 205°C, las fracciones componentes de la gasolina se evaporan fácilmente y gracias a ello pueden formar con el aire atmosférico mezclas en diferentes proporciones, denominadas mezclas carburantes; la gasolina es producida mediante mezcla (en proporciones que cumplan la norma técnica) de varias fracciones básicas como, Butano, Nafta ligera, Nafta pesada, Nafta debutanizada, Nafta tratada y Nafta reformada.

Los combustibles diesel para uso en motores son mezclas de fracciones destiladas, esencialmente libres de agua y de material sólido en suspensión. Los combustibles diesel, de acuerdo a las necesidades de uso se clasifican en tres tipos: Diesel N°1, para motores diesel que requieran frecuentes cambios de velocidad y carga, Diesel N°2, para motores diesel de servicio industrial y móvil pesado y Diesel N°4, para motores diesel de media y baja velocidad. El diesel 2 es el combustible que más se consume en el país y es utilizado principalmente en el transporte. Su consumo se incrementó en el período 1994-1999, registrándose los mayores consumos en los

años 1994 y 1995 debido al crecimiento de la generación termoeléctrica a base de este combustible y al aumento de la flota automotriz a diesel como consecuencia de haberse aplicado menores impuestos que a las gasolinas.

El GLP o gas licuado de petróleo, es una mezcla de hidrocarburos producto de un proceso industrial (fraccionamiento del petróleo local e importado) que a temperatura ambiente y presiones relativamente bajas se encuentra en estado líquido; puede ser almacenado y/o manipulado en fase líquida en condiciones de presión moderadas y a temperatura ambiente. Está compuesto principalmente de propano y de butano, con bajas proporciones de propeno, butenos y de pentanos/pentenos. El GLP no contiene agua libre o agua en suspensión, además el contenido de azufre es inferior o igual a los 200mg por kilo.

El gas natural vehicular (GNV) como se le conoce en Perú al gas natural comprimido (GNC) es una aplicación del gas natural y surge como una alternativa viable para dotar al parque automotor de un combustible limpio y seguro, reduciendo en forma sustancial el volumen de contaminantes que se emiten diariamente.

El gas natural proveniente de Camisea, luego de ser comprimido en las estaciones de servicio es almacenado en cilindros de vehículos especialmente diseñados para tal fin, el GNV fluye en el vehículo desde un cilindro de almacenamiento, a través de la tubería y llega al recinto del motor; en el mismo hay un regulador de presión que reduce la presión a un valor cercano a la presión atmosférica. Luego se mezcla con aire en un mezclador de gas/aire y fluye a través del carburador al motor. Asimismo se dispone de un instrumento electrónico de variación de avance de encendido y mecanismos auxiliares en algunos modelos para prever el funcionamiento adecuado tanto en gasolina como en GNV.

Según los estudios realizados y las pruebas hechas, un vehículo que utiliza gas natural genera ahorro en mantenimiento e incrementa la vida útil de algunos componentes como bujías, sistemas de escape, carburadores, y aceites lubricantes¹¹. También es cierto que al convertir el vehículo a GNV se pierde un poco de potencia, sin embargo esta pérdida es ligera y se manifiesta al momento del arranque o en pendientes pronunciadas.

¹¹ CENERGIA (1999). Campaña de Muestreo de Gases de Escape en Vehículos a Gasolina en Lima y Callao, Lima.

Las principales ventajas del uso del GNV son:

- Menor contaminación ambiental, debido a la ausencia total del plomo, benceno y mínima cantidad de azufre.
- Mayor duración del motor.
- Mayor duración de aceite.
- Seguridad, pues es menos susceptible a accidentes.
- Se puede utilizar en vehículos que operan con gasolina, como consecuencia del montaje de un equipo especial.

A diciembre del 2009 existían 81,029 unidades convertidas al sistema dual para el uso del gas natural vehicular y 94 estaciones de servicio de GNV¹² en Lima y Callao. Asimismo el proyecto “Metropolitano”, que es el sistema de transporte público que contará con buses de alta capacidad de movilización de pasajeros, funcionará con gas natural y operará en corredores exclusivos a lo largo de una vía troncal.

A continuación la Tabla 6 muestra los precios al consumidor de los combustibles utilizados en el parque automotor de Lima y Callao, vigentes a diciembre del 2009, donde se visualizan las principales diferencias en los precios.

Tabla 6: Precios al público de los combustibles

PRODUCTO	S/. POR GALÓN
GLP ¹³	3.25
Gasolina 97 Oct.	13.62
Gasolina 95 Oct.	13.06
Gasolina 90 Oct.	9.92
Gasolina 84 Oct.	8.84
Diesel N° 2	9.38
GNV ¹⁴	1.39

Fuente: Ministerio de Energía y Minas
Elaboración propia

1.2.2 Emisiones contaminantes del parque automotor

Los motores de combustión interna (MCI) generan emisiones tóxicas, contenidas en los vapores del combustible, en los gases del cárter y en el tubo de escape. Cerca

¹² Según Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular (GNV)

¹³ En Soles por Kg.

¹⁴ En Soles por metro cúbico (S/. /m³)

del 1% de los gases de escape contienen aproximadamente 300 sustancias, de las cuales la mayoría son tóxicas¹⁵.

Las principales emisiones contaminantes del parque automotor son:

- **Los vapores del combustible**, que son conducidos a la atmósfera desde el tanque de combustible, inyectores, elementos de alimentación de combustible y otros componentes estructurales. Estos vapores se componen de hidrocarburos de combustible de composición mixta (C_xH_y), en general la emisión del C_xH_y con la evaporación constituye entre el 15% al 20% de los vapores del combustible, pues en ellos se emplea la gasolina que es altamente volátil. En comparación con la gasolina, el combustible diesel es más viscoso y menos volátil; por consiguiente las instalaciones de diesel producen menos vapores debido a la poca volatilidad del combustible y a la hermeticidad del sistema de combustible; se puede considerar también como fuente contaminante la evaporación de los aceites lubricante, de las sustancias líquidas de enfriamientos y otras sustancias líquidas.
- **Los gases del cárter**, en los cuales la concentración de sustancias tóxicas es proporcional a su concentración en el cilindro. Los componentes tóxicos principales en estos gases, producidos por un motor diesel son: NO_x (45-80%) y aldehídos (hasta el 30%) y para motores de carburador, hidrocarburos y vapores de gasolina. La toxicidad máxima de los gases del cárter es 10 veces inferior a la de los gases de escape, en el motor diesel no sobrepasa 0.2% - 0.3% de la emisión total de sustancias tóxicas. A pesar de ello los gases del cárter ocasionan irritación a las mucosas del aparato respiratorio causando malestar.
- **Los gases de escape**, que son la principal fuente de las emisiones tóxicas; vienen a ser una mezcla de productos gaseosos resultantes de la combustión y de otros elementos en cantidades microscópicas, tanto líquidas como sólidas, que vienen del cilindro del motor al sistema de escape. Los componentes tóxicos principales son el monóxido de carbono (CO) y los óxidos nitrosos (NO_x). Además, en los gases de escape se encuentran presentes hidrocarburos saturados y no saturados, aldehídos ($RxCHO$), sustancias cancerígenas, hollín y otros componentes. Una combustión incompleta del combustible da origen al monóxido de carbono y a los hidrocarburos que aparecen en los gases de escape a causa de la insuficiencia del oxígeno en la cámara de combustión; la composición de las

¹⁵ CENERGIA (1998). Campaña de Medición de Humos en el Transporte Urbano de Pasajeros de Lima, Callao y Huarochirí, Lima

emisiones de un vehículo diesel que provienen principalmente de los gases de escape depende en gran medida del tipo de combustible, peso del vehículo, diseño del motor, condiciones de tránsito y hábitos de conducción además del tipo de combustible.

De manera general, cuando se quema 1Kg. de gasolina, con velocidad e intensidad de trabajo medio, se emiten aproximadamente entre 300g y 310g de componentes tóxicos y cuando se quema 1Kg. de combustible Diesel se desprenden entre 80g y 100g de componentes tóxicos.

Las emisiones arrojadas por motores de combustión interna corresponden a:

- **Monóxido de Carbono (CO):** Originados por la combustión incompleta del carbón contenido en el combustible.
- **Hidrocarburos (HC):** generados por la combustión incompleta y las emisiones dependen de la mezcla aire-combustible, la temperatura y otras variables de diseño.
- **Óxidos de Nitrógeno (NOx):** Se forman en condiciones de alta temperatura y presión con exceso de aire.
- **Material Particulado (MP):** Corresponden a las llamadas partículas cuyo tamaño aproximado es de 1,3 micrones de diámetro promedio y está compuesto de hollín, hidrocarburos condensados y compuestos de azufre; las partículas PM-10 y PM-2,5 denominadas así por su tamaño en micras, son contaminantes del aire constituido por diminutas partículas producidas por la quema de combustibles fósiles.

Asimismo para el caso de las emisiones que produce un vehículo automotor, éstas dependen de una serie de factores, como el tipo y la calidad del combustible que consume, el estado de conservación del motor, su antigüedad, su tecnología, si cuenta o no con un sistema de control de emisiones, la morfología de la ciudad donde transita, los hábitos de conducir del chofer, el tiempo que permanece operativo, el tráfico en las vías y, finalmente, su recorrido.

En el caso del caso del diesel que se vende en el Perú, éste es de pésima calidad y altamente contaminante pues contiene ingentes cantidades de azufre (entre 4000 y 6000 ppm); se trata de niveles alarmantes si los comparamos con el contenido de azufre permitido en el diesel a nivel mundial, en donde un diesel con 365 ppm de azufre ya es considerado como un combustible de baja calidad; así, países

Europeos se acercan cada vez más al diesel libre de azufre, mientras que, en América Latina, países como Chile, Bolivia y México ya alcanzaron niveles menores a 350 ppm.

La Tabla 7 muestra los perfiles de emisión por kilómetro de operación de vehículos según tipo de combustible.

Tabla 7: Perfil de emisiones por tipo de combustible – Kg./Km de operación

EMISIÓN	UN	CARRO GAS NATURAL	CARRO GASOLINA 84	CARRO GASOLINA 90	CARRO GASOLINA 97	CARRO DIESEL EURO3
Amoníaco	kg	0.0000345	2.614E-05	2.614E-05	2.614E-05	9.998E-07
Benceno	kg	7.617E-07	7.283E-06	7.283E-06	7.283E-06	1.81E-06
Cadmio	kg	7.29E-10	1.332E-09	1.332E-09	1.332E-09	1.284E-09
Dióxido de Carbono, fósil	kg	0.1484547	0.1921858	0.19003	0.19003	0.17515
Monóxido de Carbono, fósil	kg	0.0004465	0.000984	0.000984	0.000984	0.0006104
Cromo	kg	6.56E-09	9.572E-09	9.572E-09	9.572E-09	9.329E-09
Cromo VI	kg		6.034E-12	6.034E-12	6.034E-12	5.547E-12
Cobre	kg	1.09E-08	1.135E-07	1.135E-07	1.135E-07	1.052E-07
Monóxido de Dinitrógeno	kg	8.663E-07	2.659E-06	2.659E-06	2.659E-06	5.611E-06
Calor, residuos	MJ	3.2653	2.7213	2.7213	2.7213	2.5182
Plomo	kg	3.65E-09	3.645E-09	3.645E-09	3.645E-09	3.651E-09
Mercurio	kg		4.224E-12	4.224E-12	4.224E-12	1.109E-12
Metano, fósil	kg	4.509E-05	5.42E-06	5.42E-06	5.42E-06	3.28E-06
Níquel	kg	5.83E-09	1.006E-08	1.006E-08	1.006E-08	9.715E-09
Óxidos de Nitrógeno	kg	2.064E-05	0.0000513	0.0000513	0.0000513	0.000518
COV/NM, compuestos orgánicos volátiles de origen no especificado, distintos al metano	kg	1.053E-05	0.00024	0.0001802	0.0001203	0.00013
HAP, hidrocarburos aromáticos poli cíclicos	kg	1.069E-09	4E-10	4E-10	4E-10	7E-10
Partículas, < 2.5 um	kg	7.367E-06	8.48E-06	8.48E-06	8.48E-06	0.0000371
Partículas, > 10 um	kg	0.000078	7.808E-05	7.808E-05	7.808E-05	0.0000793
Partículas, > 2.5 um, y < 10um	kg	0.0000134	1.355E-05	1.355E-05	1.355E-05	1.594E-05
Selenio	kg	6.034E-10	6.034E-10	6.034E-10	6.034E-10	5.547E-10
Dióxido de Azufre	kg	9.412E-07	6.034E-06	6.034E-06	6.034E-06	5.547E-06
Tolueno	kg	5.25E-06	1.046E-05	1.046E-05	1.046E-05	4.38E-07
Xileno	kg	5.39E-06	1.046E-05	1.046E-05	1.046E-05	1.09E-06
Zinc	kg	5.85E-07	6.457E-07	6.457E-07	6.457E-07	6.409E-07

Fuente: ECOINVENT 2008

Elaboración propia

La Tabla 8 muestra las emisiones estimadas de partículas totales en suspensión (PTS), SO₂, NO_x, CO, Plomo y compuestos orgánicos volátiles (COV) provenientes del parque automotor de Lima-Callao.

Tabla 8: Estimación de las emisiones del parque automotor de Lima-Callao

CATEGORÍAS	PORCENTAJE DE EMISIONES					
	PTS	SO ₂	NO _x	CO	Plomo	COV
Automóviles y station wagon	5	4	6	13	31	21
Taxis y moto- taxis	16	12	21	68	51	46
Pick up, rural y panel	21	19	11	13	16	16
Camiones, buses y remolcadores	58	65	62	6	2	17
Emisiones (toneladas/año)	6,205	11,261	70,501	329,814	203	72,512

Fuente: Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del área Metropolitana de Lima y Callao – XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental¹⁶

1.2.3 Aspectos e impacto ambiental del parque automotor

La contaminación ambiental de Lima, producida por el parque automotor, se ha convertido en un problema grave debido al aumento y envejecimiento de sus vehículos, el desorden e irracionalidad de su sistema de transporte público y la promoción fiscal del consumo de combustibles escasos, de pésima calidad y muy contaminantes; todos estos factores, están contribuyendo a degradar la calidad del aire, causando serias consecuencias en la vida, la salud y la propiedad de sus habitantes, consecuencias que aún no han sido analizadas con rigurosidad.

La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), órgano de línea del Ministerio de Salud, tiene a su cargo la vigilancia de la calidad del aire en el ámbito nacional; desde 1996 la estación CONACO viene proporcionando resultados continuos de la calidad del aire en su zona de influencia.

Los resultados de estas mediciones realizadas se muestran en la Tabla 9 donde se observa que los niveles medidos superan los establecidos por las Organización Mundial de la Salud (OMS) y los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos.

¹⁶ De “Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del área Metropolitana de Lima y Callao” por Marcelo E. Korc, Aida Figari Bello, Adriana Bravo y José Pareja. Recuperado el 2 de mayo de 2009

<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/impactos/vi-105.pdf>

Tabla 9: Promedio anual de concentración de contaminantes atmosféricos –
Estación CONACO (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

CONTAMINANTE	2004	2005	2006	2007	2008	OMS	ECA
Dióxido de Azufre	87.56	53.82	56.71	75.18	39.14	50	80
Dióxido de Nitrógeno	81.45	81.54	50.72	72.7	73.01	40	100
Partículas totales en suspensión	221.13	246.9	206.46	247.74	-	120	75

Fuente: Página Web DIGESA
Elaboración propia

De acuerdo a los monitoreos realizados por DIGESA, en Lima se presentan los niveles más altos respecto a otras zonas monitoreadas y se considera al Dióxido de Azufre (SO_2) como la principal fuente de contaminación del parque automotor, con un aporte del 70% ó 80% de las emisiones totales al aire y al Dióxido de Nitrógeno (NO_2), a pesar de encontrarse por debajo del ECA.

En el año 2001, el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) realizó el inventario de emisiones totales, estimando que el aporte de los sectores transporte e industria era del 86% y 14%, respectivamente, lo que permite identificar al sector transporte como la principal fuente de emisiones atmosféricas en la zona metropolitana de Lima y Callao¹⁷.

La contaminación ambiental producida por el parque automotor en Lima y Callao es un fenómeno que se presenta sobre todo por la acumulación de gases tóxicos producidos por los automóviles que contaminan el aire, el cual a su vez al ser absorbido por la respiración de las personas produce enfermedades respiratorias, en la piel y daño al sistema ecológico natural, lo que hace necesario establecer niveles aceptables de emisiones de los vehículos y revisar el porcentaje de azufre (por el impacto cancerígeno) que contiene el combustible diesel, entre otros agentes contaminantes.

La Tabla 10 muestra los principales aspectos ambientales del parque automotor de Lima y Callao, donde se observa que el principal impacto es el consumo de recursos no renovables, efecto invernadero, contaminación de suelos y generación de residuos sólidos.

¹⁷ CONAM. Inventario de Emisiones Totales 2001.

Tabla 10: Aspectos ambientales del parque automotor

ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES
Consumo de combustible	Consumo de recurso no renovable
Emisiones de CO ₂	Cambio climático – Efecto Invernadero Contaminación del suelo (lluvia ácida)
Emisiones de NO _x	Contaminación del suelo (lluvia ácida)
Emisiones de SO ₂	Contaminación del suelo (lluvia ácida)
Emisión de partículas en suspensión	Contaminación del aire y del suelo
Ruidos del motor	Contaminación sonora
Llantas usadas	Generación de residuos sólidos
Partes usadas	Generación de residuos sólidos
Consumo de lubricantes	Generación de residuos

Fuente: Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del área Metropolitana de Lima y Callao – XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental¹⁸

A continuación se mencionan otros problemas que representa la situación actual del parque automotor de Lima y Callao son:

- Generación de ruidos por la circulación de vehículos muy antiguos que utilizan combustibles muy sucios o por la falta de mantenimiento de sus motores.
- Incremento de los índice de accidentalidad.
- Pérdidas de horas/hombre por congestión vehicular.
- Baja productividad, originada por la antigüedad del parque automotor y su falta de mantenimiento.
- Menor rendimiento de vehículos y mayor consumo de combustible.
- Sobreoferta, precios predatorios, informalidad y falta de competitividad del transportista.
- Elevada dependencia del petróleo crudo internacional, altos costos de combustibles y mayor contaminación ambiental (elevado consumo de Diesel 2).
- Problemas de Infraestructura, las carencias de infraestructura determinan la saturación de las vías principales.
- Deficiencias en la red vial, falta de continuidad de la red.
- Ineficacia, aunque el sistema de transporte público de Lima y Callao presenta una amplia área de cobertura y un nivel aceptable de frecuencias de servicio, se observa una falta de integración tarifaria y operativa del sistema, debido a la ausencia de planificación e incentivos para la integración entre empresas de transporte.
- Reducción de la recaudación tributaria a causa de importación de vehículos usados por CETICOS y ZOFRATACNA.

¹⁸ De “Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del área Metropolitana de Lima y Callao” por Marcelo E. Korc, Aida Figari Bello, Adriana Bravo y José Pareja. Recuperado el 2 de mayo de 2009

<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/impactos/vi-105.pdf>

- Deterioro de la imagen turística del Perú.

1.3 Gas natural en otros países

Según estadísticas al 2008, cerca de 7 millones de vehículos operaban en el mundo con GNV y eran atendidos en más de 10,000 estaciones de servicio. En América se concentra el 52% de los vehículos a GNV que hay en el mundo, encontrándose Argentina en primer lugar con 1.65 millones de vehículos, Brasil con 1,425 millones y en tercer lugar Colombia con 235 mil vehículos.

Asimismo en Europa y Asia se concentran el 36% y 12% respectivamente, de los vehículos a gas natural que hay en el mundo.

La Tabla 11 muestra la cantidad de vehículos y estaciones de servicio a GNV en América, a marzo de 2008.

Tabla 11: Gas natural vehicular en América Latina

PAÍS	VEHÍCULOS	%	ESTACIONES DE SERVICIO	%
Argentina	1,650,000	45.6%	1,632	30.9%
Brasil	1,425,000	39.4%	1,442	27.3%
Colombia	235,000	6.5%	370	7.0%
USA	147,000	4.1%	1,340	25.4%
Bolivia	65,000	1.8%	87	1.6%
Venezuela	44,000	1.2%	149	2.8%
Perú	25,000	0.7%	23	0.4%
Canadá	20,000	0.6%	222	4.2%
Chile	6,000	0.2%	13	0.2%
México	4,000	0.1%	7	0.1%
Total	3,621,000	100%	5,285	100.0%

Fuente: Congreso Naturgas Cartagena, marzo 2008
Elaboración propia

La Tabla 12 muestra a los principales países de Europa y Asia que usan gas natural vehicular, siendo Pakistán el único país con más de un millón de vehículos con GNV.

Tabla 12: Gas natural vehicular en Europa y Asia

PAÍS	VEHÍCULOS	%	ESTACIONES DE SERVICIO	%
Pakistán	1,550,000	42.8%	1,606	30.4%
Italia	433,000	12.0%	558	10.6%
India	335,000	9.3%	321	6.1%
Irán	293,000	8.1%	200	3.8%
China	127,000	3.5%	355	6.7%
Total	2,738,000	76%	3,040	57.5%

Fuente: Congreso Naturgas Cartagena, marzo 2008
Elaboración propia

1.3.1 GNV en Argentina

Argentina es líder mundial en el uso del GNV (o GNC gas natural comprimido) con más de 1.650 millones vehículos que utilizan el gas natural como carburante y 1,632 estaciones de servicio distribuidas por todo el país, según estadísticas al 2008; en los últimos 13 años el mercado argentino ha experimentado un notable crecimiento, triplicando la red de estaciones, extendiendo la oferta a casi toda su geografía y aumentando el consumo de forma proporcional¹⁹. En Argentina el uso del GNV, empezó en 1985, para lo cual se elaboró un plan de sustitución de combustibles que consistió de dos etapas, la primera etapa para vehículos de transporte urbano y conversiones de vehículos a gasolina y la segunda etapa, para transporte de corta y media distancia.

Asimismo los factores clave de éxito de la experiencia Argentina fueron:

- Disponibilidad de abastecimiento a costos razonables.
- Disponibilidad de infraestructura de redes suficientemente desarrollada.
- Disponibilidad de tecnología probada y accesible.
- Solución comercial integral que permita ahorros en plazos razonables.
- Altos estándares de calidad, de control y servicios de asistencia y postventa adecuados.
- Participación activa y equilibrada de los diferentes actores del mercado.
- Establecimiento por parte de los Gobiernos de políticas de fomento e incentivos, así como de un marco regulatorio e impositivo previsible a largo plazo.

¹⁹ Cámara Argentina del Gas Natural Comprimido

Sin embargo la industria del GNV no ha crecido sólo en estaciones de servicio, también lo ha hecho y de forma significativa en la fabricación del equipamiento para compresores y surtidores, tanto que hoy se exporta a mercados tan distantes como los orientales (India y Pakistán), a Europa (España) y por supuesto a mercados en expansión como el de Brasil, Colombia y México; también se ha impulsado el desarrollo de nuevas tecnologías, que cubren ampliamente las necesidades para la conversión de los motores de última generación, hoy disponibles en cualquiera de los más de 1.600 talleres de conversión existentes en dicho país.

1.3.2 GNV en Brasil

Brasil es un mercado en expansión en lo que se refiere a GNV y actualmente es el segundo país con más vehículos a GNV. Desde 1998, cuando el gobierno brasileño liberó el uso del gas natural comprimido, no ha dejado de crecer el número de vehículos adaptados para circular con este combustible.

En el 2008, el número de vehículos convertidos superaba ya los 1.425 millones de vehículos y 1,442 estaciones de servicio; asimismo el 90% de taxis en Río de Janeiro utilizan gas natural como combustible en la actualidad.

1.3.3 GNV en Colombia

Colombia al igual que Brasil, también está en crecimiento respecto al uso del gas natural en el sector transporte. A marzo del 2008, el total de vehículos adaptados para utilizar GNV alcanzaba ya los 230,000 vehículos y 370 estaciones de servicio.

Todas las empresas que participan en la cadena de producción y distribución del GNV en Colombia, han cedido una parte de su margen comercial para poder ofrecer el gas natural en el sector vehicular a un precio competitivo, que actualmente es un 58% más barato que la gasolina corriente y un 68% más económico que la gasolina premium. En este contexto, la estrategia de gas natural consiste en impulsar la utilización del GNV mediante la construcción de estaciones de servicio y luego incentivar el negocio hacia terceros; a marzo del 2008 existían 350 talleres de conversión que han logrado convertir hasta 9,000 vehículos mensuales.

Por todo ello, tras casi nueve años de desarrollo y la consolidación de este producto se puede garantizar un crecimiento progresivo y el posicionamiento de este

combustible, mediante la estimulación de la presencia de vehículos preparados para recibir gas natural y que permitan superar las expectativas a corto plazo mediante acuerdos para alcanzar estabilidad y competitividad en los precios que beneficien tanto a inversionistas como a clientes.

1.4 Legislación

El marco legal del gas natural se encuentra determinado por las siguientes leyes:

- Ley Orgánica de Hidrocarburos Ley N° 26221 (20/08/93).
- Ley de promoción del desarrollo de la industria del gas natural Ley N° 27133 (04/06/99).
- Ley de descentralización de acceso al consumo de gas natural Ley N°28849 (19/07/06).
- Reglamento de distribución de gas natural por red de ductos D.S. N° 042-99-EM.

Asimismo existen otras Leyes, Normas Técnicas y Decretos Supremos relacionados al Gas Natural Vehicular y Gas Natural Comprimido:

- Decreto Supremo que crea el Reglamento para la instalación y operación de estaciones de servicio de GNV D.S N° 006-2005-EM.
- Decreto Supremo que crea el Reglamento Técnico para el equipo de conversión de gas natural vehicular D.S. N° 006-2005-PRODUCE.
- Resolución Directoral que crea el Régimen de autorización y funcionamiento de las entidades certificadoras de conversiones y talleres de conversión de GNV. N° 3990-2005-MTC/15.
- Decreto Supremo que incorpora los equipos de conversión de GNV en la lista del plan piloto de compras corporativas obligatorias D.S. N° 008-2006-PCM.
- Decreto Supremo que declara de de interés nacional el uso del gas natural vehicular D.S N° 009-2006-EM.
- Decreto Supremo que crea la “Comisión Nacional para promover el uso de gas natural” D.S. 022-2004-PRODUCE.
- Decreto Supremo que dicta normas para promover el uso de gas natural D.S. N° 063-2005-EM.
- Decreto Supremo que crea el Régimen temporal de renovación del parque automotor que fomenta el cambio de la matriz energética D.S. N° 213-2007.

- Reglamento que crea el registro de vendedores de vehículos nuevos para la renovación del parque automotor y establece el procedimiento para hacer efectivo el incentivo económico al que se refiere el D.S. N° 213-2007, D.S. N° 023-2008.
- Decreto Supremo que crea el Reglamento nacional de vehículos D.S. N° 058-2003-MTC.
- Decreto Supremo que declara al GNC como un producto diferente al gas natural comercializado por tubos y gas natural vehicular. D.S. N° 063-2005-EM.
- Decreto Supremo que reglamenta y establece los parámetros de comercialización del GNC. D.S. 057-2008-EM.
- Resolución del Consejo Directivo 755-2007-OS-CD, que establece los procedimientos para obtener los ITF de instalación y de uso y funcionamiento para estaciones de compresión, estaciones de descompresión y trasvase.
- Norma Técnica Peruana NTP 111.012.2004, Terminología del gas natural para uso vehicular (GNV).
- Norma Técnica Peruana NTP 111.013.2004, Cilindros de alta presión para almacenamiento de gas natural utilizado como combustible para vehículos automotores.
- Norma Técnica Peruana NTP 111.014.2004, Componentes del equipo de conversión para vehículos que funcionan con gas natural vehicular (GNV).
- Norma Técnica Peruana NTP 111.015.2004, Montaje de equipos completos en vehículos con GNV.
- Norma Técnica Peruana NTP 111.016.2004, 016 Dispositivos de sujeción para cilindros en vehículos con gas natural vehicular (GNV).
- Norma Técnica Peruana NTP 111.017.2004, Revisión periódica de cilindros tipo I para gas natural vehicular (GNV).
- Norma Técnica Peruana NTP 111.018.2004, Taller de montaje y reparación de equipos completos para GNV.
- Norma Técnica Peruana NTP 111.019.2007, Estación de servicio para venta al público de GNV.
- Norma Técnica Peruana NTP 111.020.2004, Requisitos de instalación, operación y mantenimiento de compresores para estaciones de gas natural vehicular (GNV).
- Norma Técnica Peruana NTP 111.024.2006, Especificación Técnica para equipos paquetizados y encasetados para compresión y almacenamiento de GNV que no requieren muro perimetral.

- Norma Técnica Peruana NTP 111.025.2006, Especificación técnica para la certificación, Instalación y controles de equipos integrados para compresión y despacho de GNV.
- Norma Técnica Peruana NTP 111.026.2007, Inspección y pruebas en la pre conversión y post conversión de vehículos convertidos a GNC.
- Norma Técnica Peruana NTP 111.028.2007, Vehículos para el transporte público de pasajeros y de mercancías.
- Norma Técnica Peruana NTP 111.031.2008, Estación de compresión, módulos contenedores o de almacenamiento y estación de compresión para el gas natural comprimido (GNC).
- Norma Técnica Peruana NTP 111.032.2008, Estaciones de servicio de gas natural licuado (GNL), estaciones de servicio GNL-GNV, suministro GNL-GN a industrias comercios y residencias.



CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LIMA Y CALLAO

En la actualidad el parque automotor de Lima y Callao presenta varias deficiencias originadas principalmente por el exceso de automóviles privados y de transporte público que superan la capacidad de la red vial, ocasionando gran congestión de tránsito en las principales vías e incremento de la contaminación ambiental pues la antigüedad promedio de estos vehículos supera los 14 años.

La situación actual del parque automotor es el resultado de las medidas implementadas en la década pasada (liberalización más desregulación del transporte), lo cual generó que en los últimos 10 años el parque automotor experimente un crecimiento inusual en volumen con relación a la demanda y en antigüedad, desde que se inició la importación de vehículos usados en 1991.

Durante la década de los noventa se dieron los siguientes Decretos, que han tenido una repercusión en el parque automotor. A consecuencia de estas medidas, hoy se puede apreciar que el parque automotor a nivel nacional ha sufrido un incremento desproporcionado.

- Decreto Legislativo 640: Libertad de rutas y permisos de operación en el transporte interprovincial de pasajeros.
- Decreto Legislativo 651: Libre acceso a las rutas del servicio de transporte urbano e interurbano de pasajeros.
- Decretos Legislativos 842 y 843: Restablecimiento de la importación de vehículos usados, creando los CETICOS Y ZOFRATACNA.
- Decreto Supremo N° 015-94-MTC: Reducción de exigencias para licencia de conducir.

La Figura 6 muestra que el parque automotor de Lima y Callao representa el 63% del total del parque automotor a nivel nacional y su crecimiento en el 2008 fue del 8.3% respecto al 2007.

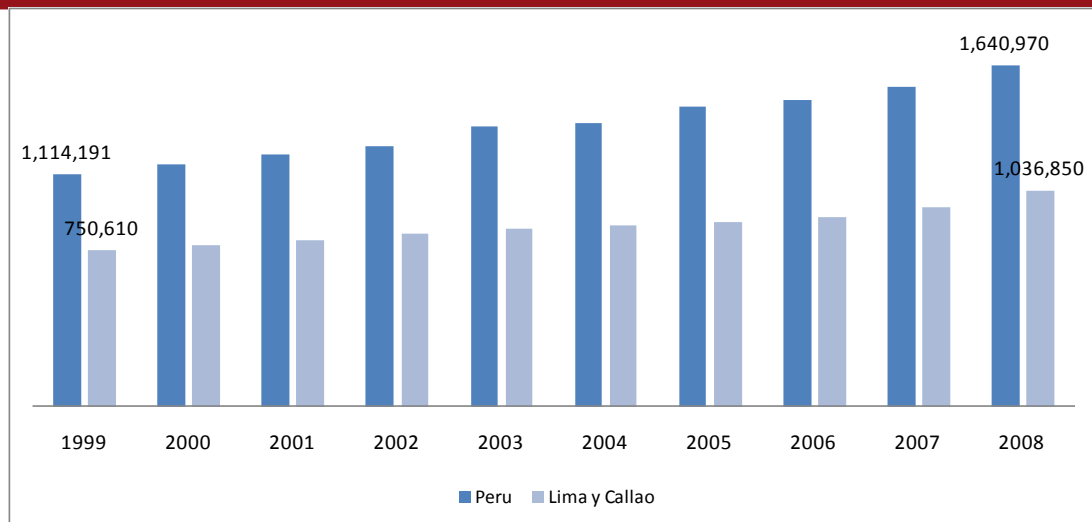


Figura 6: Parque automotor nacional y de Lima y Callao estimado
Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones
Elaboración propia

La Tabla 13 muestra la distribución estimada por clase de vehículo del parque automotor de Lima y Callao al 2008.

Tabla 13: Unidades por clase de vehículo en Lima y Callao

CLASE DE VEHÍCULO	2008	%
Automóvil	464,610	45%
Station Wagon	165,192	16%
Camioneta Pick Up	118,750	11%
Camioneta Rural	116,468	11%
Camioneta Panel	20,534	2%
Ómnibus	31,518	3%
Camión	81,695	8%
Remolcador	15,727	2%
Rem. y Semi Remolcador	22,356	2%
Total	1,036,850	100%

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones
Elaboración propia

En lo que respecta a la importación de vehículos usados, actualmente el Decreto Legislativo 843, ha sido modificado en cuanto a los requisitos mínimos de calidad para la importación de vehículos usados, estableciendo que deberán tener una antigüedad no mayor a 5 años, con excepción de los vehículos usados menores (con motor de encendido por compresión diesel), cuya importación quedó prohibida a partir del 1 de Enero del 2009. Asimismo el 18 de diciembre del 2008 se promulgó la Ley N° 29303, que establece el 31 de diciembre del 2010, como fecha final para la importación de vehículos usados.

En el 2004 mediante ordenanza municipal (N° 694), se estableció la obligatoriedad de revisiones técnicas y periódicas para todos los vehículos registrados en la Oficina Registral de Lima y Callao. Actualmente sólo existe una empresa que realiza estas revisiones, la cual tiene 3 plantas, LIDERCON Norte, Sur y la planta SETAME. Durante el 2008 se entregaron más 4,672 certificados a vehículos de transporte de pasajeros, entre taxis y transporte público²⁰.

El parque automotor de Lima y Callao está conformado por:

- **Vehículos particulares:** conformado por automóviles para transporte particular, incluye taxis.
- **Vehículos de pasajeros:** conformado por vehículos de transporte público, escolar, turístico y de personal.
- **Vehículos de carga:** conformado por transporte pesado y/o carga y transporte en vehículos menores.

La Tabla 14 muestra el parque automotor estimado de Lima y Callao por tipo de uso en el 2005 y 2008.

Tabla 14: Parque automotor estimado de Lima y Callao por tipo de uso

TIPO DE USO	2005	2008
Vehículos particulares	659,212	776,069
Vehículos de Pasajeros	113,743	126,462
Vehículos de carga	107,743	134,319
Total	880,699	1,036,850

Fuente: Dirección General de Circulación Terrestre
Elaboración propia

Actualmente se estima que en Lima se registran 11.6 millones de viajes diarios y casi 856 mil viajes en hora punta.

2.1 Vehículos Particulares

Se estima que el 75% de vehículos del parque automotor de Lima y Callao corresponde a vehículos particulares²¹, conformado por vehículos privados y los que se utilizan para el servicio de taxi.

Asimismo de las 776,069 unidades de vehículos particulares al 2008, aproximadamente el 17% corresponde a taxis (registrados) y el 83% a vehículos

²⁰ Municipalidad de Lima

²¹ Dirección General de Circulación Terrestre del MTC

privados; sin embargo de acuerdo a la información brindada por la Municipalidad de Lima, existirían unos 200mil vehículos que brindan el servicio de taxi y que operan en la informalidad.

En lo que corresponde al servicio de taxis que se presta en Lima y Callao, éste se clasifica en tres grupos:

- **Taxis Independientes**, es el servicio de taxi que se presta en vehículos de propiedad de personas naturales, conducidos por un propietario o conductor o conductores libres.
- **Taxis Estación**, es el servicio de taxi que se presta en vehículos de propiedad de personas jurídicas como asociaciones, cooperativas o empresas con una flota mínima de diez (10) taxis, a través de sus propios trabajadores, socios o asociados.
- **Taxis Remisse y Estación- Remisse**, es el servicio de taxi que se presta en vehículos de propiedad de personas jurídicas como asociaciones, cooperativas o empresas con una flota mínima de diez (10) taxis, a través de sus propios trabajadores, socios o asociados, generalmente usado para el servicio turístico.

La Tabla 15 muestra la cantidad de taxis registrados en los últimos años y taxis autorizados por año en Lima Metropolitana, hasta el 08 de Mayo de 2009; como se observa, existen 128,267 unidades registradas en la Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad de Lima (GTU), de las cuales el sólo 73% se encuentra debidamente autorizado.

Tabla 15: Taxis registrados y autorizados por año en Lima Metropolitana - al 08/05/09

DESCRIPCIÓN	Acumulado al 2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Vehículos registrados	56,302	22,034	9,945	12,485	19,716	7,785	128,267
Vehículos autorizados	8,024	13,568	8,074	8,679	32,180	22,506	93,031

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

La Figura 7 muestra la distribución por modalidad de servicio del total de las 128 mil unidades de taxi registradas.

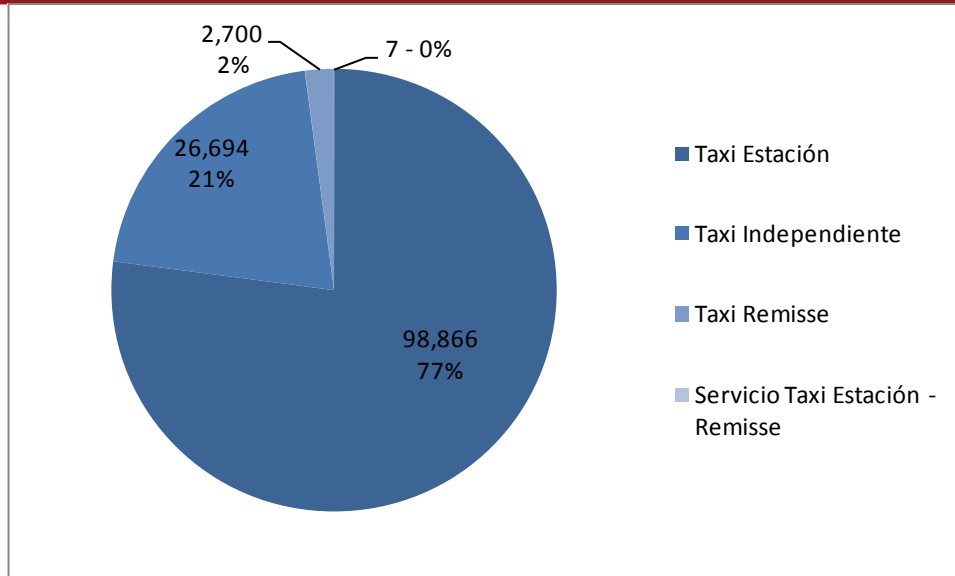


Figura 7: Taxis registrados en Lima Metropolitana por modalidad de servicio - al 08/05/09

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

La Tabla 16 muestra la antigüedad por rango de años de los taxis registrados al 08 de Mayo del 2009 donde se aprecia que el 73% de taxis se encuentran en un rango de 6 a 15 años de antigüedad.

Tabla 16: Antigüedad de taxis registrados - al 08/05/09

ANTIGÜEDAD (AÑOS)	TAXI INDEPENDIENTE	TAXI ESTACIÓN	TAXI REMISSE	TAXI ESTACIÓN - REMISSE	TOTAL	%
De 0 a 5	778	14,884	853	1	16,516	13%
De 6 a 10	11,524	37,577	1,015	4	50,120	40%
De 11 a 15	7,691	32,545	371	1	40,608	33%
De 16 a 20	2,083	7,294	61		9,438	8%
De 21 a 25	1,331	2,077	25	1	3,434	3%
De 26 a 30	1,179	620	2		1,801	1%
De 31 a 35	1,480	419			1,899	2%
De 36 a 99	615	411			1,026	1%
Total	26,681	95,827	2,327	7	124,842	100%

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

La antigüedad promedio de taxis por modalidad de servicio es, para taxis independientes, 18.58 años, para taxis estación, 15.50 años, para taxis remisse, 7.80 años y para taxis estación – remisse, 9 años.

En lo que se refiere al uso de combustibles, la Tabla 17 muestra que los combustibles más usado entre los taxis registrados al 08 de Mayo del 2009, son la

gasolina (45%), seguido del diesel (42%) y en tercer lugar se encuentran los vehículos con un sistema dual que utilizan gasolina y GLP o gasolina y GNV (11%).

Tabla 17: Uso de combustibles en taxis registrados - al 08/05/09

USO DE COMBUSTIBLES	Taxi Independiente	Taxi Estación	Taxi Remisse	Servicio Taxi Estación - Remisse	Total	%
Gasolina	16,774	39,974	1,181	4	57,933	45%
Diesel	7,704	45,000	775	3	53,482	42%
Dual	1,923	11,339	446		13,708	11%
Gas	290	2,542	298		3,130	2%
No Disponible	3	11			14	0%
Total	26,694	98,866	2,700	7	128,267	100%

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

En lo que respecta al Gobierno Regional del Callao, al 09 de marzo del 2009 se tenían 7,762 unidades de taxis registradas, como se muestra en la Figura 8.

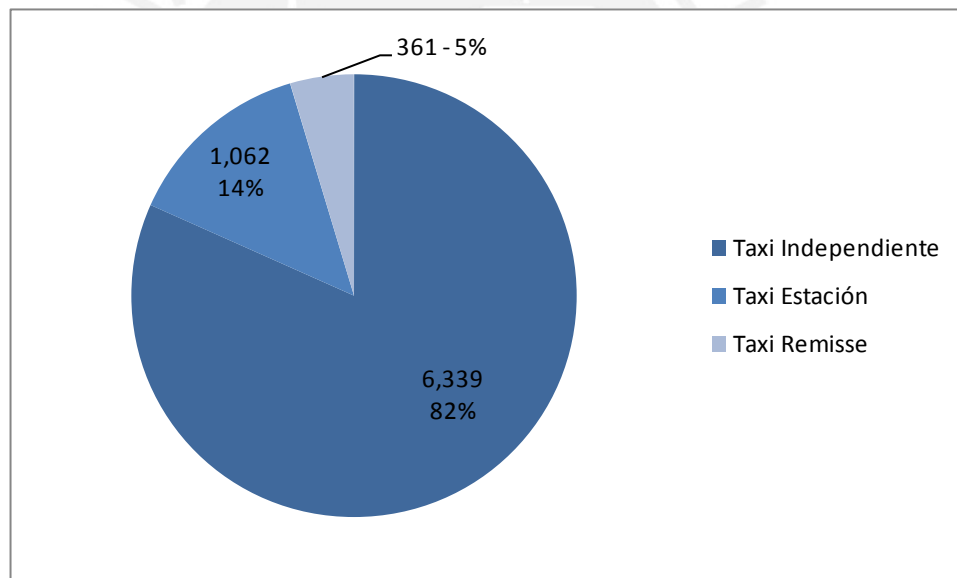


Figura 8: Taxis registrados en el Callao - al 09/03/09
Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

2.2 Vehículos de pasajeros

Según la información disponible, en Lima y Callao existen 126,462 vehículos de pasajeros los cuales se dividen en transporte público y transporte escolar, turístico y de personal.

2.2.1 Transporte público

A inicios de la década de 1990 el transporte público en Lima Metropolitana se caracterizaba por la deficiente infraestructura vial, la baja velocidad de circulación de sus vehículos y la sobrecarga de pasajeros causada por el déficit en las unidades de transporte. Sin embargo hoy en día existe una sobre oferta del 40% aproximadamente.

La Gerencia de Transporte Urbano en Lima y la Gerencia General de Transporte Urbano en el Callao controlan el servicio del transporte público y todas las empresas privadas de buses operan sus vehículos bajo la jurisdicción de éstas.

En Lima Metropolitana existen 56,007 unidades registradas de transporte público, al 08 de Mayo de 2009, conformado por ómnibus, microbús y camioneta rural; de las cuales sólo el 44% (24,658 unidades) se encuentran debidamente autorizado. Esto quiere decir que 31,350 unidades prestan el servicio sin autorización.

La Tabla 18 muestra que el transporte público en Lima Metropolitana está conformado en su mayoría por las camionetas rurales (combis) con 53%, seguido de los microbuses (custers) con 32% y finalmente por los ómnibus con un 15% del total de unidades registradas.

Tabla 18: Unidades registradas y autorizadas de transporte público de Lima Metropolitana - al 08/05/09

MODALIDAD DE SERVICIO	UNIDADES REGISTRADAS	%	UNIDADES AUTORIZADAS	%
Ómnibus	8,498	15%	3,592	15%
Microbús	17,930	32%	10,876	44%
Camioneta Rural	29,579	53%	10,190	41%
Total	56,007	100%	24,658	100%

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

La Tabla 19 muestra que el combustible más usado en este medio de transporte es el diesel con un 94% aproximadamente.

Tabla 19: Uso de combustibles por modalidad de servicio de unidades registradas de Transporte Público de Lima Metropolitana - al 08/05/09

USO DE COMBUSTIBLE	ÓMNIBUS	MICRBUÍS	CAMIONETA RURAL	TOTAL	%
No registra	17	2	134	153	0.3%
Gas	31	5	0	36	0.1%
Gasolina	99	153	2,993	3,245	5.8%
Diesel	8,351	17,769	26,450	52,570	93.9%
Dual	0	1	2	3	0.0%
Total	8,498	17,930	29,579	56,007	100.0%

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
 Elaboración propia

En lo que respecta a la antigüedad de los vehículos, la Tabla 20 muestra que la antigüedad de los vehículos de transporte público en Lima se encuentra entre 21 y 34 años, para la mayoría de las unidades.

Tabla 20: Antigüedad de unidades de autorizadas de transporte público de Lima por modalidad de servicio - al 08/05/09

ANTIGÜEDAD	ÓMNIBUS	MICRBUÍS	CAMIONETA RURAL	TOTAL	%
De 0 a 15 años	521	1,864	1,315	3,700	15%
De 16 a 20 años	1,038	3,227	5,008	9,273	37%
De 21 a 34 años	2,049	5,733	4,001	11,783	48%
Total	3,608	10,824	10,324	24,756	100%

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
 Elaboración propia

La Tabla 21 muestra la cantidad de unidades de transporte Público registradas en el Callao al 9 de marzo del 2009.

Tabla 21: Unidades de transporte público registradas en el Callao - al 09/03/09

MODALIDAD DE SERVICIO	CANTIDAD	%
Ómnibus	3,074	35.47%
Microbús	4	0.05%
Camioneta Rural	5,588	64.48%
Total	8,666	100.00%

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
 Elaboración propia

Las principales características del transporte público son:

- Informalidad y sobreoferta del servicio.
- Congestionamiento.
- Vehículos antiguos de poca capacidad e inseguros.

- Alta tasa de accidentalidad, incumplimiento de las normas de tránsito.
- Organización empresarial deficiente.
- Rutas con más de una concesión.
- Flota sin autorización.
- Fuente de Contaminación del aire, por la sobreoferta de vehículos altamente contaminantes.
- Mala calidad de los combustibles.
- Ausencia de controles de emisión que explican el deterioro, a niveles alarmantes, de la calidad del aire de la ciudad.

2.2.2 Transporte escolar, turístico y de personal

La Tabla 22 muestra la cantidad de unidades por modalidad de servicio al 08 de Mayo del 2009, registradas en Lima Metropolitana. Como se observa aproximadamente el 44% son unidades autorizadas mientras que el 56% restante opera sin autorización.

Tabla 22: Unidades registrados y autorizados por año en Lima Metropolitana - al 08/05/09

MODALIDAD DE SERVICIO	UNIDADES REGISTRADAS	UNIDADES AUTORIZADAS	% U.REGISTRADAS
Transporte Escolar	3,820	1,622	78.70%
Transporte Turístico	732	385	17.94%
Transporte Personal	302	139	6.48%
Total	4,854	2,146	100%

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

Los combustibles más usados en este tipo de transporte son la gasolina y el diesel con el 71% y 28% aproximadamente, como se observa en la Tabla 23, según información disponible al 08 de Mayo del 2009.

Tabla 23: Uso de combustibles por modalidad de servicio en unidades registradas - al 08/05/09

MODALIDAD DE SERVICIO	NO REGISTRA	GAS	GASOLINA	DIESEL	DUAL	TOTAL
Transporte Escolar	2	9	1,289	2,454	66	3,820
Transporte Turístico	0	3	4	712	13	732
Transporte Personal	0	5	10	287	0	302
Total	2	17	1,303	3,453	79	4,854

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

2.3 Vehículos de carga

En lo que respecta a vehículos de carga, la información disponible para Lima Metropolitana al 08/05/09, se muestra en las Tablas 24 y 25, donde se observa que la cantidad de unidades registradas asciende a 7,767 y el combustible de mayor uso es el diesel.

Tabla 24: Unidades registradas y autorizadas por modalidad de servicio - al 08/05/09

MODALIDAD DE SERVICIO	UNIDADES REGISTRADAS	UNIDADES AUTORIZADAS
Transporte Pesado y/o Carga	7,732	0
Transporte en Vehículos Menores	35	14
Total	7,767	14

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

Tabla 25: Uso de combustibles por modalidad de servicio en unidades registradas - al 08/05/09

MODALIDAD DE SERVICIO	NO REGISTRA	GAS	GASOLINA	DIESEL	DUAL	TOTAL
Transporte Pesado y/o Carga	860	15	443	6,374	40	7,732
Transporte en Vehículos Menores	1	0	34	0	0	35
Total	861	15	477	6,374	40	7,767

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – MUNLIMA
Elaboración propia

2.4 Red vial

Lima está conformada por 42 distritos, más el área de El Cercado y la Provincia Constitucional del Callao con 6 distritos; la vialidad metropolitana de Lima y Callao es desarrollada progresivamente por cada provincia independientemente, la estructura de las facilidades viales se encuentra bien organizada en redes a nivel de planeamiento, pero en su conjunto la red vial existente no siempre cumple con sus funciones, como vías arteriales, colectoras y locales. Actualmente la provincia de Lima comprende 432 rutas urbanas y 55 rutas interconectadas y la Provincia de Callao, 177 rutas.

El Instituto Metropolitano de Planificación de Lima (IMP) clasificó las principales vías del área metropolitana, de acuerdo a sus funciones, en Vías Expresas, Vías

Arteriales y Vías Colectoras y elaboró una propuesta del sistema Vial Metropolitano determinando los derechos de vía.

De acuerdo a las disposiciones de la Ley de Transporte 27181, las Municipalidades de Lima y Callao son responsables de planificar, construir, mejorar y mantener las vías expresas, vías arteriales y vías colectoras, incluyendo a las vías nacionales en tramos bajo la jurisdicción de estas municipalidades. Las vías locales más pequeñas, no incluidas anteriormente, se encuentran bajo la responsabilidad de cada municipalidad distrital.

2.4.1 Clasificación de la vialidad

La vialidad puede clasificarse de acuerdo a la jurisdicción administrativa en la que se encuentran las vías, es decir del gobierno central, del gobierno municipal y del gobierno distrital, pero las vías del sistema vial metropolitano están bajo la jurisdicción de la Municipalidad Metropolitana de Lima o de El Callao, según el caso.

Clasificación por función:

- **Vías Locales:** Las vías locales sirven a los distritos y su función principal es permitir el acceso a las propiedades urbanas. La mayoría de las vías locales tienen dos carriles para ambas direcciones y generalmente son llamadas calles o jirones de acuerdo al Plan Maestro de Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Lima y Callao en la República del Perú.
- **Vías Colectoras:** Las vías colectoras están conectadas con las vías locales por intersecciones a nivel para las entradas y las salidas a nivel generalmente no semaforizadas y su función es conectar el tránsito de estas vías con las vías arteriales. Generalmente se llaman avenidas y tienen un total de 4 carriles para ambas direcciones.
- **Vías Arteriales:** Las vías arteriales tienen la función de servir al tránsito originado en las vías colectoras y son llamadas avenidas o corredores viales. Las intersecciones de las vías arteriales con las vías expresas o entre dos vías arteriales son a desnivel.
- **Vías Expresas:** Las vías expresas son para el tránsito de paso, altos volúmenes y considerable velocidad en las que las entradas y salidas son

controladas por intercambios, que se conectan con otras vías expresas o vías arteriales por intersecciones a desnivel.

La situación actual de las rutas establecidas para el transporte público es desordenada ya que lo que se busca actualmente es cubrir todos los orígenes y destinos posibles de la ciudad, lo que genera superposición de rutas, sobre oferta, congestión y contaminación.

Existe una propuesta de mejora, por parte de la Municipalidad Metropolitana de Lima para cambiar esta situación:

- El plan Maestro de Transporte, donde se busca optimizar y modernizar la red vial de nuestra ciudad según la demanda y oferta de transporte.
- El Proyecto “Metropolitano” que busca ordenar el transporte público de nuestra ciudad implementando un sistema integrado, rentable y eficiente que permita satisfacer las necesidades de los usuarios y mejorar sus condiciones de vida.

2.5 Consumo de combustibles en Lima y Callao

Actualmente la demanda de los principales combustibles ha variado desde hace algunos años, con el ingreso del gas natural.

En el sector vehicular el gas natural se empezó a consumir en nuestra ciudad, desde el año 2006; en el año 2005 el consumo de combustibles líquidos disminuyó en 13 mil barriles por día, que a un precio de 80 USD/Ba (precio promedio del Diesel 2) significó un ahorro de 1,04 millones de dólares diarios y en contraste, el consumo de gas natural se incrementó en 61,41 millones de pies cúbicos diarios (10, 600 barriles equivalentes de petróleo). Considerando un precio ponderado de 2,0 USD/MPC, este incremento de consumo equivale a 122 mil dólares diarios. Por lo tanto, el ahorro neto en el mercado por el consumo de gas natural ha sido en el año 2005 de 918 mil dólares por día²².

Asimismo la Tabla 26 muestra la evolución del volumen del gas natural vehicular distribuidos en los últimos años, donde se observa que actualmente el 15% del gas comercializado es para el sector vehicular.

²² Ing. Gustavo Navarro Valdivia – Director General Hidrocarburos MEM 2006. (Expo Perú GNV 2006)

Tabla 26: Volumen de gas natural distribuido por categoría tarifaria – expresado en miles de pies cúbicos por día (MPPD)

CATEGORÍA TARIFARIA	may-06	%	may-07	%	may-08	%	may-09	%
Consumidores Iniciales	11,141	15%	12,756	11%	13,059	9%	10,621	6%
Generadores Eléctricos	45,458	62%	64,696	54%	73,737	48%	69,471	42%
Categoría Tarifaria A	56	0%	108	0%	243	0%	301	0%
Caegoría Tarifaria B	98	0%	476	0%	817	1%	1,816	1%
Categoría Tarifaria C	10,692	15%	14,325	12%	17,590	12%	15,771	10%
Categoría Tarifaria D	5,731	8%	14,105	12%	13,631	9%	20,459	12%
Categoría Tarifaria D - GNV	383	1%	4,050	3%	13,060	9%	24,696	15%
Independiente	-	0%	8,748	7%	20,371	13%	21,376	13%
Total	73,559	100%	119,264	100%	152,508	100%	164,511	100%

Fuente: Conferencia Expo Perú GNV 2009 - Ponencia Líneas de Financiamiento para Gas Natural COFIGAS
Elaboración propia

En lo que respecta al consumo del gas natural vehicular, la Figura 9 muestra la cantidad de metros cúbicos (acumulados) consumidos por año y considerando la información de la Figura 3, que indica que la cantidad de reservas probadas de gas natural en el Perú ascienden a 352 mil millones de metros cúbicos, el actual consumo representa el 0.13% del total de reservas.

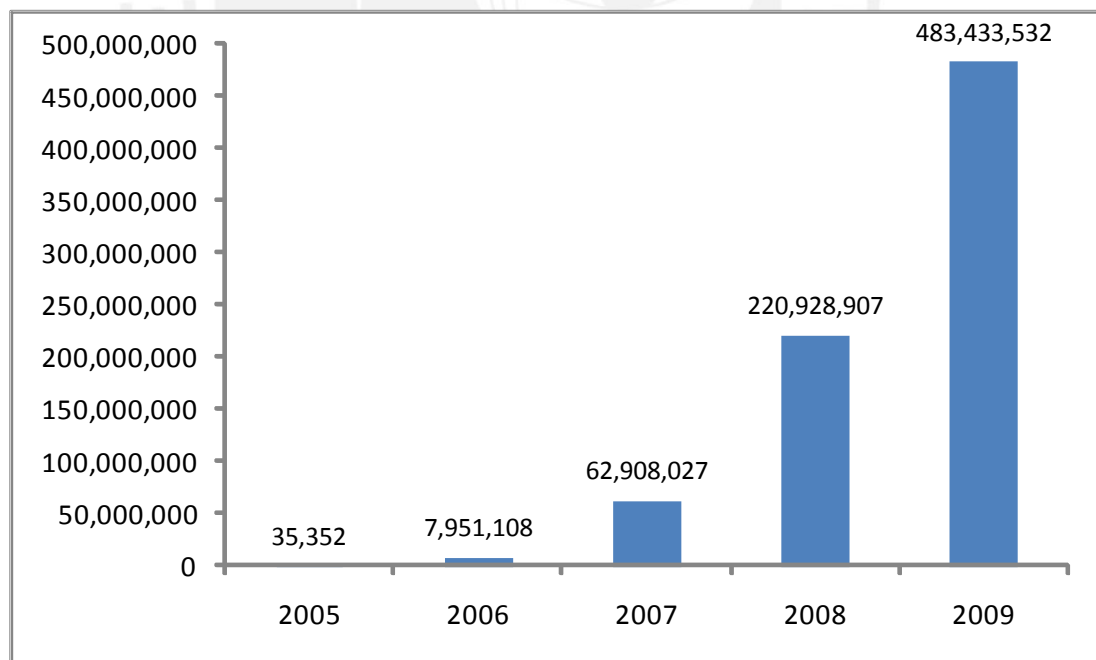


Figura 9: Consumo de gas natural vehicular en m³ por año (Acumulado)
Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular
Elaboración propia

CAPÍTULO 3: PROYECCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR CON GAS NATURAL

3.1 Vehículos a gas natural vehicular

3.1.1 Vehículos convertidos a gas natural en la actualidad

Según la información de la Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular, a finales del 2009 se tenía un total de 81,029 vehículos convertidos a GNV, lo que equivale a un 41% más de vehículos respecto al 2008; y la cantidad promedio de vehículos convertidos por mes asciende a 1,900 unidades de vehículos.

La Figura 10 muestra la cantidad de vehículos convertidos por año desde finales del 2006 hasta diciembre del 2009.

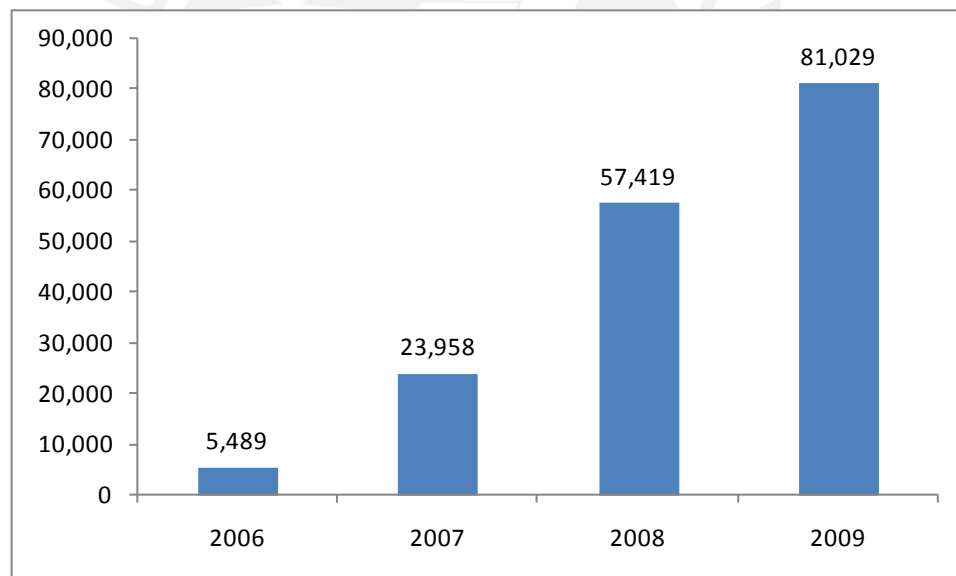


Figura 10: Vehículos convertidos a GNV por año (Acumulado)
Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular
Elaboración propia

La Figura 11 muestra que del total de unidades convertidas al 2009, el 77% se realizó con financiamiento, mientras que el 23% sin financiamiento.

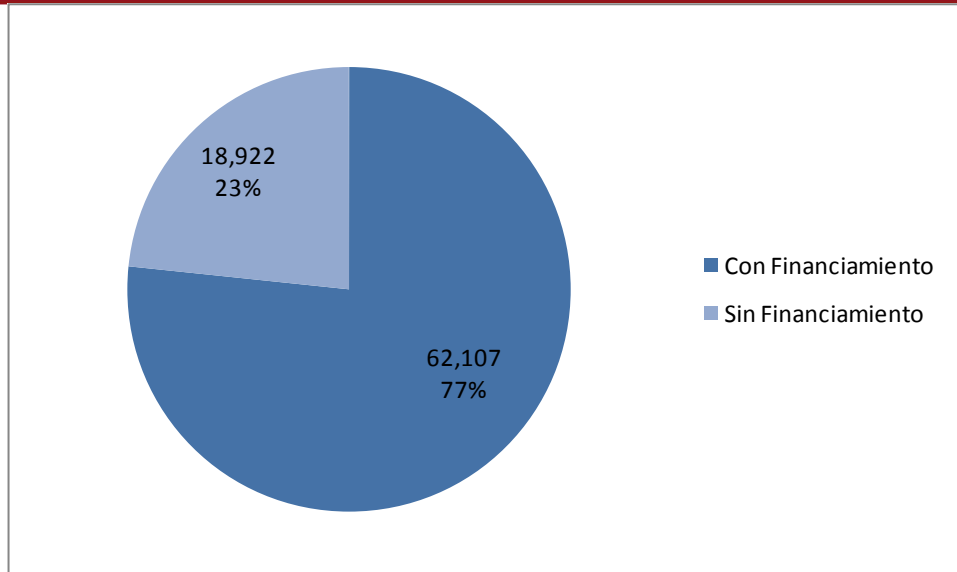


Figura 11: Tipo de conversión de vehículos a GNV - a diciembre 2009
 Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular
 Elaboración propia

Asimismo aproximadamente el 70% de vehículos convertidos por mes, corresponde a taxis; la figura 12 muestra la cantidad de vehículos particulares y de taxis a GNV a diciembre del 2009.

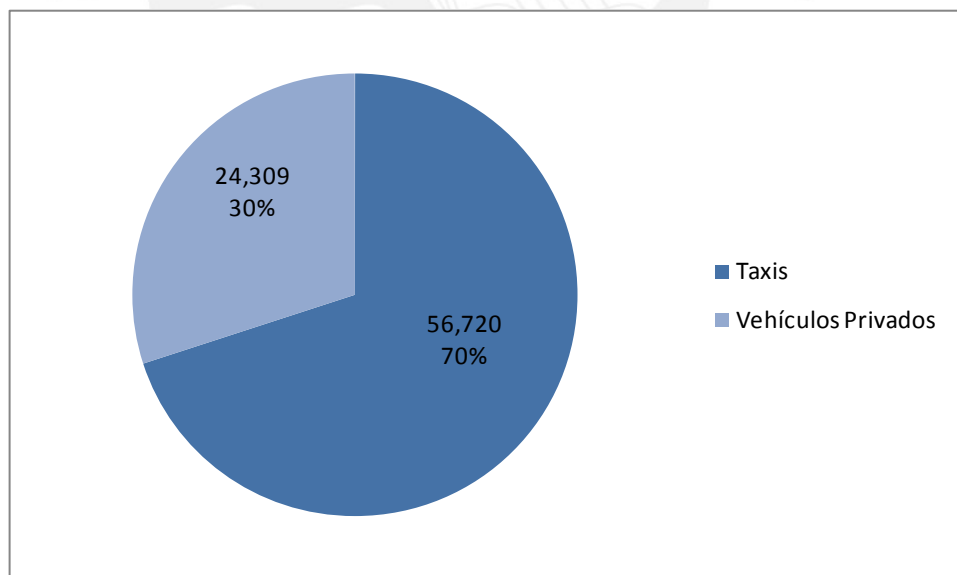


Figura 12: Tipo de uso de vehículos convertidos a GNV - a diciembre 2009
 Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular
 Elaboración propia

3.1.2 Estimación de vehículos convertidos al 2020

Para realizar la proyección de los vehículos convertidos a GNV al 2020 se realizará un análisis de regresión a la cantidad de vehículos convertidos registrados desde noviembre del 2006 a diciembre del 2009. Para ello se utilizará la siguiente ecuación:

- $y = B_0 + B_1x$
- Donde “y” es la variable dependiente igual a la cantidad de vehículos a GNV
- Y la variable regresora “x”, es igual a un número natural que representa al mes de observación.

El análisis no considera factores externos que podrían distorsionar la estimación, tales como el incremento del PBI, posible reducción o incremento significativo del precio del petróleo o una nueva crisis económica.

La Tabla 27 muestra el histórico de los datos reales con los que se realizará el análisis; los datos tienen una confiabilidad del 95%.

Tabla 27: Cantidad de vehículos convertidos a GNV por mes (Acumulado)

N°	Mes	Vehículos a GNV	N°	Mes	Vehículos a GNV
1	Nov-06	4,656	20	Jun-08	38,279
2	Dic-06	5,489	21	Jul-08	41,411
3	Ene-07	6,180	22	Ago-08	44,724
4	Feb-07	6,909	23	Sep-08	48,192
5	Mar-07	7,823	24	Oct-08	51,836
6	Abr-07	9,031	25	Nov-08	54,829
7	May-07	10,421	26	Dic-08	57,419
8	Jun-07	11,924	27	Ene-09	59,733
9	Jul-07	13,923	28	Feb-09	61,962
10	Ago-07	15,976	29	Mar-09	63,969
11	Sep-07	17,906	30	Abr-09	66,124
12	Oct-07	19,823	31	May-09	68,056
13	Nov-07	22,018	32	Jun-09	69,723
14	Dic-07	23,958	33	Jul-09	71,850
15	Ene-08	25,277	34	Ago-09	73,839
16	Feb-08	27,436	35	Sep-09	75,717
17	Mar-08	29,630	36	Oct-09	77,472
18	Abr-08	32,419	37	Nov-09	79,314
19	May-08	35,052	38	Dic-09	81,029

Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular
Elaboración propia

La Tabla 28 muestra los parámetros de la regresión realizada.

Tabla 28: Parámetros de la regresión lineal de vehículos convertidos

PARÁMETROS DE LA REGRESIÓN	VALOR
Coefficiente de determinación R^2	0.987552349
R^2 ajustado	0.987206581
B_0	-4876.128023
B_1	2289.638144

Elaboración propia

De acuerdo al valor del coeficiente de determinación R^2 y R^2 ajustado, se verifica que es válida la ecuación de estimación de la cantidad de vehículos convertidos a GNV.

La Figura 13 muestra la cantidad estimada de vehículos a GNV desde el 2010 hasta el 2020, la cual asciende a 384,362 vehículos.

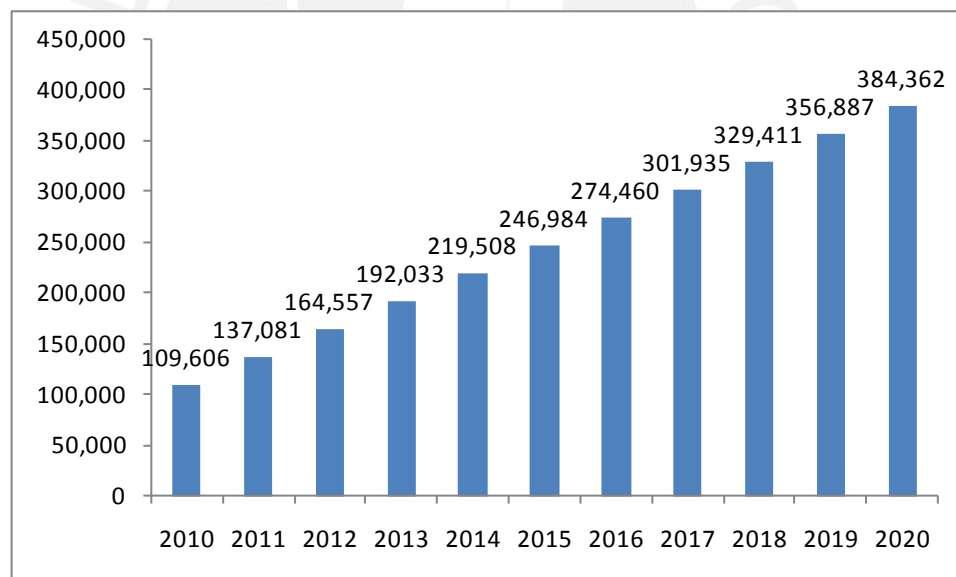


Figura 13: Estimación de vehículos convertidos a GNV por año
Elaboración propia

Asimismo, la Figura 14 muestra la proporción de taxis y vehículos privados de todas las unidades convertidas a GNV para el año 2020, la cual se encuentra en 30% para vehículos privados y 70% para vehículos del servicio de taxi.

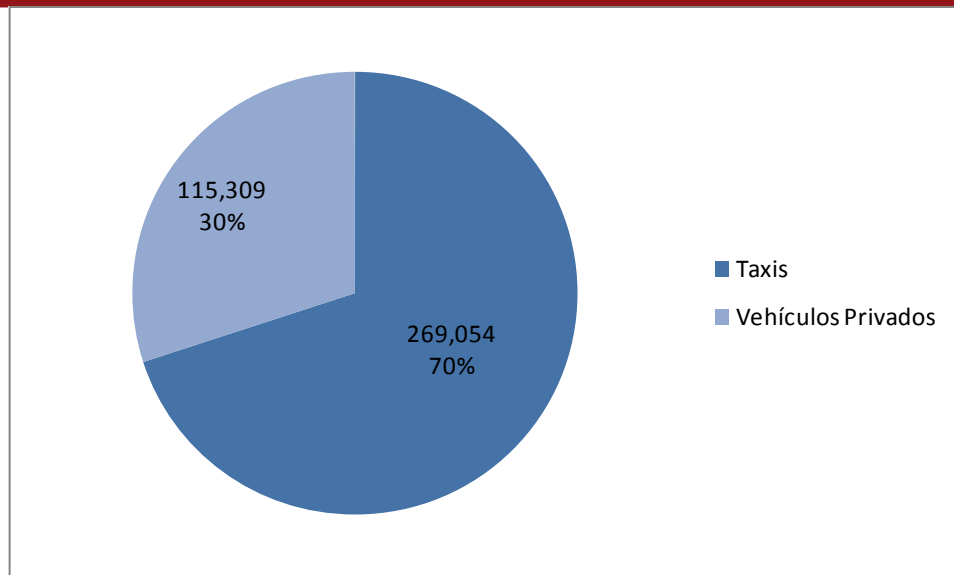


Figura 14: Taxis y vehículos privados convertidos a GNV - a diciembre 2020

Elaboración propia

3.2 Estaciones de servicio

3.2.1 Estaciones de servicio a gas natural en la actualidad

Según la información registrada en la Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular, a finales del 2009 existían 94 estaciones de servicio a gas natural operando y otras 33 en construcción, lo que significa un 65% más de estaciones con respecto al 2008.

Asimismo se verifica que el crecimiento mensual en los últimos meses equivale a tres estaciones en promedio por mes.

La Figura 15 muestra la cantidad de estaciones de servicio a gas natural que se encuentran en operación por año desde finales del 2006 hasta diciembre del 2009.

Y la Figura 16 muestra la proporción de estaciones de servicio en operación y en construcción a finales del 2009.

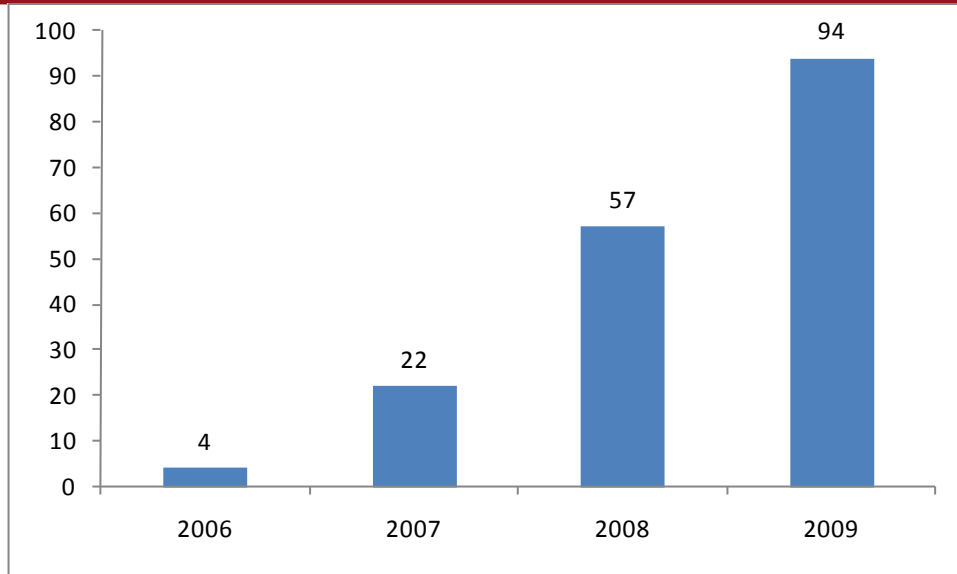


Figura 15: Cantidad de estaciones de servicio a GNV por año (Acumulado)

Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular

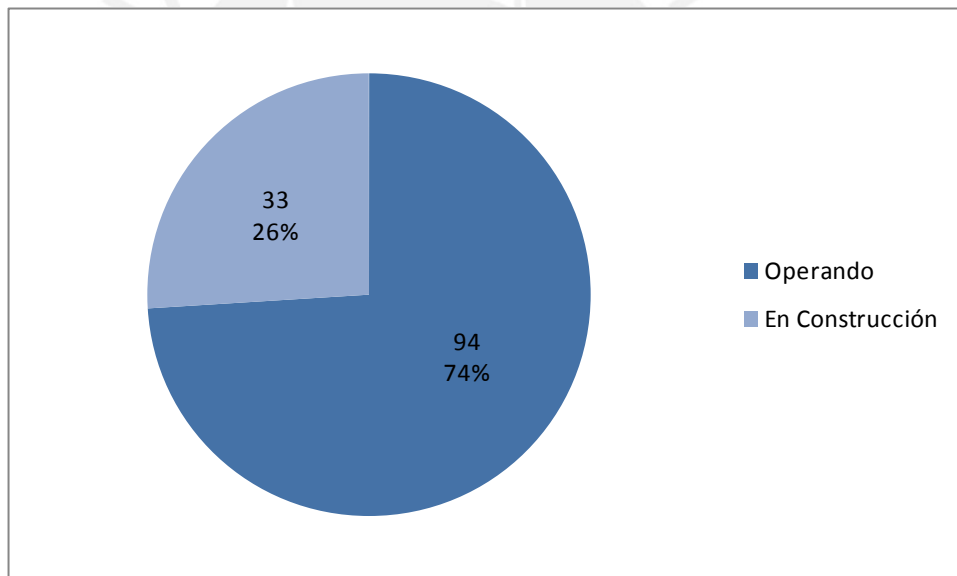


Figura 16: Estado de estaciones de servicio a GNV - a diciembre 2009

Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular

3.2.2 Estimación de estaciones de servicio implementadas al 2020

Para realizar la proyección de las estaciones de Servicio a GNV al 2020 se realizará un análisis de regresión a la cantidad de EESS que se encuentran operando por mes, registrados desde noviembre del 2006 a diciembre del 2009. Para ello se utilizará la siguiente ecuación:

- $y = B_0 + B_1x$
- Donde “y” es la variable dependiente igual a la cantidad de EESS a GNV

- Y la variable regresora “x”, es igual a un número natural que representa al mes de observación.

El análisis no considera factores externos que podrían distorsionar la estimación, tales como el incremento o nuevas exportaciones del gas natural hacia otros países o una nueva crisis económica.

La Tabla 29 muestra el histórico de los datos reales con los que se realizará el análisis; los datos tienen una confiabilidad del 95%.

Tabla 29: Cantidad de estaciones a GNV operando por mes

N°	Mes	EESS a GNV	N°	Mes	EESS a GNV
1	Nov-06	4	20	Jun-08	37
2	Dic-06	4	21	Jul-08	44
3	Ene-07	5	22	Ago-08	46
4	Feb-07	7	23	Sep-08	48
5	Mar-07	7	24	Oct-08	53
6	Abr-07	8	25	Nov-08	55
7	May-07	9	26	Dic-08	57
8	Jun-07	10	27	Ene-09	61
9	Jul-07	10	28	Feb-09	65
10	Ago-07	13	29	Mar-09	66
11	Sep-07	15	30	Abr-09	68
12	Oct-07	15	31	May-09	68
13	Nov-07	17	32	Jun-09	75
14	Dic-07	22	33	Jul-09	75
15	Ene-08	23	34	Ago-09	77
16	Feb-08	24	35	Sep-09	80
17	Mar-08	27	36	Oct-09	84
18	Abr-08	31	37	Nov-09	86
19	May-08	33	38	Dic-09	94

Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular
Elaboración propia

La Tabla 30 muestra los parámetros de la regresión realizada.

Tabla 30: Parámetros de la ecuación de regresión lineal de EESS

PARÁMETROS DE LA REGRESIÓN	VALOR
Coefficiente de determinación R ²	0.975846259
R ² ajustado	0.975175322
B ₀	-9.246088193
B ₁	2.529489003

Elaboración propia

De acuerdo al valor del coeficiente de determinación R^2 y R^2 ajustado, se verifica que es válida la ecuación de estimación de la cantidad de EESS.

La Figura 17 muestra la cantidad estimada de estaciones a GNV desde el 2010 hasta el 2020, la cual asciende a 421 estaciones.

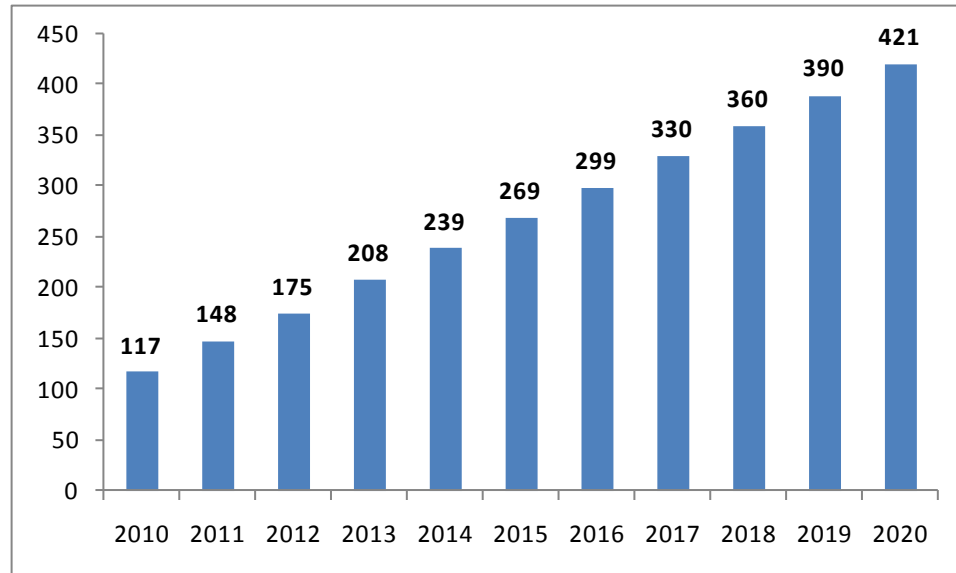


Figura 17: Estimación de cantidad de estaciones de servicio operando por año
Elaboración propia

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE CONVERSIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LIMA Y CALLAO A GAS NATURAL

Para que los vehículos puedan usar gas natural es necesaria una conversión previa que permita adaptar sus condiciones iniciales para el uso del gas.

El parque automotor de Lima y Callao utiliza diferentes combustibles, siendo los principales, la gasolina y el diesel. Para cada uno de estos combustibles los requerimientos de conversión varían entre sí, sin embargo el principio fundamental en ambos casos es que los automóviles necesitarán de un tanque o cilindro que almacene el gas que abastece al motor.

4.1 Análisis técnico y económico para la conversión de vehículos

No todos los automóviles pueden convertirse a gas natural, esto dependerá básicamente del tipo de motor que tengan. Asimismo es importante que el automóvil que se pretenda transformar esté en buenas condiciones de funcionamiento, especialmente en el encendido e instalación eléctrica.

Un auto con motor gasolinero sí podrá convertirse a GNV, ya que sólo deberá adquirir el tanque de almacenamiento de gas natural, de esta forma se tendrá un sistema dual que permitirá utilizar gasolina y gas natural. Un auto con GLP no podrá transformarse debido a que las condiciones de trabajo de cada equipo son diferentes, por ejemplo, mientras que en los cilindros de vehículos convertidos para usar GLP, éste es almacenado a 7 bar de presión; en los vehículos convertidos para usar GNV éste es almacenado a 200 bar de presión, adicionalmente todos los demás componentes del equipo completo de conversión están diseñados para diferentes presiones de trabajo.

4.1.1 Conversión a GNV según tipo de motor

Los motores de combustión interna de encendido por chispa (MCI-ECH), cuyo combustible inicial es la gasolina, se pueden convertir para que utilice gas natural, para ello se deberá instalar equipos que puedan almacenar el gas a la presión de

200 bar, reducir su presión y acondicionarlo (entregar calor), conducirlo a través de mangueras hasta el mezclador e instalar una toma de aire u otro medio que es ubicado después del filtro y antes del carburador o múltiple de admisión.

Por lo general, los vehículos que utilizan gasolina como combustible, son aquellos que se denominan ligeros o medianos y son de uso intensivo en la ciudad. El sistema que utilizan estos vehículos después de la conversión, es el sistema bi-combustible (Bi-fuel), que es el conjunto de elementos (que constituyen un equipo completo de conversión) que hacen posible que pueda operarse el vehículo con gasolina según su diseño original o alternativamente con GNV. Este sistema consiste en el uso del propio motor con un carburador para gas natural o un sistema de inyección de combustible gaseoso, en adición al carburador regular o sistema Fuel Injection.

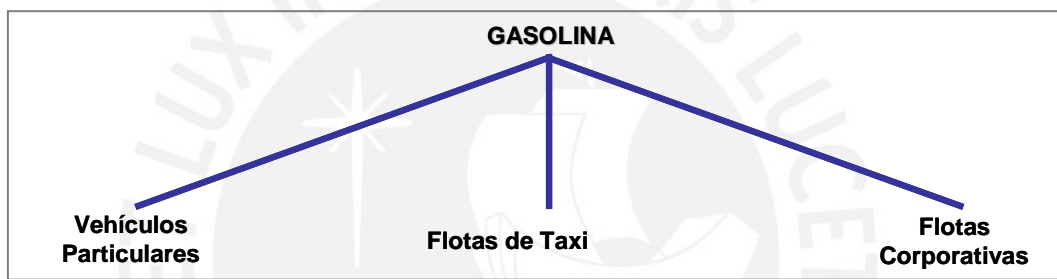


Figura 18: Vehículos a gasolina
Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular

Los componentes del equipo completo de conversión deben cumplir desde el punto de vista de su fabricación y seguridad con los requisitos y ensayos especificados para cada uno de ellos en las Normas Técnicas respectivas.



Figura 19: Componentes principales del kit de conversión a gas natural
Fuente: Cámara Peruana del Gas Natural Vehicular

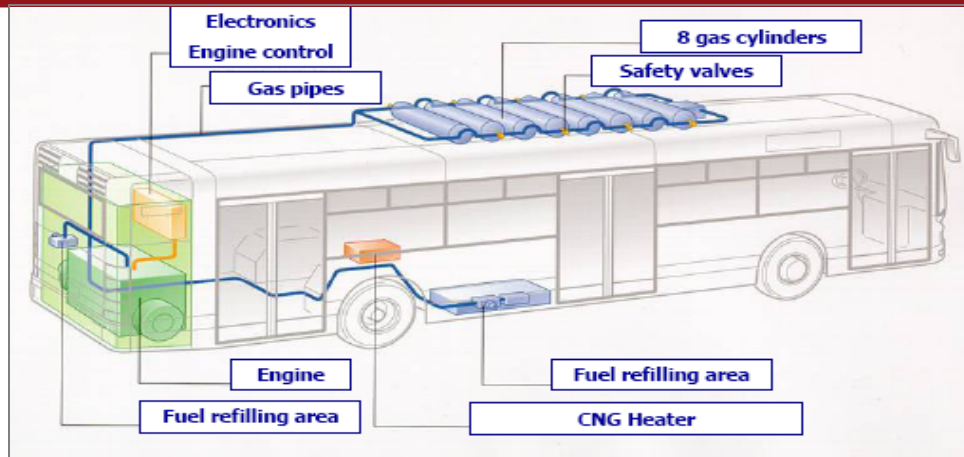


Figura 20: Componentes básicos de un bus a GNV
 Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular

Los componentes del kit de conversión a gas natural, se listan a continuación:

- Tanque o cilindro
- Dispositivo de sujeción
- Regulador
- Válvula de cilindro
- Variador de avance
- Mezclador
- Manómetro metano
- Conmutador
- Válvula de carga
- Reductores
- Regulador de alta
- Electro válvula de nafta
- KIT de elementos de fijación y conexión
- KIT de mangueras de conexión
- Caño de alta presión
- Llave de conmuta. c/ índice de carga y cableado eléctrico
- Emulador de inyección

También es importante resaltar que el equipo de conversión varía si el motor es carburado o inyectado.

Tabla 31: Componentes principales del kit de conversión a gas natural

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	INYECTADO	CARBURADO
1	Tanque o Cilindro de GNV	1 – VRS	SI	SI
2	Dispositivo de Sujeción	1 – VRS	SI	SI
3	Regulador de Alta	1 / 2	SI	SI
4	Válvula de Cilindro	1 – VRS	SI	SI
5	Variador de avance al encendido	1	SI	SI
6	Mezclador	1 / 2	SI	SI
7	Válvula de carga	1	SI	SI
8	Reductor para GNC	1	SI	SI
9	Electro válvula de Nafta	1	NO	SI
10	Kit de elementos de Fijación y Conexión	1	SI	SI
11	Kit de mangueras de Conexión	1	SI	SI
12	Caño de Alta presión	1 – VRS	SI	SI
13	Llave conmutada c/ índice de carga y cableado eléctrico	1	SI	SI
14	Emulador de inyección	1	SI	NO
15	Sistema lambda de control de carga	1	SI	NO

Fuente: Conversión de Vehículos GNV – Expo Perú GNV 2006
Elaboración propia

Los MCI de encendido por compresión (MCI-EC), son aquéllos que utilizan el diesel como combustible; en los vehículos con esta clase de motor se utiliza el sistema Dual-Fuel, que es el conjunto de elementos que hacen posible que el vehículo pueda operarse usando combustible líquido y GNV. Los vehículos con rutas constantes o pre definidas son lo que utilizan diesel, comúnmente.

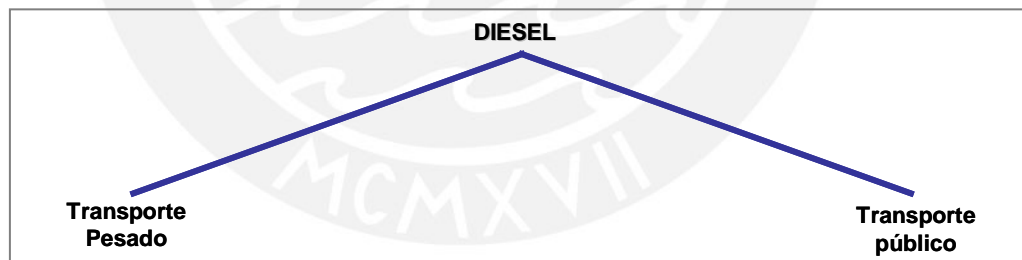


Figura 21: Vehículos a diesel
Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular

Características generales en motores Dual-Fuel

- Se inyecta combustible diesel dentro de la mezcla gas-aire.
- Se llama Dual-Fuel debido a que se requiere el uso simultáneo de dos combustibles, gas natural y diesel para operar.
- El motor Dual-Fuel se conoce también como motor "pilot inyection" debido a que el diesel actúa como iniciador o piloto de la combustión.
- Conserva el sistema original de inyección diesel.

- El gas natural se alimenta dentro del múltiple de admisión a través de un mezclador aire-combustible o con una unidad de inyección de combustible gaseoso.
- La proporción de los dos combustibles varía de acuerdo a la carga y velocidad del motor; desde 100% de diesel trabajando en vacío hasta 5% diesel y 95% gas natural a plena carga.
- Para ajustar dinámicamente las relaciones gas-aire-diesel se hace uso de tecnologías de control electrónico durante la operación del motor.
- Esta conversión utiliza gas mientras esté disponible, sin perder la habilidad para poder usar sólo diesel si es necesario.
- Una desventaja es que los motores Dual-Fuel tienen la necesidad de mantenimiento por separado de ambos sistemas de combustible.

El sistema Diesel-Gas permite alimentar en forma dual (Diesel-GNV) los motores de combustión interna de ciclo diesel y reducir el consumo de diesel entre un 70% y un 80% sin recurrir a modificaciones en el motor y manteniendo la performance del mismo.

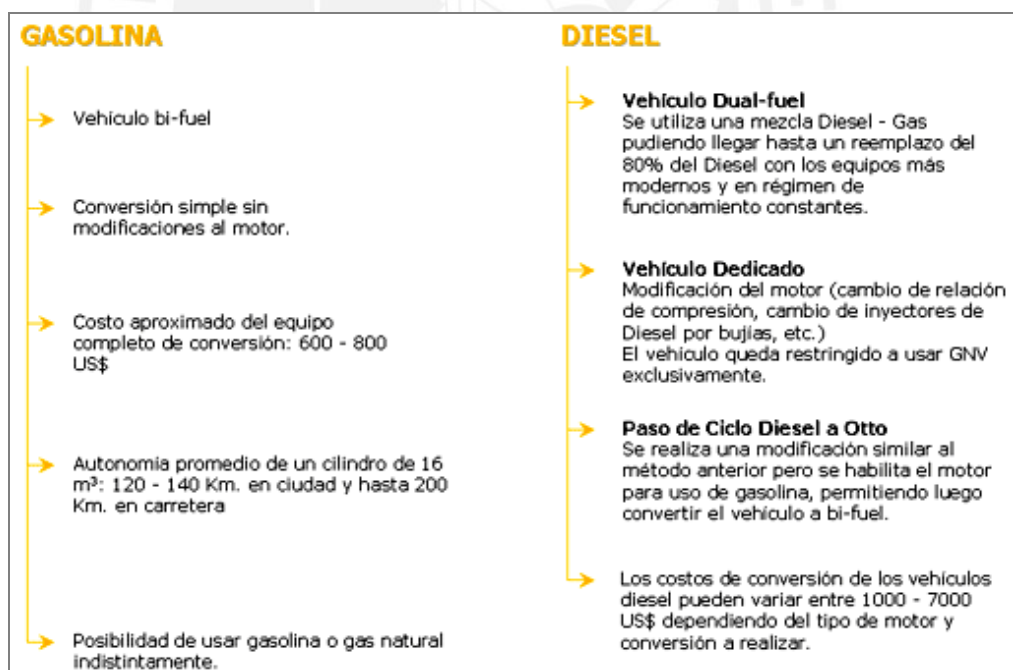


Figura 22: Conversión de vehículos
Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular

En lo que corresponde al sistema de propulsión, los vehículos convertidos a gas natural utilizan un sistema de propulsión a GNV, el que hace que el gas natural fluya en el vehículo desde un cilindro de almacenamiento a través de la tubería y llegue al recinto del motor.

Todo vehículo a ser convertido a GNV para aprovechar al máximo los beneficios brindados por este combustible deben encontrarse en buen estado de funcionamiento (compresión en los rangos recomendados por el fabricante, bujías en buen estado, etc.) de lo contrario estos beneficios no serán plenamente percibidos; al no estar el motor de un vehículo gasolinero diseñado específicamente para funcionar con GNV (o cualquier otro combustible gaseoso) se da una disminución en la potencia del mismo, llegando a ser imperceptible cuando el vehículo se encuentra en buen estado mecánico y el equipo completo de conversión es el adecuado para el vehículo.

Actualmente hoy en día también existen vehículos con motores dedicados, que son aquellos que sólo funcionan con gas natural, estos vehículos son producidos por los fabricantes originales ó son resultado de conversiones para vehículos particulares (livianos) y de carga (pesados).

En los vehículos ligeros o medianos, un motor dedicado a gas natural no difiere mucho en cuanto a medidas, peso, construcción o requerimientos de materiales de un motor a gasolina; los principales esfuerzos enfocados al desarrollo de estos motores están dirigidos hacia la optimización de las siguientes características:

- Incrementar la relación de compresión.
- Combustión con mezcla pobre.
- Control de la inyección de combustible y de la relación aire-combustible.
- Ajuste del tiempo de ignición.
- Control catalítico de emisiones.
- Sensores del contenido de oxígeno en el escape.

En los vehículos de carga, estos desarrollos están enfocados a la conversión de motores diesel, bajo las siguientes características.

- Utiliza un sistema de encendido eléctrico y bujías, que opera sólo con gas natural.
- El motor tiene que ser convertido a la operación con el ciclo Otto, además del uso de ahogamiento de la carga de admisión y encendido por chispa.
- El gas natural es introducido dentro del múltiple de admisión usando un mezclador o sistema de inyección (tal como una conversión Dual-Fuel).
- El sistema de inyección diesel es removido completamente.
- La relación de compresión es aumentada de 15:1 a 19:1, para eliminar el golpeteo causado por el gas natural.

- Las relaciones aire-combustible son potencialmente pobres.
- Este tipo de motor se está desarrollando bajo dos tendencias principales, una es la combustión con mezcla pobre y la otra es la combustión estequiométrica.
- Para la optimización de estos motores se están investigando las siguientes áreas específicas, el perfil de la cámara de combustión, sistemas de manejo electrónico del motor, Ignición por compresión, Sistemas de inyección de gas.

Las desventajas del uso del gas natural vehicular son, como se mencionó anteriormente la pérdida de potencia (10% aproximadamente), pérdida de espacio por el tanque o cilindro de almacenamiento de gas y modificación del diseño original del vehículo: arreglo en los frenos y suspensión por el peso del/los cilindro(s) y combustible.

4.1.2 Etapa de pre conversión a gas natural

Antes de las pruebas de pre conversión, se debe identificar plenamente el vehículo en cuanto a las disposiciones legales establecidas por las entidades competentes:

- **Información del vehículo:** se debe establecer claramente si el vehículo conserva sus características generales de fábrica o ha sufrido modificaciones luego de su salida de la línea de ensamble. Esta identificación de las características del vehículo permitirá definir si la conversión por ejecutar corresponde a uno de los procesos estándar definidos por el taller de conversión, para las diferentes marcas y modelos autorizados por la entidad competente.

- **Prueba de ruta:** posteriormente se debe verificar la fecha de reparación del motor y seguidamente realizar una prueba de ruta utilizando gasolina como combustible, para verificar el funcionamiento del vehículo con este combustible.

En esta prueba se verifica el consumo de aceite, agua y de combustible, sobrecalentamientos, deslizamiento de embrague, prueba de aceleración y desaceleración con sus accesorios en operación (luces, radios, calefacción, entre otros), sincronismo de la caja de cambios, verificación de toma de corriente, ruidos y sonidos extraños.

- **Inspecciones visuales:** donde se verifica el estado del chasis, pisos, carrocería, funcionamiento del sistema de suspensión, identificación de posibles piezas defectuosas o dañadas, sistema de escape, sistema de enfriamiento del motor. Se determina si todos los componentes pueden ser instalados en lugares

accesibles y seguros, se inspecciona la ubicación de los tanques de gasolina, aire o agua, o cualquier otro depósito de almacenamiento, además se verifica si la bomba de gasolina es sumergible y ubicación de las baterías.

- **Parámetros de referencia:** tanto para las inspecciones como para las pruebas de pre-conversión, el taller de conversión debe establecer para cada tipo de vehículo (marca y modelo) los parámetros o valores contra los cuales se efectúa la verificación de los diferentes apartados indicados en la norma técnica. Estos parámetros serán definidos a partir de las especificaciones del fabricante del vehículo.

Después de la identificación del vehículo recién se procede a la pruebas de Pre conversión que se listan a continuación y se detallan en el Anexo I:

- Verificación de estado y carga de batería.
- Verificación del control y estabilidad del sistema de carga eléctrico.
- Verificación del estado mecánico del motor.
- Verificación de la existencia de fugas en el múltiple y conductos de admisión.
- Verificación del estado y funcionamiento del sistema de encendido.
- Verificación del estado y funcionamiento del sistema de control en marcha mínima.
- En sistemas carburados, verificación del estado y ajuste de la(s) mariposa(s) y bujes del acelerador y agujeros de mínima en el chicler, verificación del estado de la empaquetadura del carburador, de la carcasa del filtro de aire y del filtro de aire.
- En sistemas inyectados, verificación de estado y funcionamiento del sistema de combustible, análisis de gases y revisión del sistema de refrigeración.

Finalmente el resultado de la evaluación debe arrojar alguna de las siguientes calificaciones: Vehículo apto para convertir o Vehículo rechazado técnicamente para convertir.

4.1.3 Montaje de equipos completos en vehículos a gas natural vehicular

Como referencia normativa está la NTP 111.015.2004 que establece los requisitos para la instalación de los componentes del equipo completo para vehículos cuyos motores funcionan con gas natural comprimido (GNV) o bi-combustible (Bi-fuel) y

los ensayos y verificaciones a los vehículos implementados con estos equipos para GNV.

La NTP 111.015.2004 se puede visualizar en el Anexo II. A continuación se listan los principales puntos que considera para la instalación del equipo completo para GNV en vehículos:

- Instalación del cilindro
- Instalación de tubería del sistema de alimentación
- Instalación del regulador de presión
- Instalación de válvulas
- Instalaciones eléctricas
- Instalación del selector de combustibles
- Instalación del dispositivo electrónico de avance de encendido
- Instalación del indicador de presión
- Instalación de la interfaz para el sistema de información
- Instalación de componentes del sistema de Inyección
- Ensayos a realizar en el taller de montaje

4.1.4 Etapa de post conversión a gas natural

Al igual que en la etapa de pre conversión, se deben realizar varias inspecciones a las que se le denomina inspecciones de post conversión, los resultados de estas inspecciones se registran y archivan. En las inspecciones de post conversión, se realiza la verificación del proceso de conversión y las pruebas de post conversión.

La verificación del proceso de conversión consiste en:

- Verificación de la sujeción de los cilindros.
- Verificación del ajuste y aseguramiento de toda la línea de gas.
- Verificación del trazado de ruta y acople de las mangueras de calefacción.
- Verificación del trazado de ruta y acople de las mangueras de gasolina.
- Verificación de ajuste e instalación de los diferentes componentes, válvulas y regulador.
- Verificación del fácil acceso y buen accionamiento de las válvulas manuales del cilindro y del sistema de llenado.
- Verificación de la inexistencia de fugas de gas natural en el sistema.
- Verificación del funcionamiento eléctrico de la llave conmutadora.
- Verificación del funcionamiento correcto del variador de avance y emuladores.

Las pruebas de post conversión consisten en:

- Verificación de la velocidad de marcha mínima.
- Verificación del comportamiento en aceleración en vacío.
- Verificación del funcionamiento del sistema secundario de encendido.
- Verificación del comportamiento del avance.
- Prueba de ruta.
- Vehículos a inyección.

Los resultados de la evaluación de pre-conversión y post-conversión, deben registrarse en el formato de registro preestablecido por el taller de conversión, debidamente firmado por la persona que efectuó la evaluación y las instancias de revisión y aprobación que se definan, posteriormente deben ser archivados.

4.1.5 Requisitos de proveedores de equipos completos (PEC) para GNV

Se entiende por equipo completo para la conversión de automotores a gas natural vehicular al conjunto que involucra el cilindro, el dispositivo de sujeción y los componentes de conversión (kits).

Actualmente existen requisitos para registrarse como proveedor de equipos completos (PEC). A continuación se mencionan los principales:

- Los PEC para gas natural vehicular están sujetos a la inscripción al RPIN (Registro de Productos Industriales Nacionales).
- Será responsabilidad del PEC, todas las piezas del componente de conversión (kit), que deberán corresponder a un sólo fabricante o proveedor. El cilindro puede ser de un fabricante diferente.
- El PEC es responsable de presentar los certificados de conformidad de, por lo menos, el cilindro y el regulador de presión, para demostrar la conformidad con las normas técnicas correspondientes.
- El PEC deberá inscribir en la Dirección de Normas Técnicas y Supervisión Industrial todos los modelos y marcas de equipos completos a comercializar, para lo cual llenará el formato correspondiente. Esta información deberá ser presentada cada vez que se requiera comercializar una nueva marca y modelo.
- Posterior a la inscripción al RPIN y cada vez que el PEC requiera comercializar equipos completos deberá presentar a la Dirección de Normas Técnicas y Supervisión Industrial una solicitud firmada por el representante legal.

- El PEC deberá comunicar a la Dirección de Normas Técnicas y Supervisión Industrial la relación de talleres de conversión que se encuentran bajo su competencia.

Los certificados deberán cumplir con las condiciones siguientes:

- Para los cilindros, el certificado de conformidad debe estar acorde con los requisitos establecidos en la NTP 111.013.2004 “Cilindros de alta presión para almacenamiento de gas natural utilizado como combustible para vehículos automotores”.
- Para los reguladores el certificado de conformidad debe estar acorde con los requisitos establecidos en la NTP 111.014:2004, “Componentes del equipo de conversión para vehículos que funcionan con gas natural vehicular (GNV)”.
- Los certificados de tipo, lote o marca de conformidad, deberán ser expedidos por Organismos de Certificación autorizados por la Autoridad Administrativa o por Organismos de Certificación acreditados ante la autoridad Nacional de Acreditación.

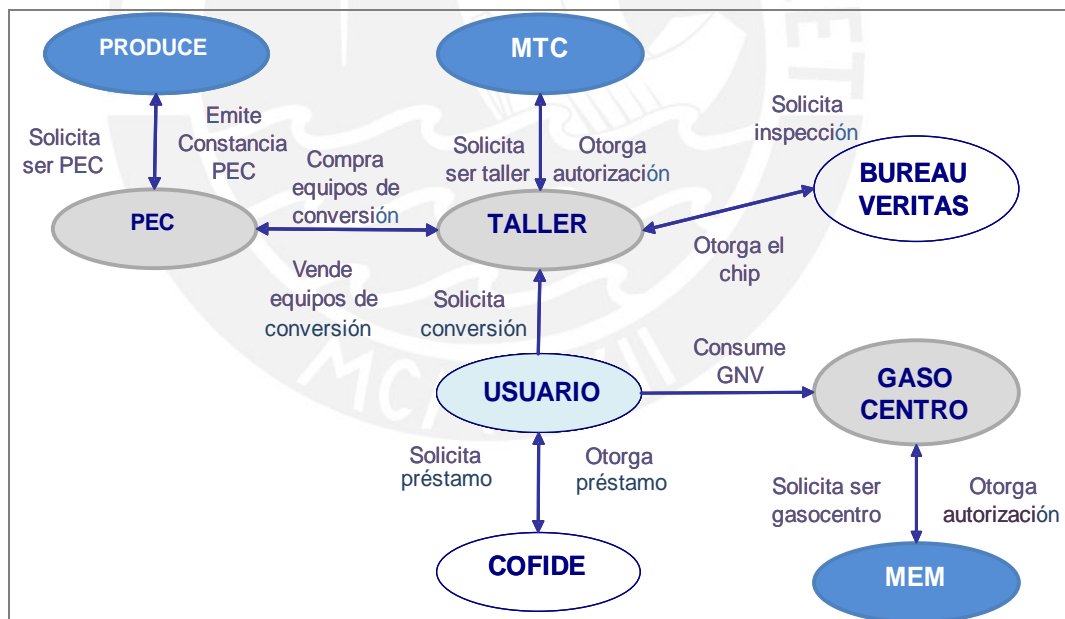


Figura 23: Esquema del gas natural vehicular
Fuente: PRODUCE – Ministerio de la Producción

A la fecha los principales proveedores de equipos de conversión son:

- MOTORES DIESEL ANDINOS S. A.
- INDUSTRIAS RICHTER S.A
- NOVATRANS S.R.L.
- ITALNORD MECÁNICA S.R.L.

- PERUANA DE GAS NATURAL S.A.C
- GNV PERÚ S.A.C.

4.1.6 Costo de inversión

El costo de inversión corresponde al costo de conversión del vehículo a GNV y está determinado por el tipo de vehículo, si es gasolinero o diesel y si el motor es carburado o inyectado.

El costo de conversión, el cual varía dependiendo del tipo de vehículo, comprende:

- El kit de conversión
- Cilindro (s) de almacenamiento de GNV
- Servicio de instalación en el taller de conversión (mano de obra)

La Tabla 32 muestra como se distribuye el costo de conversión por tipo de vehículo.

Tabla 32: Distribución de costos de conversión por tipo de vehículo

AUTOS CARBURADOS	TICOS	SW/SEDAN	CAMIONETAS
Kit de conversión	39%	35%	31%
Cilindro de almacenamiento	39%	47%	52%
Mano de Obra	22%	18%	17%
AUTOS INYECTADOS	MATIZ	SW/SEDAN	CAMIONETAS
Kit de conversión	46%	41%	37%
Cilindro de almacenamiento	35%	42%	48%
Mano de Obra	19%	17%	15%

Fuente: Conferencia Expo Perú GNV 2006 – Ponencia MODASA

La Tabla 33 muestra los costos estimados de conversión por tipo de vehículo.

Tabla 33: Costos estimados de conversión por tipo de vehículo

TIPO VEHÍCULO	USD
Vehículo Carburado	1,250
Vehículo Inyectado	1,500
Vehículo Diesel ²³	5,000 - 7000

Fuente: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular
Elaboración propia

²³ Motores 4 tiempos hasta 400 HP

4.1.7 Costos de operación

El costo de operación corresponde al costo de operación utilizando GNV en lugar del combustible tradicional; no se evaluará el impacto del mantenimiento y otros, a fin de concentrarse sólo en el GNV.

Los precios de los combustibles a diciembre de 2009, se muestran en la Tabla 34, donde se puede observar que, entre todos los combustibles, además del GNV el más económico es el GLP, ya que no tiene impuesto selectivo al consumo.

Tabla 34: Precios al consumidor de combustibles - a diciembre 2009

COMBUSTIBLE	S/. POR GALÓN	\$/ MMBTU
GLP	5.15	22.76
Gasolina 97 Oct.	13.62	38.91
Gasolina 95 Oct.	13.06	37.31
Gasolina 90 Oct.	9.92	28.34
Gasolina 84 Oct.	8.84	25.25
Diesel 2	9.38	23.92
GNV	4.44	12.69

Fuente: Ministerio de Energía y Minas y OSINERG
Elaboración propia

A diferencia del resto de combustibles, el gas natural vehicular (GNV) tiene una estructura de precios diferente por encontrarse en otra categoría (categoría tarifaria D), la cual es independientemente del consumo promedio mensual.

La estructura de su precio se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35: Estructura de precios del gas natural al 2008

TARIFAS	\$/MMBTU
Precio del gas en boca de pozo	0.80
Transporte a la red principal	1.02
Distribución red principal	0.22
Distribución otras redes	0.78
Total	2.82

Fuente: Memoria 2008 CALIDDA
Elaboración propia

El GNV tampoco tiene impuesto selectivo al consumo y cabe aclarar que hasta el valor de 3.43 S/. / MMBTU, el precio está regulado, pero puede llegar al consumidor a cualquier precio siempre y cuando sea competitivo. Actualmente, desde el 2008 el precio al consumidor del GNV se encuentra en 1.39 S/./m³, lo que equivale

aproximadamente a 4.44 S/. por galón, considerando que un galón de gasolina de 90 octanos equivale aproximadamente a 3.2 metros cúbicos²⁴.

Considerando este valor en el precio del GNV, la Tabla 36 muestra el ahorro que genera el uso del gas natural vehicular frente al uso de los demás combustibles, donde se observa que este ahorro corresponde al 54% en promedio.

Tabla 36: Ahorro de precios del gas natural frente a otros combustibles

COMBUSTIBLE	S/. POR GALÓN	AHORRO SOLES	%
GLP	5.15	0.71	14%
Gasolina 97 Oct.	13.62	9.18	67%
Gasolina 95 Oct.	13.06	8.62	66%
Gasolina 90 Oct.	9.92	5.48	55%
Gasolina 84 Oct.	8.84	4.40	50%
Diesel 2	9.38	4.94	53%

Fuente: Ministerio de Energía y Minas y OSINERG
Elaboración Propia

La Tabla 37 muestra el ahorro que genera el uso de GNV frente a la gasolina de 90 Octanos, considerando los siguientes parámetros:

- Precio de gasolina de 90 Octanos: 9.92 S/. / Galón
- Precio del GNV: 4.44 S/. / Galón
- Rendimiento promedio: 40 Km/Galón²⁵

Tabla 37: Ahorro anual por conversión a GNV respecto a la gasolina de 90

KILÓMETROS RECORRIDOS POR MES	GASTO GASOLINA 90 (S/.)	GASTO GNV (S/.)	AHORRO MENSUAL (S/.)	AHORRO ANUAL (S/.)
1,000	248	111	137	1,643
2,000	496	222	274	3,287
3,000	744	333	411	4,930
4,000	992	444	548	6,573
5,000	1,240	555	685	8,216

Fuente: Ministerio de Energía y Minas y OSINERG
Elaboración propia

Debido al costo inferior del gas natural en el mercado, su utilización genera un ahorro económico significativo.

²⁴ OSINERG

²⁵ Presentación MODASA – Expo GNV Perú 2006

4.1.8 Programa de financiamiento de conversión a GNV

Con el propósito de atender la masificación del proceso de conversión a gas natural de los diferentes usuarios, COFIDE ha diseñado el Programa de Financiamiento de Conversión a Gas Natural COFIGAS.

El producto financiero estructurado por COFIDE, financia el proceso de conversión a GNV de unidades vehiculares livianas (taxis y autos particulares), unidades de transporte público (buses) y de transporte pesado, asegurando así una mayor eficiencia e incremento del ingreso disponible de los usuarios vehiculares por el ahorro generado, el mismo que puede llegar hasta 60% del consumo actual.

A continuación se listan algunas de las principales características del programa:

- Tasa Efectiva Anual (TEA) 15.25% para taxistas
- Tasa Efectiva Anual (TEA) entre 20% y 24% para particulares
- Plazos para pagar desde 24 hasta 36 meses
- Forma de pago, al momento de realizar el llenado del tanque del vehículo a través del sistema de carga inteligente.

Considerando un costo de conversión a GNV de S/. 4,500 nuevos soles, una TEA de 20% y un plazo para pagar de 24 meses, la Tabla 38 muestra el valor de la cuota mensual y el interés generado.

Tabla 38: Financiamiento de una conversión a GNV

MES	VALOR CUOTA	INTERES	MES	VALOR CUOTA	INTERES
1	230.47	68.89	13	230.47	37.58
2	230.47	66.5	14	230.47	34.7
3	230.47	64.06	15	230.47	31.78
4	230.47	61.59	16	230.47	28.82
5	230.47	59.08	17	230.47	25.8
6	230.47	56.53	18	230.47	22.75
7	230.47	53.95	19	230.47	19.64
8	230.47	51.32	20	230.47	16.49
9	230.47	48.66	21	230.47	13.29
10	230.47	45.95	22	230.47	10.05
11	230.47	43.2	23	230.47	6.75
12	230.47	40.41	24	230.47	3.4

Fuente: Caja Metropolitana de Lima
Elaboración propia

Como indica la Tabla 39, el valor de la cuota mensual para este caso asciende a S/. 230.47 y de acuerdo a la información de la Tabla 37, el ahorro mensual que genera un vehículo a GNV (con un recorrido de 2,000 km por mes), respecto a la gasolina de 90, es mayor al valor de la cuota, (274 Nuevos Soles) por lo que el financiamiento es conveniente, para aquellos vehículos que recorren más de 2,000 km.

Un aspecto muy importante del programa de financiamiento es la tecnología implementada para la cobranza, la cual consiste en que cada vez que un cliente acuda a una estación de servicio para abastecerse de gas, automáticamente amortizará su crédito sin necesidad de acercarse a una de las agencias a realizar el pago; esta tecnología opera de la siguiente manera:

- El vehículo convertido cuenta con un microchip instalado y este es conectado al surtidor al momento de la carga de gas.
- El cliente amortiza su crédito cada vez que recarga gas.
- Los gasocentros cuentan con surtidores electrónicos que leen este microchip y automáticamente realizan el recargo programado en él.
- De esta manera el gasocentro se convierte en un agente recaudador.
- Una vez realizada la recaudación, ésta es remitida a la entidad que otorgó el financiamiento.
- Una vez recibida la recaudación se amortiza las obligaciones de los clientes.
- El porcentaje de recaudo puede variar dependiendo del recorrido del cliente y actualmente se han definido grupos con recorridos muy parecidos para que tengan recaudos similares.

4.2 Análisis técnico y económico para la implementación de estaciones de servicio

El 04 de febrero de 2005 se publicó el reglamento para instalar y operar establecimientos de venta al público de GNV, aprobado mediante D.S. N° 006-2005 EM. Esta norma incluye un sistema de carga Inteligente que facilita la conversión de los vehículos mediante un novedoso sistema de financiamiento y el control del cumplimiento de las normas de seguridad en el uso de este nuevo combustible vehicular.

Posteriormente se instaló el Consejo Supervisor del GNV con participación de representantes de los tres ministerios involucrados:

- Ministerio de la Producción
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- Ministerio de Energía y Minas

Las estaciones de servicio de GNV al igual que las estaciones de servicio tradicionales que abastecen gasolina, petróleo o diesel, están diseñadas para abastecer de gas natural, a los vehículos que hayan sido convertidos al sistema bi-fuel o dual-fuel. El gas natural utilizado se transporta mediante una red de acero en la cual la presión varía de acuerdo a la ubicación de la estación de servicio, es así que pueden oscilar entre 5 bar y 50 bar.

En las estaciones de servicio, mediante el uso de un compresor, el gas es comprimido a 240 bar (3600 psi) en cilindros de almacenamiento y desde allí a través de un surtidor se llena el cilindro de los vehículos con una presión de hasta 200 bar (3000 psi).

4.2.1 Componentes de una Estación de Servicio

La Figura 24 muestra los principales componentes de una estación de servicio.

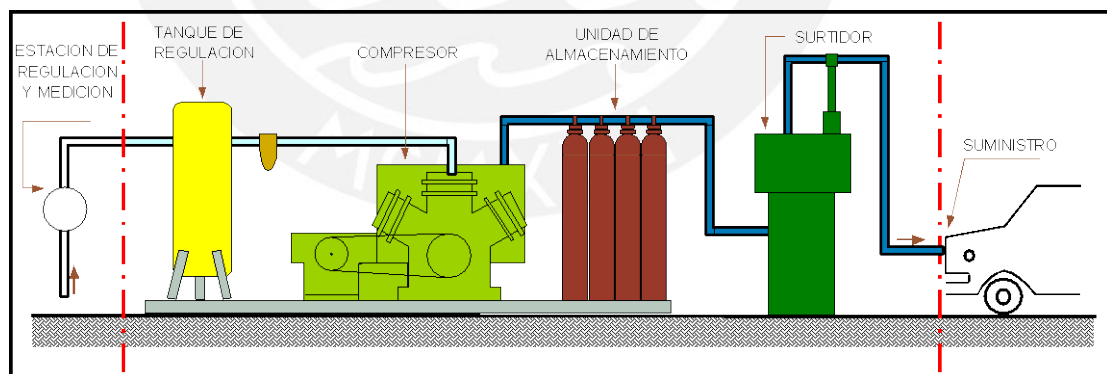


Figura 24: Componentes de una estación de servicio
Fuente: Conferencia Expo Perú GNV 2006 - Ponencia Calidda

A continuación se detalla los componentes principales de una estación de servicio:

- **Estación de regulación y medición**, que forma parte de la acometida. Está construida al nivel del piso y su función es regular la presión que está ingresando hacia el compresor, para evitar que la conexión afecte la red de distribución generando fenómenos de contra presión o vacío, es decir realiza una protección contra incrementos súbitos de presiones. Su interior está considerado como zona

de riesgo, cuenta con un sensor para casos de fuga de gases, además cuenta con un sistema de medición. Los elementos de la estación de regulación y medición varían de acuerdo con las presiones de suministro del gas.

- **Tanque de regulación**, el cual tiene como función general, minimizar los cambios de presión del gas en la línea de entrada, durante la aspiración del compresor y recuperar el gas de los cilindros y compresores cuando se detiene la máquina. De esta forma, el gas residual que queda en la tubería de los compresores, no fluye a la atmósfera.
- **Compresores**, equipos utilizados para comprimir y elevar la presión de entrada en la estación de servicio hasta 200 ó 250 bar. Existen compresores alternativos refrigerados por aire de tres, cuatro o cinco etapas, según la presión disponible del gas y de suministro. Estos compresores son accionados por motores eléctricos o a gas que se controlan automáticamente por medio de un interruptor de presión que controla las paradas y arrancadas de acuerdo con la demanda. Los compresores están comandados por un tablero de control, diseñado bajo un esquema eléctrico y de control automático, de tal manera que los interruptores de arranque y parada envían la señal para iniciar o terminar los ciclos.
- **Unidad de almacenamiento**, la unidad de almacenamiento está conformada por baterías de cilindros o tanques. Las baterías de cilindros son los encargados de recibir el gas que entra a una presión de 250 bar. (3675 psi), el gas es conducido por tubería de acero para alta presión. La unidad de almacenamiento tiene a cargo el suministro del gas a los surtidores en las islas por medio de tuberías que están conectadas a las baterías que forman parte de los surtidores. Las baterías de almacenamiento están compuesta por cilindros de acero, montados sobre un bastidor de acero, con válvulas individuales, válvula esférica manual de bloqueo general de salida, válvulas de exceso de flujo, válvula de seguridad por sobre presión y tuberías de interconexión en acero inoxidable.
- **Islas**, que se ubican longitudinalmente o paralelas según lo requiera el análisis de tráfico vehicular. Las islas se construyen sobre plataformas de hormigón armado de acuerdo a la Normas Técnicas Peruana 111.019:2004
- **Surtidores**, los cuales son los encargados de suministrar el gas regulado a los vehículos convertidos al GNV, con una presión máxima de suministro de 200 bar (3000 psi). La presión de llenado de los vehículos está limitada por una válvula

reguladora de presión de llenado calibrada a 200 bar. Las mangueras operan con una presión nominal de 200 bar (3000 psi).

- **Bunker**, el cual debe cumplir las características que exige la NTP 111.019, normalmente son construidos de concreto pero existen opciones de compresores que permiten obviar este ítem, de ser el caso de estar encasetados.
- **Obras electromecánicas**, son las que comprenden la instalación de las tuberías de gas y conexiones eléctricas.

La instalación y operación de los establecimientos de GNV, se realiza de acuerdo a lo dispuesto por el reglamento D.S. 006-2005-EM para la instalación y operación de Establecimientos de Venta al público de GNV, la Norma Técnica NTP 111.019, sobre las estaciones de servicio para venta al público de GNV y Normas Técnicas Internacionales. Asimismo es necesaria la aprobación de OSINERG, para poder instalar equipos y accesorios de GNV.

A continuación se listan los principales aspectos que tiene en cuenta la Norma Técnica 111.019, sobre las estaciones de servicio, el detalle se puede visualizar en el anexo III:

- Área del terreno y radio de giro
- Distancias mínimas exigidas.
- Angulo de acceso, para la entrada y salida a los establecimientos.
- Construcción.
- Material de construcción, el cual debe ser incombustible.
- Distribución y distancia entre islas
- Patio de maniobras
- Compresor y batería de cilindros de almacenamiento
- Sardinela de protección
- Distancia de líneas eléctricas a puntos e emanación de gases
- Instalaciones eléctricas
- Ubicación del tablero eléctrico
- Revisiones de las instalaciones eléctricas
- Interruptores de instalaciones eléctricas
- Techo de islas
- Sistema detector de gases
- Detección de fugas

Asimismo se deben realizar pruebas del sistema en su conjunto:

- Realizando operaciones de carga en cilindros de prueba, para calibrar a 200 bar la presión de suministro del dispensador.
- Calibración del presostato del dispensador.
- Verificación de accionamiento de sensores de fuga de gases, paradas de emergencia.
- Las pruebas se repiten, mínimo tres veces.

Los equipos y accesorios para la venta al público de GNV deben ser nuevos y certificados por organismos de certificación acreditados ante INDECOPI o autorizados por el Ministerio de la Producción. Tratándose de equipos y accesorios importados se reconocerá la validez de los certificados emitidos por organismos de certificación autorizados por la autoridad administrativa o por organismos de certificación acreditados ante la autoridad nacional de acreditación, del país de fabricación del producto u otro país. Una vez internados en el país, los equipos y accesorios para la venta al público de GNV podrán ser reubicados en otra localización, previa certificación.

4.2.2 Regulación y seguridad

Para mantener la seguridad en las estaciones de servicio es necesario cumplir los Reglamentos y Normas Técnicas vigentes, capacitar y entrenar al personal y realizar mantenimiento a las instalaciones por personal especializado y registrado en OSINERG.

A continuación se listan las principales medidas de seguridad que se deben tener en cuenta en las estaciones de servicio de GNV:

- Está prohibido el estacionamiento diurno y nocturno, debiendo colocarse letreros indicando esta prohibición. Sólo podrán permanecer estacionados dentro de los límites del establecimiento los vehículos que se encuentren en proceso de compra de GNV.
- En establecimientos de venta al público de GNV ubicados en carreteras se permitirá estacionar vehículos de carga con una persona a cargo, siempre que no obstruyan las labores del establecimiento.
- El personal debe estar entrenado en el uso de extintores, en prácticas contra incendio y en la ejecución de planes de contingencias. Dicho entrenamiento debe efectuarse cuando menos dos (2) veces al año.

- La estación debe estar dirigido por personal especializado.
- Se debe llevar un control del entrenamiento y prácticas del personal.
- Está prohibido expender GNV, a vehículos con el motor en funcionamiento, a vehículos que transporten materiales peligrosos en recipientes portátiles, a vehículos que no están aptos en el sistema de control de carga.
- Durante el despacho de GNV a un vehículo, no puede permanecer ninguna persona en el interior o a bordo del mismo.
- En el recinto de compresión, cilindros y dispensadores se debe grabar la frase: "GNV COMBUSTIBLE, NO FUMAR" y "APAGUE SU CELULAR".
- Deberán instalar cerca a los puntos de emanación de gases, letreros de seguridad indicando: "NO FUMAR", "APAGUE SU MOTOR", "APAGUE EQUIPOS ELÉCTRICOS", "NO HACER FUEGO ABIERTO" y "APAGUE SU CELULAR".
- Se debe tener planificado un sistema de protección contra incendios.
- De ser el caso, se deben considerar las circunstancias relacionadas con la exposición de fugas e incendios a otros predios y las facilidades de acceso e intervención del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú.
- Deben tener un sistema detector continuo de gases, con un mínimo de tres (3) detectores, en la estación de regulación y medición, en la zona del recinto de compresión y almacenamiento de GNV.
- En la zona de Islas de GNV, se debe realizar un calibrado periódicamente para detectar en el ambiente y medir al cien por ciento (100%) el límite inferior de "explosividad". Estos detectores deben accionar un sistema de alarma cuando detecte el veinticinco por ciento (25%) del límite inferior de "explosividad".
- Se debe colocar letreros que prohíban, producir fuego abierto a menos de 50 metros, fumar, el uso de cualquier tipo de lámpara de mano que no sean apropiadas para atmósferas de gas inflamable y la circulación de vehículos de combustión interna, cuyos tubos de escape estén perforados o deteriorados o desprovistos de "matachispas" o silenciadores.
- Para la detección de fugas, se procederá a identificar el lugar donde se está produciendo y se cursará en las siguientes veinticuatro (24) horas comunicación del hecho a OSINERG con copia a la DGH o DREM según corresponda, independientemente del volumen involucrado.
- Si no se puede detectar la fuga, el establecimiento de venta al público de GNV no podrá operar y se suspenderá el Registro hasta que se detecte y corrija la causa de la fuga.

- Mantener vigente una Póliza de Seguro de Responsabilidad Civil Extracontractual que cubra los daños a los bienes e integridad personal de terceros generados por accidentes que pudieran ocurrir.
- Instalar extintores tipo ABC de acuerdo a lo establecido en las NTP 111.019, en lugares de fácil acceso de tal manera que no se tenga que recorrer más de quince metros (15 m) para su disponibilidad.
- Los servicios de vulcanizado deben estar a más de diez metros (10 m) de los puntos de emanación de gases, medidos en forma horizontal.

4.2.3 Costo de inversión

El costo de inversión para una estación de servicio puede variar aproximadamente entre los \$ 350,000 y \$ 500,000 dólares.

La Tabla 39 muestra los costos de inversión estimados de una estación de servicio.

Tabla 39: Costos estimados de inversión de una estación de servicio a GNV

COMPONENTE	INVERSIÓN USD
Equipos	201,250
Obras electromagnéticas	45,000
Obras civiles	50,000
Estudios	7,000
Permisos municipales	5,000
Otros	45,000
Inversión total	353,250
IGV	67,118
Monto Total	420,368

Fuente: Presentación MODASA - Expo Perú GNV 2006

4.2.4 Costos de operación y margen bruto de una estación de servicio

Considerando que el costo del GNV para las estaciones de servicio es de 0.10 dólares por metro cúbico²⁶, la Figura 25 muestra el margen bruto por cada metro cúbico en una estación de servicio regular, en un periodo de 10 meses desde su implementación.

En la misma Figura 25 también se visualizan los gastos operativos.

²⁶ Memoria 2008 Calidda

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Proyección de venta m3	600,000	1,200,000	1,800,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000
Venta USD	278,000	556,000	834,000	1,112,000	1,112,000	1,112,000	1,112,000	1,112,000	1,112,000	1,112,000
Costo de Venta USD	61,818	123,636	185,455	247,273	247,273	247,273	247,273	247,273	247,273	247,273
Margen Bruto	216,182	432,364	648,545	864,727	864,727	864,727	864,727	864,727	864,727	864,727
%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%
Gastos Operativos										
Energía eléctrica	20,593	23,970	27,347	30,724	30,724	30,724	30,724	30,724	30,724	30,724
Mantenimiento	1,530	3,060	4,590	6,120	6,120	6,120	6,120	6,120	6,120	6,120
Administrador	16,875	16,875	16,875	16,875	16,875	16,875	16,875	16,875	16,875	16,875
Supervisores	28,125	28,125	28,125	28,125	28,125	28,125	28,125	28,125	28,125	28,125
Isleros	18,000	18,000	27,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
Otros	17,025	18,006	20,787	23,569	23,569	23,569	23,569	23,569	23,569	23,569
Total Gastos Operativos	102,148	108,036	124,724	141,413	141,413	141,413	141,413	141,413	141,413	141,413
Gastos Marketing	7,094	14,188	21,282	28,376	28,376	28,376	28,376	28,376	28,376	28,376
Gastos Financieros										
Total Gastos	109,242	122,224	146,006	169,789	169,789	169,789	169,789	169,789	169,789	169,789
Depreciación	29,625	29,625	29,625	29,625	29,625	29,625	29,625	29,625	29,625	29,625
Gastos antes de impuestos	138,867	151,849	175,631	199,414	199,414	199,414	199,414	199,414	199,414	199,414
Ingresos antes de impuestos	77,315	280,515	472,914	665,313	665,313	665,313	665,313	665,313	665,313	665,313
	28%	50%	57%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%

Figura 25: Margen bruto de la operación de una estación de servicio
Fuente: Conferencia Expo Perú GNV 2006 - Ponencia MODASA

4.3 Sistema de control de carga GNV

El uso del GNV implica la utilización del sistema de carga inteligente que se utiliza en el país para abastecer a los automóviles de gas natural.

El sistema de control de carga es un sistema de base de datos centralizado que permite brindar información fidedigna a la entidad competente con la finalidad de permitir o no el despacho de gas natural en los vehículos a través de las estaciones de servicio, en función de la información asociada a un componente denominado dispositivo identificador (chip identificador) instalado en el vehículo el cual permite evitar la informalidad.

A fin de implementar el sistema de control de carga se creó el Consejo Supervisor Integrado por tres representantes del Ministerio de Transportes, Ministerio de la Producción y Ministerio de Energía y Minas.

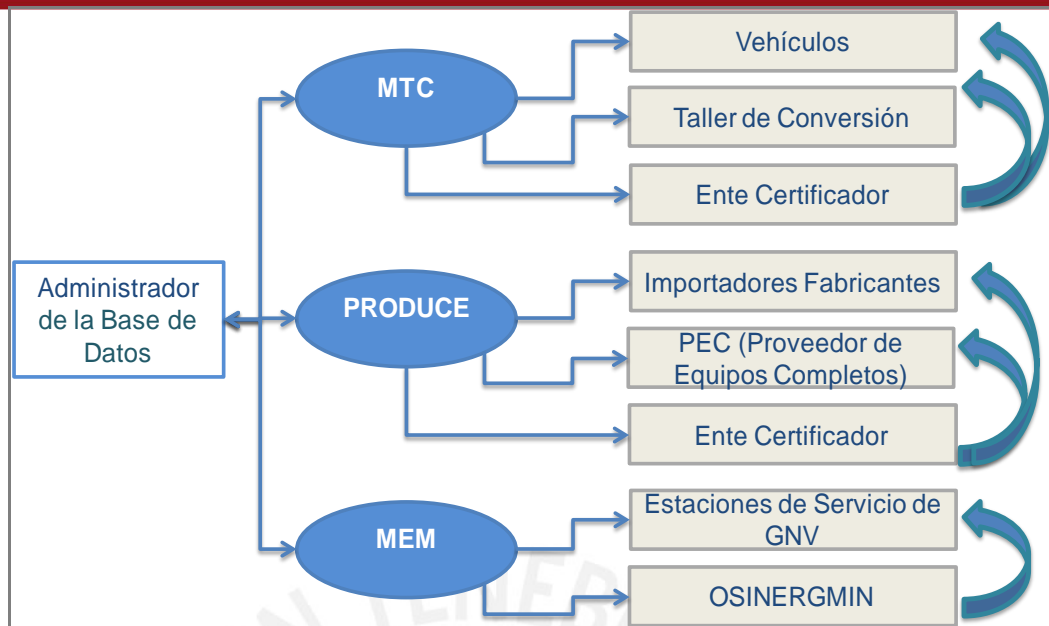


Figura 26: Sistema de control de carga

Fuente: Seminario Desarrollo del Gas Natural en el Perú - OSINERGMIN

El chip identificador instalado en el vehículo contiene la siguiente información:

- Datos generales del vehículo.
- Datos del equipo completo de conversión instalado en el vehículo.
- Conversión en un taller de montaje autorizado por la Entidad Competente.
- Valida las revisiones anuales del equipo completo de conversión.
- Permite la trazabilidad de los componentes del equipo completo de conversión.
- Provee información para aplicaciones comerciales.

De esta manera no sólo mantiene vigente las revisiones técnicas correspondientes si no también garantiza la seguridad de los usuarios y el sistema. El certificador registra el chip en el sistema, evalúa la información y habilita el chip.

Para homologar un vehículo para que pueda cargar GNV se sigue el siguiente proceso, en el taller donde realizó la conversión, el certificador que será designado por el ente de fiscalización, verificará que el vehículo fue convertido a GNV en un taller registrado en la entidad competente, asimismo verificará que los equipos completos de conversión incluyendo los cilindros instalados fueron registrados en el ente competente y que el montaje de los equipos fue realizado de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas. Cumplidos los pasos anteriores se procede a instalar un microchip en el vehículo cerca a la boca de carga de GNV, este microchip tendrá almacenado sus datos y número de registro y procederá a ingresar al registro de la base de datos del sistema centralizado.

A su vez todas las estaciones de servicios tendrán instalado el hardware y software que permita la comunicación de su computadora con los surtidores de GNV y con la base de datos. Cuando llega un vehículo a cargar GNV, la persona que atiende en la isla, debe conectar tanto el pico de carga como el lector del microchip, para permitir identificar el vehículo de manera que la computadora lo ubica en la base de datos, si el vehículo se encuentra en la base de datos por estar homologado, le permitirá accionar la válvula para inicio de la carga, caso contrario no le permitirá cargar.

Con fecha 4 de Octubre de 2005, se publicó en el diario oficial El Peruano, la Resolución del Consejo Supervisor N° 001-2005-CS/GNV por la cual se acordó nombrar a COFIDE como administrador del sistema de control de carga de GNV por un período de diez años, encargo que operará a través de un contrato de fideicomiso. El sistema de control de carga inteligente de GNV se implementó con éxito el día 6 de diciembre de 2005, confirmándose de esta manera que se inició en el año 2005 la era del GNV en el Perú.

4.4 Análisis técnico para la implementación de talleres de conversión

Los talleres de conversión son los establecimientos autorizados por el MTC para realizar conversiones a GNV, con personal técnico capacitado, instalaciones, equipos y herramientas para la instalación, mantenimiento y reparación de los equipos de conversión.

4.4.1 Requisitos de los talleres de conversión

Los requisitos para solicitar autorización son:

- Acreditar personería jurídica.
- Convenio con un PEC (suministro kits, soporte técnico y capacitación).
- Personal técnico capacitado por el PEC.
- Certificado de inspección del taller emitido por la entidad certificadora de conversiones, que incluye la verificación de infraestructura y equipamiento.
- Infraestructura: mínimo 120 m² con zona de inspección de 80 m².
- Equipamiento: equipo de ensayo neumático de 10 MPa (100 bar), manómetros calibrados de alta presión (10 MPa) y de presión regulada (baja presión), manómetros patrones para controlar los manómetros calibrados, extintores tipo

ABC (100 grs. por m² de área de taller), herramientas de taller (torquímetros, juegos completo de llaves combinadas, tipo dado y allen, taladros, amoladores, tacómetro portátil, gata o equipo hidráulico, multitester, etc.).

- Póliza de seguro de responsabilidad civil extracontractual (200 UIT).

4.4.2 Obligaciones de los talleres de conversión

La conversión del sistema de combustión a GNV, es la principal obligación del taller, e involucra lo siguiente:

- Almacenar adecuadamente los kits de conversión.
- Pre-inspección (analizar la conveniencia de la conversión).
- Conversión del sistema de combustión del vehículo a GNV (Instalar kit nuevo suministrado por el PEC).
- Realizar la carga de prueba de GNV al vehículo convertido usando el chip del taller.
- Aprobación de la Conversión (Entidad Certificadora de Conversiones).
- Entregar el manual del usuario, certificado de garantía y llevar registros.

También es obligación del taller la reparación del sistema de combustión a GNV, para ello debe realizar las siguientes acciones:

- Pre-inspección (verificar fugas, válvulas deterioradas, etc.).
- Reparación del vehículo.
- Aprobación de la reparación. (Entidad Certificadora de Conversiones).
- Llevar registros.

Asimismo es obligación de taller renovar póliza y certificación anual del taller. La autorización puede caducar por:

- No mantener vigente la póliza de seguros.
- No mantener las condiciones o requisitos que motivaron el otorgamiento de la autorización inicial.
- No presentar a la DGCT el certificado de inspección anual de taller.
- Cuando se determine que más del 20% de las conversiones mensuales realizadas no cumplen los requisitos técnicos exigidos.
- Por usar el chip de prueba suministrado por la Entidad Certificadora de Conversiones con otro fin que no sea realizar la primera carga al vehículo convertido al sistema de combustión a GNV.

4.4.3 Certificación de conversiones y talleres

Los talleres de conversión deben estar certificados, caso contrario no podrán realizar las conversiones.

Las entidades certificadoras deben verificar para el caso de los talleres de conversión:

- Planta física.
- Equipos y herramientas.
- Idoneidad del personal.
- Calidad de equipos y accesorios.
- Documentación y registros

Y para los vehículos convertidos a GNV:

- Identificación del vehículo
- Identificación de componentes
- Equipos aprobados
- Correcta instalación
- Requisitos técnicos
- Sistemas de seguridad obligatorios
- Requisitos documentales
- Pruebas de Sistemas de seguridad, cierre de válvulas, Funcionamiento y Hermeticidad de la instalación.
- Ingreso de datos, grabación chip y transmisión de datos.

Las principales certificadoras son:

- BUREAU VERITAS
- INSTITUTO DEL GAS ARGENTINO
- DET NORSKE VERITAS

CAPÍTULO 5: IMPACTOS AMBIENTALES Y ECONÓMICOS

La conversión gradual del parque automotor de Lima y Callao hacia un combustible más limpio y económico como el GNV, sin duda tiene un impacto positivo tanto ambiental como económico, ya que el gas natural es más barato que el resto de combustibles y es más limpio.

5.1 Reducción de emisiones por conversión de vehículos a GNV

Considerando las 384,362 unidades de vehículos estimadas que se habrán convertido a GNV a finales del 2020 y conociendo los perfiles de emisión de cada combustible que genera un vehículo por kilómetro de operación, a continuación se estimará la reducción de dichas emisiones por el cambio de combustible de Gasolina de 90 octanos, la cual para efectos del estudio se considera la más representativa del mercado, a GNV.

La Tabla 40 muestra el rango de kilómetros mínimo y máximo que recorre un taxi (independiente o de empresa) y un vehículo particular²⁷, los cuales se deben tener en cuenta para el cálculo de las emisiones con cada combustible; los datos tienen un confiabilidad del 95%.

Tabla 40: Estimación de kilómetros recorridos por día según tipo de uso

DESCRIPCIÓN	Min Km/día	Max Km/día
Taxis	250	300
Veh. Particulares	25	35

Fuente: Taxi Seguro
Elaboración propia

La Tabla 41 muestra la cantidad de emisiones por vehículo a gas natural y gasolina de 90 octanos, por kilómetro de operación.

²⁷ Información según los directivos de la Empresa Taxi Seguro

Tabla 41: Perfil de emisiones – Kg./Km de operación de un vehículo

TIPO USO	CLASE EMISIÓN	GASOLINA 90		GAS NATURAL	
		Mínimo Emisiones	Máximo Emisiones	Mínimo Emisiones	Máximo Emisiones
Taxis	Dióxido de Carbono, fósil	45.13213	49.88288	35.25798	38.96935
	Monóxido de Carbono, fósil	0.2337	0.2583	0.106044	0.117206
	Metano, fósil	0.001287	0.001423	0.010709	0.011836
	Óxidos de Nitrógeno	0.012184	0.013466	0.004903	0.005419
	Partículas, < 2.5 um	0.002014	0.002226	0.00175	0.001934
	Partículas, > 10 um	0.018543	0.020495	0.018525	0.020475
	Partículas, > 2.5 um, y < 10um	0.003218	0.003556	0.003183	0.003518
Vehículos privados	Dióxido de Carbono, fósil	4.513213	4.988288	3.525798	3.896935
	Monóxido de Carbono, fósil	0.02337	0.02583	0.010604	0.011721
	Metano, fósil	0.000129	0.000142	0.001071	0.001184
	Óxidos de Nitrógeno	0.001218	0.001347	0.00049	0.000542
	Partículas, < 2.5 um	0.000201	0.000223	0.000175	0.000193
	Partículas, > 10 um	0.001854	0.002049	0.001853	0.002048
	Partículas, > 2.5 um, y < 10um	0.000322	0.000356	0.000318	0.000352

Fuente: ECOINVENT

Elaboración propia

Para poder comparar la diferencia de emisiones GEI del total de vehículos convertidos a GNV, con las emisiones GEI que habrían producido estas unidades si no se hubiesen convertido, es necesario transformar las emisiones de los gases de efecto invernadero más representativos a tonelada de CO₂ equivalente.

La Tabla 42 muestra la caracterización de los principales GEI, de acuerdo a la metodología IPCC.

Tabla 42: GEI más representativos - equivalencia en CO₂ equivalente

GAS DE EFECTO INVERNADERO	SÍMBOLO	Kg CO ₂ eq./Kg
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Monóxido de Carbono	CO	1.57
Óxido Nitroso	N ₂ O	298
Metano	CH ₄	25

Fuente: Estudio de Análisis de Ciclo de Vida de Biocombustibles - PUCP

De acuerdo a la información de la Tabla 42 y considerando 26 días de operación por mes, la Tabla 43 muestra la estimación de la reducción de emisiones del total de vehículos convertidos por año.

Tabla 43: Estimación de ahorro de emisiones GEI por año

AÑO	CANTIDAD VEHÍCULOS CONVERTIDOS	AHORRO EMISIONES MÍNIMO	AHORRO EMISIONES MÁXIMO
		t CO ₂ Equivalente	
2011	137,081	394,665	476,842
2012	164,557	473,769	572,417
2013	192,033	552,873	667,992
2014	219,508	631,977	763,323
2015	246,984	711,081	858,654
2016	274,460	790,185	953,985
2017	301,935	869,289	1,049,316
2018	329,411	948,393	1,144,647
2019	356,887	1,027,497	1,239,978
2020	384,362	1,106,601	1,335,309
Total		7,506,330	9,062,462

Elaboración propia

En el anexo I se puede ver el detalle del cálculo realizado, para la obtención de los resultados de la Tabla 43.

5.2 Mercado de bonos de carbono

Los bonos de carbono son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente y es uno de los mecanismos propuestos en el Protocolo de Kyoto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o efecto invernadero.

El sistema ofrece incentivos económicos a quienes contribuyan a la mejora de la calidad ambiental, considerando el derecho a emitir CO₂ como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado.

Las reducciones de emisiones de GEI se miden en toneladas de CO₂ equivalente y se traducen en Certificados de Emisiones Reducidas (CER); un CER equivale a una tonelada de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera y puede ser vendido en el mercado de carbono a países industrializados.

El mercado de carbono surge en el mundo como una vía complementaria, alternativa y económicamente viable al compromiso asumido por países, empresas e individuos, para disminuir las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero (GEI) y puede estar dentro del cumplimiento y la observancia de las prerrogativas del Protocolo de Kyoto o puede estar dentro del mercado voluntario, el cual no es jurídicamente vinculante, pero que se ha desarrollado como respuesta a aquéllos que están interesados en convertirse en carbón neutral.

Este mecanismo representa para Perú una oportunidad de generar recursos adicionales para el desarrollo del país a través de la reducción de emisiones de toneladas de CO₂ equivalentes por el cambio de combustible a gas natural.

En la actualidad no existe una metodología para la reducción de emisiones certificadas en transporte, pero esta se encuentra en desarrollo.

La Tabla 44 muestra el beneficio económico de la reducción de emisiones de toneladas de CO₂ equivalente por año, considerando los precios estimados de la tonelada de carbono hasta el 2012 según POINT CARBON²⁸ y un promedio estimado para el resto de años hasta el 2020.

Tabla 44: Beneficio económico estimado por reducción de emisiones GEI por año

AÑO	VALOR EMISIONES S/. (MÍNIMO)	VALOR EMISIONES S/. (MÁXIMO)
2011	18,617,330	22,493,816
2012	22,279,712	26,918,775
2013	27,318,971	33,007,305
2014	33,118,665	40,001,823
2015	39,520,573	47,722,400
2016	46,576,360	56,231,318
2017	54,341,743	65,595,742
2018	62,876,786	75,888,079
2019	72,246,228	87,186,371
2020	82,519,824	99,574,706
Total	459,416,194	554,620,334

Elaboración propia

En el anexo II se puede ver el detalle del cálculo realizado para la obtención de los resultados de la Tabla 44.

²⁸ Disponible en <<https://www.pointcarbon.com/>>

5.3 Ahorro generado por cambio de combustible a GNV

De acuerdo a la estimación realizada en el capítulo 3, donde se observa la cantidad de vehículos convertidos a GNV por año, a continuación se procederá a estimar el ahorro por el cambio de combustible de gasolina de 90 a gas natural.

Para ello se tomará en consideración la información de la Tabla 43 donde se muestra la cantidad de kilómetros recorridos según el tipo de uso de un vehículo y de la Tabla 45 que muestra la información necesaria para la estimación de los ahorros.

Tabla 45: Información necesaria para estimación de ahorros

DESCRIPCIÓN	DETALLE	UNIDAD
Cantidad de Vehículos a convertir x año	27,476	unidades
Precio Gas Natural	4.44	S/. / Galón
Precio Gasolina 90	9.92	S/. / Galón
Rendimiento promedio	40	Km. / Galón

Elaboración propia

La Tabla 46 muestra el ahorro estimado hasta el 2020, por cambio de combustible; los cálculos por año están ajustados por el tipo de cambio e inflación.

Tabla 46: Ahorro anual estimado por cambio de combustible a GNV

AÑO	CANTIDAD DE VEHICULOS CONVERTIDOS (ACUMULADO)	AHORRO MÍNIMO (S/.)	AHORRO MÁXIMO (S/.)
2011	137,081	1,342,589,829	1,622,142,780
2012	164,557	1,792,672,166	2,165,940,891
2013	192,033	2,312,457,235	2,793,955,180
2014	219,508	2,912,906,943	3,519,430,032
2015	246,984	3,601,972,983	4,351,972,837
2016	274,460	4,388,310,978	5,302,041,483
2017	301,935	5,281,339,495	6,381,015,664
2018	329,411	6,291,303,824	7,601,273,935
2019	356,887	7,429,344,923	8,976,277,016
2020	384,362	8,707,573,910	10,520,657,793
Total		44,060,472,286	53,234,707,611

Elaboración propia

En el anexo III se puede ver el detalle del cálculo realizado, para la obtención de los resultados de la Tabla 46.

5.4 Costo de conversión de vehículos a GNV

De acuerdo a los resultados del análisis de regresión para la estimación de los vehículos convertidos a GNV al 2020, se estima que existen 303,333 unidades de vehículos que se convertirán en el periodo del 2010 al 2020. Asimismo de acuerdo a la información de la Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular (CPGNV), el 76% de las conversiones realizadas se realiza con financiamiento mientras que el 24%, sin financiamiento.

La Figura 27 muestra la proporción de los vehículos convertidos a GNV con y sin financiamiento al 2020.

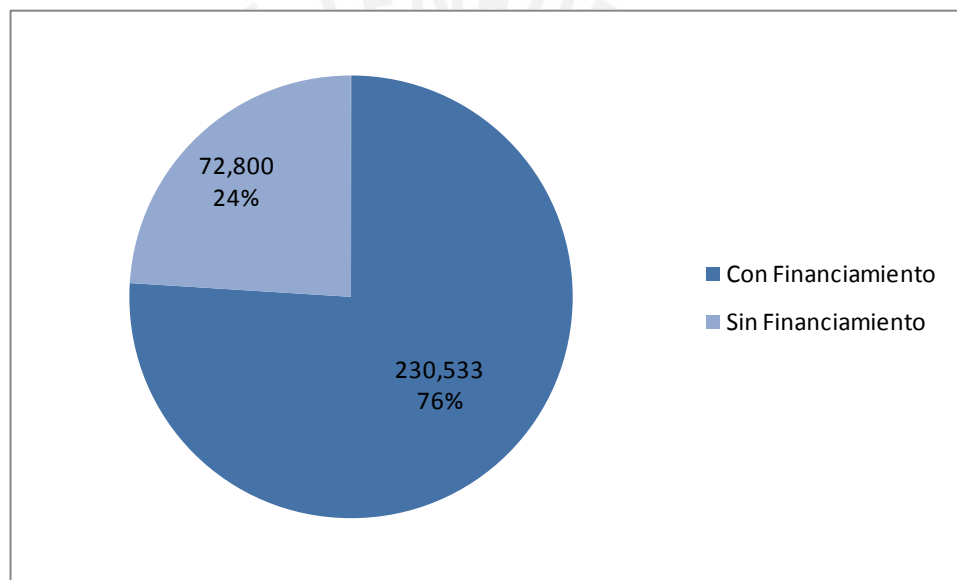


Figura 27: Vehículos convertidos a GNV al 2020
Fuente: Propia

Sabiendo que el costo estimado de conversión a GNV se encuentra entre \$1,300 y \$1,800, la Tabla 50 muestra la estimación del costo mínimo y máximo de conversión del total de las 303,333 unidades a convertirse hasta al año 2020; los cálculos por año están ajustados por el tipo de cambio e inflación.

Tabla 47: Estimación del costo de conversión de vehículos a GNV
por año

AÑO	CANTIDAD DE VEHICULOS CONVERTIDOS X AÑO	COSTO CONVERSIÓN MÍNIMO (S/.)	COSTO CONVERSIÓN MÁXIMO (S/.)
2011	27,476	155,344,536	174,795,231
2012	27,476	150,680,161	169,546,830
2013	27,476	159,543,168	179,519,574
2014	27,476	168,927,498	190,078,916
2015	27,476	178,863,813	201,259,358
2016	27,476	189,384,583	213,097,433
2017	27,476	200,524,184	225,631,824
2018	27,476	212,319,017	238,903,489
2019	27,476	224,807,621	252,955,792
2020	27,476	238,030,806	267,834,652
Total		1,878,425,387	2,113,623,098

Elaboración propia

En el anexo IV se puede ver el detalle del cálculo realizado, para la obtención de los resultados de la Tabla 47.

5.5 Costo de implementación de estaciones de servicio a gas natural

De acuerdo a los resultados del análisis de regresión para la estimación de las estaciones de servicio a GNV al 2020, se estima que existen 327 estaciones de servicio que se implementarán en el periodo del 2010 al 2020.

Sabiendo que el costo estimado para la implementación de una EESS a GNV se encuentra entre \$350,000 y \$500,000, la Tabla 51 muestra el costo mínimo y máximo de implementación del total de EESS al año 2020; los cálculos por año están ajustados por el tipo de cambio e inflación.

Tabla 48: Estimación del costo anual de implementación de EESS a GNV

AÑO	CANTIDAD EESS	COSTO INVERSION MÍNIMO (S/.)	COSTO INVERSION MÁXIMO (S/.)
2011	31	31,882,208	45,546,012
2012	27	26,934,602	38,478,003
2013	33	34,856,427	49,794,896
2014	31	34,669,914	49,528,448
2015	30	35,525,031	50,750,044
2016	30	37,614,613	53,735,161
2017	31	41,154,675	58,792,392
2018	30	42,169,735	60,242,478
2019	30	44,650,159	63,785,941
2020	31	48,852,364	69,789,091
Total		378,309,726	540,442,466

Elaboración propia

En el anexo V se puede ver el detalle del cálculo realizado, para la obtención de los resultados de la Tabla 48.

5.6 Evaluación económica de los agentes que participan en la conversión a GNV

A continuación se realizará la evaluación económica de la conversión a gas natural vehicular de cuatro escenarios donde se determina el beneficio económico a través del valor presente neto del flujo de caja de cada escenario.

5.6.1 Escenario vehículos privados

Este escenario considera los vehículos que son de uso privado y que serán convertidos a gas natural vehicular en los próximos 10 años

El flujo de caja considera los siguientes parámetros:

- Ahorro generado por el cambio de combustible de gasolina a gas natural
- Costo de conversión de vehículos a gas natural vehicular

La Tabla 49 muestra el valor mínimo y máximo de los parámetros ahorro por cambio de combustible y costo de conversión de vehículos y la Tabla 50 muestra el valor presente neto en los próximos 10 años.

Tabla 49: Flujo de caja – Escenario vehículos privados

AÑO	AHORRO POR CAMBIO DE COMBUSTIBLE		COSTO DE CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
2011	11,058,881	77,244,894	15,482,434	41,908,712
2012	12,300,726	103,140,042	17,221,017	40,650,361
2013	13,597,056	133,045,485	19,035,879	43,041,415
2014	14,983,799	167,591,906	20,977,319	45,573,111
2015	16,467,133	207,236,802	23,053,987	48,253,722
2016	18,053,660	252,478,166	25,275,124	51,092,005
2017	19,750,431	303,857,889	27,650,603	54,097,237
2018	21,564,977	361,965,425	30,190,968	57,279,237
2019	23,505,346	427,441,763	32,907,485	60,648,402
2020	25,580,134	500,983,704	35,812,188	64,215,741

Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 50, en este escenario no hay un beneficio económico debido a que el ahorro anual que genera un vehículo por el cambio de combustible a gas natural es menor que el costo de la conversión del vehículo, ya que la cantidad de kilómetros que recorre por día es relativamente baja.

Tabla 50: Valor presente neto – Escenario vehículos privados

COSTO DE OPORTUNIDAD	VALOR PRESENTE MÍNIMO	VALOR PRESENTE MÁXIMO
5%	-208,826,961	-198,849,395
6%	-198,630,164	-189,314,996
7%	-189,160,494	-180,454,574
8%	-180,355,142	-172,210,215
9%	-172,157,480	-164,529,681
10%	-164,516,392	-157,365,803

Elaboración propia

En el anexo VI se puede ver el detalle del cálculo realizado, para la obtención de los resultados de la Tabla 49 y 50.

5.6.2 Escenario taxis independientes

Este escenario considera los vehículos que son usados para brindar servicio de taxi independiente y que serán convertidos a gas natural vehicular en los próximos 10 años. Asimismo en este escenario se asume que el 100% de los vehículos son taxis

formales, y debido a su carácter independiente (no vinculado con relación de dependencia a una empresa), el ingreso generado por el taxista es renta de cuarta categoría.²⁹

El flujo de caja considera los siguientes parámetros:

- Ahorro generado por el cambio de combustible de gasolina a gas natural
- Costo de conversión de vehículos a gas natural vehicular
- Impuesto a la renta de cuarta categoría, ejercicio anual

La Tabla 51 muestra el valor mínimo y máximo de los parámetros ahorro por cambio de combustible, costo de conversión de vehículos e Impuesto a la Renta y la Tabla 52 muestra el valor presente neto en los próximos 10 años.

Tabla 51: Flujo de caja – Escenario taxis independientes

AÑO	AHORRO POR CAMBIO DE COMBUSTIBLE		COSTO DE CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS		IMPUESTO A LA RENTA (4TA CATEGORÍA)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
2010	50,435,638	60,522,766	19,566,882	22,019,400	6,052,277	7,262,732
2011	54,188,518	65,026,222	18,248,053	20,535,269	6,502,622	7,803,147
2012	60,273,559	72,328,271	17,700,137	19,918,677	7,232,827	8,679,393
2013	66,625,576	79,950,691	18,741,259	21,090,293	7,995,069	9,594,083
2014	73,420,615	88,104,738	19,843,620	22,330,824	8,810,474	10,572,569
2015	80,688,954	96,826,744	21,010,822	23,644,324	9,682,674	11,619,209
2016	88,462,935	106,155,522	22,246,679	25,035,083	10,615,552	12,738,663
2017	96,777,110	116,132,532	23,555,228	26,507,646	11,613,253	13,935,904
2018	105,668,387	126,802,065	24,940,747	28,066,826	12,680,206	15,216,248
2019	115,176,196	138,211,436	26,407,762	29,717,717	13,821,144	16,585,372
2020	125,342,656	150,411,188	27,961,066	31,465,713	15,041,119	18,049,343

Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 52, en este escenario sí hay un beneficio económico debido a que el ahorro anual que genera un vehículo por el cambio de combustible a gas natural es mayor que el costo de la conversión del vehículo más el impuesto a la renta, ya que la cantidad de kilómetros que recorre por día es significativa.

²⁹ Conforme al artículo N° 33 del TUO de la ley del Impuesto a la Renta

Tabla 52: Valor presente neto – Escenario taxis independientes

COSTO DE OPORTUNIDAD	VALOR PRESENTE MÍNIMO	VALOR PRESENTE MÁXIMO
5%	400,744,094	493,347,749
6%	378,738,163	466,309,139
6%	358,383,751	441,298,171
7%	339,533,998	418,134,615
7%	322,056,779	396,656,318
8%	305,833,072	376,717,207

Elaboración propia

En el anexo VII se puede ver el detalle del cálculo realizado, para la obtención de los resultados de la Tabla 51 y 52

5.6.3 Escenario taxis empresa

Este escenario considera a las empresas que brindan servicio de taxi. En este caso como la renta obtenida proviene de una actividad empresarial, es renta de tercera categoría³⁰.

El flujo de caja de este escenario considera los siguientes parámetros:

- Ahorro generado por el cambio de combustible de gasolina a gas natural
- Costo de conversión de vehículos a gas natural vehicular
- Impuesto a la renta de tercera categoría, ejercicio anual

La Tabla 53 muestra el valor mínimo y máximo de los parámetros ahorro por cambio de combustible, costo de conversión de vehículos e Impuesto a la Renta y la Tabla 54 muestra el valor presente neto en los próximos 10 años.

³⁰ Conforme al artículo N° 28 del TUO de la ley del Impuesto a la Renta

Tabla 53: Flujo de caja – Escenario taxis empresa

AÑO	AHORRO POR CAMBIO DE COMBUSTIBLE		COSTO DE CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS		IMPUESTO A LA RENTA (3RA CATEGORÍA)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
2010	189,734,068	227,680,882	73,608,747	82,834,885	56,920,221	68,304,265
2011	203,852,045	244,622,455	68,647,439	77,251,725	61,155,614	73,386,736
2012	226,743,389	272,092,067	66,586,231	74,932,165	68,023,017	81,627,620
2013	250,639,071	300,766,885	70,502,833	79,339,675	75,191,721	90,230,066
2014	276,201,362	331,441,634	74,649,810	84,006,435	82,860,409	99,432,490
2015	303,544,159	364,252,991	79,040,712	88,947,693	91,063,248	109,275,897
2016	332,789,136	399,346,963	83,689,886	94,179,597	99,836,741	119,804,089
2017	364,066,270	436,879,524	88,612,525	99,719,241	109,219,881	131,063,857
2018	397,514,410	477,017,292	93,824,714	105,584,727	119,254,323	143,105,187
2019	433,281,882	519,938,258	99,343,484	111,795,220	129,984,564	155,981,477
2020	471,527,136	565,832,563	105,186,868	118,371,015	141,458,141	169,749,769

Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 54, en este escenario sí hay un beneficio económico debido a que el ahorro anual que genera un vehículo por el cambio de combustible a gas natural es mayor que el costo de la conversión del vehículo más el impuesto a la renta, ya que la cantidad de kilómetros que recorre por día es significativa.

Tabla 54: Valor presente neto – Escenario taxis empresa

COSTO DE OPORTUNIDAD	VALOR PRESENTE MÍNIMO	VALOR PRESENTE MÁXIMO
4%	1,135,086,333	1,411,522,206
5%	1,070,830,621	1,331,850,653
6%	1,011,488,013	1,258,263,909
7%	956,615,219	1,190,213,308
8%	905,813,977	1,127,205,896
9%	858,726,033	1,068,798,217
10%	815,028,711	1,014,590,840
11%	774,431,030	964,223,546
12%	736,670,267	917,371,088
13%	701,508,937	873,739,445
14%	668,732,113	833,062,512
15%	638,145,059	795,099,174
16%	609,571,136	759,630,710
17%	582,849,940	726,458,491

Elaboración propia

En el anexo VIII se puede ver el detalle del cálculo realizado, para la obtención de los resultados de la Tabla 53 y 54

5.6.4 Escenario vehículos privados, taxis independientes y taxi empresa

Este escenario contempla los escenarios descritos en los acápites 5.6.1, 5.6.2 y 5.6.3.

El flujo de caja considera los siguientes parámetros:

- Ahorro generado, en todos los escenarios, por el cambio de combustible de gasolina a gas natural
- Costo de conversión de vehículos a gas natural vehicular, en todos los escenarios
- Impuesto a la renta de tercera categoría y cuarta categoría, ejercicio anual, correspondiente a cada escenario

La Tabla 55 muestra el valor mínimo y máximo de los parámetros ahorro por cambio de combustible, costo de conversión de vehículos e Impuesto a la Renta de los escenarios anteriores evaluados en conjunto y la Tabla 56 muestra el valor presente neto en los próximos 10 años.

Tabla 55: Flujo de caja – Escenario vehículos privados, taxis independientes y empresa

AÑO	AHORRO POR CAMBIO DE COMBUSTIBLE		COSTO DE CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS		IMPUESTO A LA RENTA (3RA Y 4TA CATEGORÍA)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
2011	269,099,445	325,131,110	124,136,417	139,695,705	67,658,236	81,189,883
2012	299,317,674	361,641,354	120,409,097	135,501,203	75,255,844	90,307,012
2013	330,861,703	399,753,455	127,491,561	143,471,384	83,186,790	99,824,148
2014	364,605,776	440,523,691	134,990,614	151,910,370	91,670,882	110,005,059
2015	400,700,246	484,133,722	142,930,762	160,845,739	100,745,922	120,895,107
2016	439,305,731	530,777,610	151,337,950	170,306,685	110,452,293	132,542,752
2017	480,593,810	580,662,658	160,239,648	180,324,124	120,833,134	144,999,761
2018	524,747,774	634,010,324	169,664,945	190,930,789	131,934,529	158,321,435
2019	571,963,424	691,057,178	179,644,637	202,161,339	143,805,708	172,566,850
2020	622,449,926	752,055,938	190,211,334	214,052,469	156,499,260	187,799,111

Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 56, en este escenario también hay un beneficio económico debido a que el ahorro anual que genera el total de vehículos, por el cambio de combustible a gas natural es mayor que el costo de conversión más el impuesto a la renta del total de vehículos, ya que la cantidad de kilómetros que recorre por día es significativa.

Tabla 56: Valor presente neto – Escenario vehículos privados, taxis independientes y empresa

COSTO DE OPORTUNIDAD	VALOR PRESENTE MÍNIMO	VALOR PRESENTE MÁXIMO
5%	1,262,747,754	1,626,349,007
6%	1,191,596,012	1,535,258,053
7%	1,125,838,475	1,451,056,904
8%	1,064,992,834	1,373,130,297
9%	1,008,625,332	1,300,924,855
10%	956,345,391	1,233,942,244
11%	907,800,884	1,171,733,147
12%	862,673,966	1,113,891,954
13%	820,677,392	1,060,052,074

Elaboración propia

En el anexo VI se puede ver el detalle del cálculo realizado, para la obtención de los resultados de la Tabla 55 y 56.

CAPÍTULO 6: ESTRATEGIA PARA LA CONVERSIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR A GAS NATURAL

Para la propuesta de lineamientos para la conversión del parque automotor a gas natural, además del análisis del sector y del mercado del GNV realizado en los capítulos anteriores, también se tuvo en consideración ciertas premisas que se indican en el punto 6.1 y las experiencias recogidas en otros países como Argentina y Brasil.

6.1 Premisas de la Propuesta

6.1.1 Disponibilidad de Gas Natural y Modificación de Matriz Energética

Las reservas de gas natural en el Perú son equivalentes a 4.5 veces las reservas de petróleo crudo existentes en el país³¹ y se estima que estas reservas son suficientes para atender la demanda nacional y futuras exportaciones.

Asimismo, actualmente el Perú tiene una política energética cuyos fines son diversificar la matriz energética para asegurar el abastecimiento confiable y oportuno de la demanda de energía, a fin de garantizar el desarrollo sostenible del país; además de consumir lo que se tiene en abundancia, como el gas natural y dejar de consumir lo que el país no produce e importa, principalmente el diesel.

En tal sentido, el Estado está promoviendo la inversión privada en el sector energético con reglas claras, competitivas y estables que permitirán la exploración y el descubrimiento de nuevas reservas.

La Figura 28 muestra la meta en el cambio de la matriz energética según el plan referencial de energía al 2015, de la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas.

³¹ Plan Referencial de Energía al 2015 – Ministerio de Energía y Minas

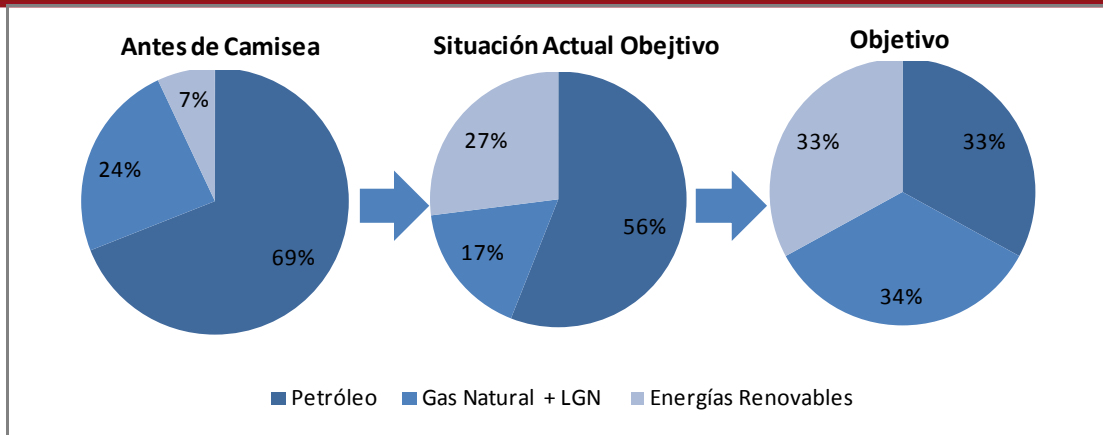


Figura 28: Cambio de la matriz energética

Fuente: Plan Referencial de Energía al 2015 Dirección General de Hidrocarburos – Ministerio de Energía y Minas

6.1.2 Potencial de Conversión de Vehículos del Parque Automotor

De acuerdo al análisis realizado en los capítulos anteriores sobre la cantidad de vehículos en el parque automotor de Lima y Callao y la cantidad actual de vehículos a GNV, se verifica que existe un gran potencial de conversión, sobre todo en lo que corresponde a vehículos privados y de uso de taxi.

La Figura 29 muestra la relación entre los vehículos particulares de Lima y Callao y la cantidad de vehículos a GNV, actual y estimado en los próximos años.

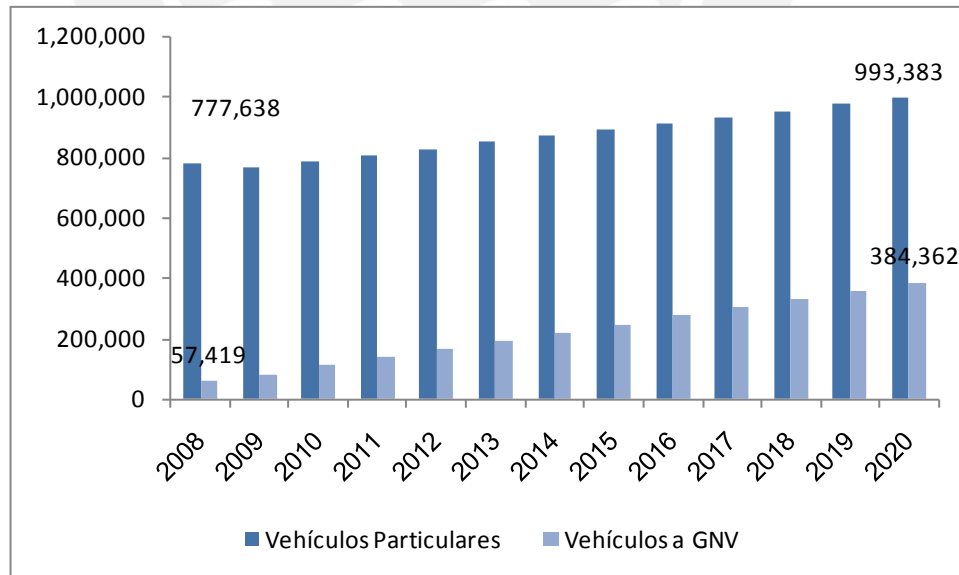


Figura 29: Estimación del parque automotor Lima y Callao y vehículos a GNV

Elaboración propia

Asimismo, una vez que se hayan convertido todos los vehículos o casi todos los vehículos del parque, el crecimiento de los vehículos convertidos a GNV será vegetativo para los siguientes años.

Por otro lado, la actual política de fomento e incentivos para la conversión de vehículos a GNV, como el bono de chatarreo y el programa de financiamiento de conversión a GNV garantizan el incremento de dichas conversiones como ha venido sucediendo hasta ahora.

6.1.3 Correlación entre la conversión a GNV y el precio de combustibles

De acuerdo a la información de la Figura 30, se observa que en los últimos meses ha habido una disminución en la cantidad de vehículos convertidos a GNV por mes, lo cual ha ido de la mano con la disminución en el precio de combustibles sustitutos como la gasolina de 90, diesel y GLP.

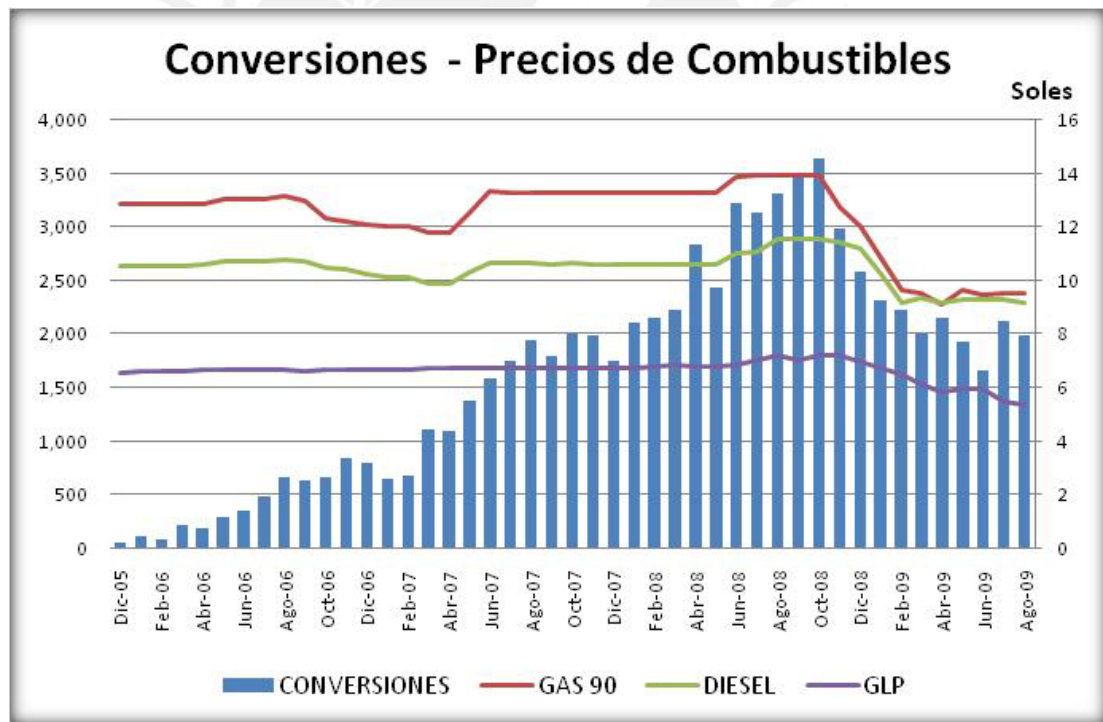


Figura 30: Correlación entre conversiones GNV y precio de combustibles
Fuente: Conferencia Expo Perú GNV 2009 – Ponencia Líneas de financiamiento para gas COFIGAS
Elaboración propia

De acuerdo a esta información se puede inferir que el atractivo económico del GNV es percibido por los usuarios y mientras el precio del resto de combustibles sustitutos aumente, habrá mayor cantidad de conversiones.

6.1.4 Choque tecnológico y uso de biocombustibles

En la actualidad e incluso en el Perú existen otras alternativas además del gas natural para el sector transporte, como los vehículos híbridos, eléctricos y aquéllos que usan biocombustible, sin embargo, es muy poco probable que se logre una masificación de estas tecnologías y nuevos combustibles en un periodo menor a 10 años.

Para el caso de los vehículos híbridos y eléctricos, empresas como Toyota y Honda ya comenzaron con la venta de estos vehículos pero la principal desventaja que presentan es su mayor precio de venta al público, sería entonces sólo el nivel socioeconómico A el que podría acceder por precio; luego de cinco o diez años estos vehículos tendrían precios más accesibles; el GNV, en cambio, representa un ahorro para aquéllos que buscan economía lo cual lo hace más atractivo a pesar de la conversión que se debe realizar.

Otro factor importante es que esta clase de vehículos está dirigida al público que es consciente de proteger el ambiente, que si bien está aumentando, todavía forman un grupo pequeño.

Para el caso de los biocombustibles, en el Perú existe controversia aún sobre este tema ya que no es bien conocido su impacto ambiental; aunque se sabe que los biocombustibles tienen un menor impacto ambiental en emisiones respecto a los hidrocarburos fósiles, según el estudio Impactos Ambientales de la Producción de Biocombustibles en la Amazonía Peruana³² si los cultivos no se realizan en tierras degradadas o en la costa y sí en bosque primarios, las emisiones podrían ser mayores por la deforestación en la que se incurre.

Asimismo, en la cadena productiva de los biocombustibles se observa que el eslabón más débil es el sector agrario, cuya debilidad se da por la escasez y en muchos casos falta de titulación de tierras, falta de agua, los costos de transporte y la incertidumbre de la productividad agrícola, de la misma forma está la posibilidad de la reducción de terrenos disponibles para la siembra de alimentos.

³² Isabel Quispe – Pontificia Universidad Católica del Perú

6.2 Propuesta de lineamientos para la conversión del parque automotor

6.2.1 Promoción de un parque automotor más limpio

Este lineamiento estará orientado a sensibilizar a la población y a los empresarios sobre el impacto del uso de un transporte sostenible, el cual debe ir acompañado de un marco nacional de promoción de transporte sustentable.

Este marco nacional debe seguir los siguientes principios:

- Mejorar el entorno legal, a través de la implementación de normas y políticas ambientales cada vez más estrictas, que en otros países como Chile, Colombia y Brasil ya se encuentran incluso incorporados en sus planes nacionales medioambientales. Estas normas y políticas deben ir dirigidas a la prohibición de la importación de vehículos usados; promoción de la importación de vehículos convertidos a GNV; políticas de fomento e incentivos para conversión de vehículos a GNV; optimización de las revisiones técnicas de vehículos; sustitución de unidades antiguas por unidades nuevas a GNV; mejorar los estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles, y asegurar su cumplimiento. La implementación de estas políticas se debe caracterizar por su gradualidad y realismo que permita considerar las condiciones de factibilidad en el mediano y largo plazo.
- Mejorar la capacidad técnica y administrativa institucional en el largo plazo, a través de la ampliación del conocimiento y normatividad sobre el tema de transporte eficiente en las instituciones del Estado, en especial los Ministerios del Ambiente, Industria y Transporte, tanto a nivel técnico como administrativo para la adecuada implementación de la política; para ello se requiere de la elaboración de talleres y/o cursos de capacitación, seminarios técnicos y cursos de extensión a profesionales.
- Generar diagnósticos y programas para sectores priorizados para el uso de gas natural vehicular sobre todo en los sectores de alto impacto en la población por temas de aire y salud así como aquellas zonas de Lima que todavía se encuentran fuera de la red de distribución de gas natural vía ductos, con base en estos diagnósticos se deberán generar programas y proyectos por sector e

incluso considerando a los potenciales inversionistas de tal manera que se reduzcan los costos y se incrementen los beneficios ambientales. Estos programas y proyectos deben incluirse dentro del diseño de la ampliación de la red de distribución.

- Promoción al transporte sostenible, el cual debe estar orientado a sensibilizar a los usuarios de vehículos, quienes pueden mitigar las emisiones a través de la renovación tecnológica para las conversiones de GNV y aprovechando la oferta del gas natural, la sociedad en general deberá estar al tanto de lo que significa invertir y usar este mecanismo como impacto económico, social y ambiental.
- Reglamentar e implementar instrumentos económicos y regulatorios para promover el transporte limpio a través del GNV, que ofrezca incentivos a quienes pretenden mejorar su gestión ambiental, por ejemplo en Chile existe el Sistema de Compensación de Emisiones que también incluye a taxis, el cual consiste en fijar topes máximos de emisiones por día a los vehículos. El transporte en general deberá tener clara su cadena de costos y pasivos ambientales para la aplicación adecuada y oportuna de medidas tales como, parqueos con precios diferenciados en la ciudad, sobrepagos a combustibles con altos índices de generación de contaminación y que tengan una alternativa menos contaminante y sanción para los transgresores.
- Establecer indicadores para la evaluación, control, seguimiento y ajustes de los lineamientos y acciones de la ley, que deben estar orientados a evaluar el avance y logros en el desarrollo e implementación, así como ajustes necesarios de la política nacional de transporte sustentable.
- Es importante crear un programa de educación masiva, orientado hacia la población en general, las instituciones públicas y al sector empresarial, con base en los beneficios económicos y ambientales obtenidas por el uso del gas natural en el sector transporte y para facilitar la información para el desarrollo y registro de nuevos proyectos. El objetivo debe ser sensibilizar a los consumidores por medio de mandatos en el sistema educativo básico y superior, para lo cual se necesita de una regulación que haga mandatario educar a los consumidores en varios niveles, teniendo como objetivo central la modificación del estilo de vida, para que entiendan el impacto de sus consumos en el cambio climático, y de modo inmediato, en la calidad de aire y sus

expectativas de salud y vida en general. La ciudadanía en general debería tener información e indicadores que muestren qué está ocurriendo con el sistema donde viven.

6.2.2 Apoyo a la red de empresas de conversión de vehículos y estaciones de servicio a gas natural

Es necesario lograr la participación activa de todos los sectores involucrados como un sistema nacional, lo cual permitirá establecer las estructuras necesarias, responsabilidades institucionales, coordinaciones, seguimiento y control a la promoción del parque automotor a gas natural.

Actualmente existen zonas en Lima Metropolitana que se encuentran fuera de la red de distribución de gas natural a través de ductos, como Ventanilla, Puente Piedra, Comas, Carabaylo, San Juan de Lurigancho, Carretera Central y La Molina; lo que demuestra que aún existe un mercado potencial amplio para explotar ya que se podría llegar a más estaciones de servicio de cadenas o independientes; esto hace necesario que estas zonas así como los potenciales inversionistas sean incluidos dentro del plan de expansión de la red de distribución de gas natural.

Asimismo, también es necesario promover el gas natural comprimido (gas natural comprimido hasta 300 veces su volumen) que sí puede llegar zonas alejadas, vía camiones portadores de módulos en los que va el gas; esta alternativa permitiría llegar a grifos, terminales de buses o camiones de servicio público urbano, interurbano y flotas particulares con unidades a gas natural, para su abastecimiento.

Para fomentar el crecimiento de las estaciones de servicio a gas natural y el transporte de gas natural comprimido, así como talleres de conversión, es necesario que el Gobierno implemente mecanismos de financiamiento para promover la inversión privada dirigidos a aquellos inversionistas que necesiten asistencia financiera para los proyectos.

6.2.3 Gestión sectorial, municipal o distrital

Para la promoción del gas natural vehicular es necesario incluir a las municipalidades y distritos, a continuación se listan algunas de las iniciativas que se pueden dar:

- Promover incentivos en el tratamiento de las deudas con el SAT de las empresas de transportes que se comprometan a incluir de manera gradual en su flota, vehículos de transporte de mayor capacidad (ómnibus) a gas natural.
- Definir áreas estratégicas en la ciudad de Lima, con el objetivo de que se preste exclusivamente el servicio de taxi con vehículos a GNV.
- Coordinar con los centros comerciales para que las empresas de taxi que trabajan en los paraderos aledaños a sus locales presten el servicio con vehículos a GNV.
- Promover la reducción de los costos de inscripción en el SETAME a los vehículos que utilicen GNV.
- Reducir las deudas con el SAT a las empresas de servicio de taxi (en todas sus modalidades) que se comprometan a incluir vehículos a GNV de manera gradual en su flota.



CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- El gas natural vehicular es un recurso energético que el país produce, es menos contaminante y contribuye a la reducción del efecto invernadero, asimismo, contribuye a la seguridad energética del país.
- El precio del petróleo es sumamente inestable y su tendencia es creciente, el gas natural representa un ahorro del 14% frente al GLP; 57% frente a las gasolinas y 53% frente al diesel, debido a la diferencia de precios.
- El parque automotor de Lima y Callao corresponde al 63% del parque total del Perú y a diciembre de 2009 sólo el 7% que equivale a 81,029 vehículos, se encuentra convertido a GNV; este 7% está conformado por vehículos privados y taxis.
- Los vehículos de servicio de taxi que usan gasolina son los más factibles de usar gas natural, debido a que el costo de conversión del vehículo no es muy alto y dicha inversión se recupera pronto mientras más kilómetros se recorran diariamente.
- En Lima y Callao el 45% de los vehículos particulares (privados y taxis) usa gasolina y el 42%, diesel, lo que significa un gran potencial de conversión.
- La estimación del crecimiento de los vehículos convertidos a GNV al 2020 es lineal y constante de acuerdo al análisis realizado, y a finales del 2020 habrán 384,362 unidades circulando a GNV, lo que representa el 50% de los vehículos particulares al 2009.
- La conversión de estos 274,757 vehículos adicionales, tendrá un costo estimado entre S/. 1,878,425,387 y S/. 2,113,623,098.
- Asimismo al 2020 se estima que habrán 421 estaciones de servicio en operación (304 más de lo que se estima para finales del 2010) y la implementación de esta cantidad de estaciones tendría un costo estimado entre S/. 378,309,726 y S/.540,442,466.

- Por otro lado se estima que los vehículos convertidos a gas natural hasta el 2020 generarán una reducción de emisiones GEI equivalentes, entre 7,506,330 tCO₂ y 9,062,462 tCO₂, lo cual tendrá un impacto positivo en el medio ambiente y la salud pública.
- Asimismo esta reducción de emisiones GEI podría significar beneficio económico entre S/. 459,416,194 y S/. 554,620,334, si se desarrolla la metodología del IPCC o se solicita el desarrollo de una nueva metodología.
- El ahorro por el cambio de combustible que generarán las unidades de vehículos convertidas a GNV, por dejar de usar gasolina de 90, se estima entre S/. 44,060,472,286 y S/. 53,234,707,611.
- De acuerdo a la evaluación económica, en el escenario de vehículos privados se observa que el valor presente neto es negativo lo que significa que no es beneficioso desde el punto de vista del dueño del vehículo, esto debido a que la cantidad de kilómetros que recorre diariamente es poco significativa.
- Sin embargo, para los escenarios de taxis independientes, taxis de empresa y el escenarios donde son evaluados en conjunto los vehículos privados, taxis independientes y de empresa, se concluye que sí es beneficioso desde el punto de vista del taxista y de las empresas de taxis, ya que el ahorro que se genera es significativamente mayor que el costo de conversión del total de las unidades, esto debido a la cantidad de kilómetros que recorre, con un valor presente neto estimado entre S/. 1,262,747,754 y S/. 1,060,052,074.
- Asimismo para el caso de taxis independientes, a pesar de que se ha considerado un escenario de taxis formales que genera renta de 4ta categoría y que pagan tributos, se observa que sí hay un beneficio económico, con un valor presente neto estimado entre S/. 400,744,094 y S/. 376,717,207.
- Lo formalización de los taxis independientes genera un aumento en la recaudación de impuestos por concepto de de cuarta categoría, por un monto estimado entre S/. 6,052,277 y 18,049,343.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda que tanto el Estado como la Municipalidad de Lima y Callao le den una mayor importancia a la renovación del parque automotor, el cual es

muy antiguo , para ello se sugiere ofrecer incentivos económicos para aquellas empresas que renueven su flota con unidades a gas natural vehicular.

- Se recomienda que el Estado amplíe la oferta de financiamientos, para facilitar la conversión de vehículos a gas natural, hacia los usuarios del servicio público y de transporte de carga, con la finalidad de acelerar el crecimiento del parque automotor a gas natural y reducir el parque automotor que utiliza los combustibles tradicionales.
- Se sugiere que el Estado priorice el uso del gas natural vehicular en aquellos sectores de alto impacto en la población por temas de aire y contaminación.
- Se sugiere que el Estado adopte una estrategia a nivel país, para la masificación del uso del gas natural, para ello se sugiere explorar políticas de otros países que han dado buenos resultados tales como la obligatoriedad del uso de vehículos a GNV en determinados sectores y ciudades como se hace en la India y la mejora de infraestructura de distribución de gas natural con el fin de asegurar el suministro.
- Debido a que el interés de las automotrices por el gas natural es creciente y a los beneficios ambientales y económicos que se han determinado según cada escenario, el Estado debería dar facilidades para la importación de vehículos a gas natural.
- En el caso de los vehículos de transporte público, se sugiere evaluar los resultados obtenidos en la renovación de taxis y si fue significativa como resultado de la política de financiamiento promovido desde el estado para este sector.

7.3 Trabajos Futuros

- Se recomienda realizar un estudio considerando el ingreso de los vehículos de transporte público y de carga, para ello se puede utilizar la información que se empiece a generar con la puesta en marcha del proyecto “Metropolitano”, impulsado por la Municipalidad de Lima.

- Se debe realizar una evaluación económica considerando además a los empresarios que se encargan de la implementación de las estaciones de servicio a gas natural. El flujo de caja contemplaría los siguientes parámetros:
 1. Ahorro por cambio de combustible de los vehículos
 2. Costo de conversión de los vehículos a GNV
 3. Ingresos de las estaciones de servicio (por venta de gas natural)
 4. Costos incurridos por la implementación de estaciones de servicio a gas natural
 5. Impuesto a la Renta
- Para el cálculo de los ingresos de las estaciones de servicio por venta de metro cúbico de GNV, es necesario determinar la demanda del gas natural, la cual se podría estimar a través de un modelo econométrico. Las probables determinantes de la demanda a GNV a contemplar en el modelo econométrico serían:
 1. PBI en miles de nuevos soles
 2. Cantidad de vehículos convertidos a GNV por año (acumulado)
 3. Estaciones de servicio (operando por año)
 4. Precio en nuevos soles por MMBTU del GLP
 5. Precio en nuevos soles por MMBTU del Gas Natural Vehicular.
- Se sugiere realizar estudios sobre la cantidad de talleres de conversión a gas natural que se vienen implementando y analizar si existe un impacto en el crecimiento en la cantidad de vehículos a gas.
- Se sugiere además realizar un estudio para evaluar el impacto del gas natural vehicular en la salud pública, con la finalidad de cuantificar este beneficio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asociación Colombiana del Gas Natural
2008 Visión de la demanda del GNV en Colombia. Ponencia presentada en el XII Congreso Naturgas Cartagena, marzo de 2008. Consulta: 17 de junio de 2006.
<[www.naturgas.com.co/documentos/3Naturgas2008\(110308\).ppt](http://www.naturgas.com.co/documentos/3Naturgas2008(110308).ppt)>
2. Asociación Española del Gas
2009 Informe Anual 2007- 2008. *Portal CEDIGAS*. Consulta: 15 de mayo de 2009.
<<http://www.sedigas.es/pagina.php?p=43>>
3. Banco Central de Reserva del Perú
2009 Encuesta de Expectativas Macroeconómicas. *Portal BCR*. Consulta: 8 de marzo de 2009.
<<http://www.bcrp.gob.pe/estadisticas/encuesta-de-expectativas-macroeconomicas.html>>
4. Banco Mundial
2009 Financiamiento del carbono, desarrollo y el Banco Mundial. *Portal World Bank*. Consulta: 27 de febrero de 2009.
<<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL/N EWSSPANISH/0,,contentMDK:21552978~menuPK:1074643~pagePK:64257043~piPK:437376~theSitePK:1074568,00.html>>
5. Caja Metropolitana de Lima
2009 Cajagas. *Portal Caja Metropolitana de Lima*. Consulta: 31 de marzo de 2009.
<<http://www.cajametropolitana.com.pe/default.asp?pag=creditos&subpag=consumocajagas>>
6. Cámara Argentina del Gas Natural Comprimido
2009 Portal de la Cámara Argentina del Gas Natural Comprimido. Consulta: 13 de Jnio de 2009.
<<http://www.gnc.org.ar/es/datos.html>>
7. Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular
2006 Conferencias y Seminarios I Salón Internacional EXPO PERÚ GNV 2006. Lima.
8. Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular

- 2009 Conferencias y Seminarios II Salón Internacional EXPO PERÚ GNV 2009. Lima. Consulta: 13 de marzo de 2009
<<http://expognvperu.com/es/conferences.php>>
9. Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular
2009 *Portal de la CPGV*. Consulta: 23 de setiembre de 2009.
<<http://www.cpgnv.org.pe/>>
10. CENERGIA
1999 “Teoría de la Contaminación Vehicular” y “Parque Automotor”. En Centro de Conservación de Energía y del Ambiente. *Campaña de medición de humos en el transporte urbano de Pasajeros en Lima, Callao y Huarochirí*. Lima, pp. 17 -25.
11. CENERGIA
1999 “Teoría de la Contaminación Vehicular” y “Parque Automotor”. En Centro de Conservación de Energía y del Ambiente. *Campaña de Muestreo de Gases de Escape en Vehículos a Gasolina en Lima y Callao*. Lima, pp. 15 -22.
12. Concejo de Transporte de Lima y Callao – MTC
2005 *Plan Maestro de Transporte Urbano para el área Metropolitana de Lima y Callao en la República del Perú*. Tres volúmenes. Lima. Consulta: 3 de julio de 2006.
<<http://www.ctlc-st.gob.pe/Estudios%20por%20años/Proyectos--2005-W.htm>>
13. Consulado General y Centro de Promoción de la República Argentina en Mumbai
14. 2009 El Mercado de GNC en la India. *Portal Consulado General y Centro de Promoción de la República Argentina en Mumbai*. Consulta 2 de mayo 2009
< <http://www.cgmum.co.in/GNC.pdf>>
15. Dirección General de Salud
2009 Análisis de resultados de los promedios anuales por año 2000-2009. Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad de Aire Lima – Callao. *Portal DIGESA*. Consulta 15 de junio de 2009.
<http://www.digesa.minsa.gob.pe/pw_deepa/caire/lima_callao.asp>
16. Efraín Peña y Lincoln Bent
2009 El mercado de carbono. Cámara de Comercio Colombo Americana. Colombia. Colombia Consulta: 13 de marzo de 2009.

- <<http://www.revistaperspectiva.com/archivos/revista/No%2015/bent.pdf>>
17. Enlace Nacional
2009 Lima es una de las ciudades más contaminadas de América Latina por permitir vehículos hasta con 18 años de antigüedad. *Portal Enlacenacional.com*. Consulta: 20 de junio de 2009.
<<http://enlacenacional.com/2009/03/16/lima-es-una-de-las-ciudades-mas-contaminadas-de-america-latina-por-permitir-vehiculos-hasta-con-18-anos-de-antiguedad/>>
 18. Fundación Gas Natural - España
2009 GNV una experiencia exitosa. *Portal Fundación Gas Natural – Gobierno Vasco*. Consulta 5 de junio 2009.
<www.fundaciongasnatural.org/SiteCollectionDocuments/Actividades/Seminarios/Bilbao%20161204/Horacio%20Cristiani.pdf>
 19. Ing. Ricardo Arévalo Rivera – Colegio de Ingenieros del Perú
2008 Artículo: Liderazgo de América Latina en Gas Natural Vehicular
Consulta: 8 de junio de 2009.
<http://www.ciplimaciis.org/index.php?option=com_content&task=view&id=97&Itemid=644>
 20. INVERMET
2009 Revisiones Técnicas Vehiculares. *Portal Invermet*. Consulta: 1 de mayo de 2009.
<<http://www.invermet.gob.pe/archivo/rtv.htm>>
 21. Medio Ambiente On Line
2009 Artículo: “Camisea contaría con 16 TCF de reserva de gas natural”.
Portal Medio Ambiente On Line. Consulta: 7 de junio 2009.
<http://www.medioambienteonline.com/site/root/resources/industry_news/7566.html>
 22. Ministerio de Energía y Minas
2009 Estadísticas. *Portal Ministerio de Energía y Minas*. Consulta: 31 de mayo de 2009.
<http://www.minem.gob.pe/archivos/dgh/estadisticas/informens/2008/diciembre/gas.pdf>
 23. Ministerio de Energía y Minas
2009 Plan Referencial de Energía al 2015. Portal Ministerio de Energía y Minas. Consulta: 6 de marzo de 2009.

- <<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/balances/energiaintegral/CONSOLIDADO%20FINAL%20PRE.pdf>>
24. Ministro Brack – Ministro del Ambiente 2008
2009 Artículo: “A partir de 2011 no habrá más importación de vehículos usados”. *Portal Ministerio del Ambiente*. Consulta: 15 de mayo de 2009.
<http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=184:ministro-brack-a-partir-de-2011-no-habra-mas-importacion-de-vehiculos-usados&catid=1:noticias&Itemid=21>
25. Organización Panamericana de la Salud
2009 Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del área metropolitana de Lima y Callao. *Portal Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Consulta: 2 de mayo de 2009.
< <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/impactos/vi-105.pdf>>
26. OPEC - Organización de Países exportadores de Petróleo
2009 Annual Report 2003 – 2008. *Portal de OPEC*. Consulta: 4 de abril de 2009.
<<http://www.opec.org/library/Annual%20Reports/pdf/AR2007.pdf>>
<<http://www.opec.org/library/Annual%20Reports/pdf/AR2003.pdf>>
27. OPEC - Organización de Países exportadores de Petróleo
2009 Precios del Petróleo. *Portal de OPEC*. Consulta: 3 de marzo de 2009.
<<http://www.opec.org/home/basket.aspx>>
28. OSINERG
2010 “Composición del Gas Natural de Camisea”. *Portal de OSINERG*. Lima. Consulta 28 de enero de 2010.
<http://www.osinerg.gob.pe:8888/SPH/html/gas_natural/cultura_gas_natural/prevencion_datos utiles/prevencion_composicion_gas.htm>
<<http://www2.osinerg.gob.pe/Pagina%20Osinergmin/Gas%20Natural/index.html>>
29. OSINERGMIN
2010 “Industria del Gas Natural”. *Portal de OSINERGMIN*. Lima. Consulta: 28 de enero de 2010.
<<http://www2.osinerg.gob.pe/Pagina%20Osinergmin/Gas%20Natural/index.html>>
30. OSINERGMIN
2009 Tipos de Consumidores de Gas Natural. *Portal de OSINERGMIN*. Consulta: 3 de junio de 2009.

http://74.125.47.132/search?q=cache:weTxL9-bJx8J:www2.osinerg.gob.pe/Pagina%2520Osinerqmin/Gas%2520Natural/gart_files/contenido_data/05mgn00c.html+consumo+de+gas+natural+por+sectores&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe

31. PLUSPETROL

2007 Proyecto Camisea. *Portal Camisea*. Consulta: 31 de mayo de 2007.

<http://www.camisea.pluspetrol.com.pe/>

32. Red Peruana de Ciclo de Vida

2009 “Cambio de uso de suelo”. En Red Peruana de Ciclo de Vida. *Estudio de Análisis de Ciclo de Vida de Biocombustibles en Perú*. Lima, pp. 41.

33. Superintendencia de Banca y Seguros

2009 Rendimiento y costo de Depósitos. *Portal SBS*. Consulta: 12 de marzo de 2009.

http://www.sbs.gob.pe/0/modulos/JER/JER_Interna.aspx?ARE=0&PFL=0&JER=153