

**South American Emissions, Megacities and Climate  
SAEMC – Proyecto extensión – Módulo emisiones**

# Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana

---

**Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-  
SENAMHI**

# **Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana – Informe final**

Laura Dawidowski<sup>1</sup>

Odón Sánchez-Ccoyllo<sup>2\*</sup>

Nadietska Alarcón<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de Argentina

<sup>2</sup> Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

SENAMHI

\*Correspondencia del autor: [osanchez@senamhi.gob.pe](mailto:osanchez@senamhi.gob.pe)

Lima 2014

# Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana

## Informe final

© **Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)**

© **Dirección de Proyectos de Desarrollo y Medio Ambiente del SENAMHI**

Jr. Cahuide 785 Jesús María, Lima - Perú

Central telefónica: (511) 614 1414

Correo electrónico: [osanchez@senamhi.gob.pe](mailto:osanchez@senamhi.gob.pe)

Página web: <http://www.senamhi.gob.pe>

La presente investigación y publicación se realizó en el marco del proyecto South American Emissions, Megacities and Climate (SAEMC) – Proyecto extensión – Módulo emisiones.

Se permite su reproducción parcial o total, tratamiento informático, transmisión por cualquier forma o medio, sea electrónico, mecánico, por fotocopia u otros, con la simple indicación de la fuente.

Debe ser citada de la siguiente forma:

Dawidowski, Sánchez-Ccoyllo y Alarcón (2014). **Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana. Informe final.** Lima: SENAMHI/SAEMC.

**Corrección de estilo:** Luis Manuel Claps

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1 OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>2 INVENTARIOS NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b> .....	<b>3</b>
2.1 COMUNICACIONES NACIONALES ANTE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	4
2.1.1 <i>Primera Comunicación</i> .....	4
2.1.2 <i>Segunda Comunicación</i> .....	6
<b>3 CRITERIOS LOCALES PARA INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y CONTAMINANTES</b> .....	<b>9</b>
3.1 LIMA METROPOLITANA.....	9
<b>4 VARIABLES SOCIOECONÓMICAS EN PERÚ Y LIMA METROPOLITANA</b> .....	<b>13</b>
<b>5 ESTIMACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES EN LIMA</b> .....	
5.1 VARIABLES.....	15
5.2 MODELO DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA LIMA.....	18
5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
<b>6 RECOMENDACIONES</b> .....	<b>30</b>
<b>7 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>31</b>
<b>ANEXO A - SEGUNDA COMUNICACION NACIONALES: EMISIONES DESAGREGADAS</b> .....	<b>33</b>
<b>ANEXO B -INFORMACIÓN DE VARIABLES SOCIO-ECONÓMICAS</b> .....	<b>35</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Emisiones de GEI en Perú, año 1994 (Gg) .....	5
Tabla 2. Emisiones de GEI en Perú, año 2000 (Gg) .....	7
Tabla 3. Emisiones vehiculares estimadas (Tn/año).....	9
Tabla 4. Emisiones estimadas año base 2002 (kTn/año).....	10
Tabla 5. Contribución porcentual por fuente (%) .....	10
Tabla 6. Resultados Lima Vehicle Study (Tn/año).....	11
Tabla 7. Inventario de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas, Lima- Callao .....	12
Tabla 8. Inventario Emisiones Anuales proyecto COSAC.....	12
Tabla 9. Contenidos de azufre en gasolina .....	17
Tabla 10. Contenidos de azufre en diesel vehicular .....	17
Tabla 11. Resultados del año base 2003 (toneladas/año) .....	19
Tabla 12. Evolución del PBI Nacional (millones de soles).....	21

## Índice de figuras

Figura 1. Áreas representativas del “Estudio de la Actividad Vehicular de Lima .....	11
Figura 2. Evolución de la flota .....	20
Figura 3. Ingresos a la flota.....	21
Figura 4. Retiros de la flota.....	22
Figura 5. Evolución del consumo de combustibles .....	23
Figura 6. Estimación de CO <sub>2</sub> .....	24
Figura 7. Estimación de CO .....	25
Figura 8. Estimación del NO <sub>x</sub> .....	26
Figura 9. Estimación del SO <sub>2</sub> .....	27
Figura 10. Estimación del PM <sub>10</sub> .....	28
Figura 11. Estimación de los compuestos orgánicos volátiles .....	29

## Lista de abreviaturas

Asociación de Representantes Automotrices del Perú (ARAPER)  
Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte Terrestre (CIDATT)  
Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES)  
Consejo Nacional del Ambiente (CONAM)  
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

Dirección General de Salud (DIGESA)  
Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)  
Encuesta nacional de hogares (ENAHO)  
Gases de efecto invernadero (GEI)  
Instituto Andino de Glaciología y Geoambiente (INAGGA)  
Instituto Nacional de Informática y Estadística (INEI)  
Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)  
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)  
Long range Energy Alternatives Planning System (LEAP)  
Ministerio de Energía y Minas (MINEM)  
Ministerio de Producción (PRODUCE)  
Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)  
Ministerio del Ambiente (MINAM)  
Modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE)  
Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)  
Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire (PROCLIM)  
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)  
Uso de suelo, cambio del suelo y silvicultura (USCUSS)

## **Introducción**

El presente trabajo es un aporte colaborativo a las metodologías de estimación de emisiones vehiculares en megaciudades. Busca también dar a conocer una metodología de estimación para el área metropolitana de Lima, basada en información pública, que pueda ser actualizada y replicada en otras ciudades del Perú.

Lima Metropolitana es un importante centro de desarrollo socioeconómico que concentra más del 50% de la población nacional, lo que estimula una gran presencia de actividades económicas.

De las emisiones atmosféricas relevantes que afectan a millones de personas que viven en la capital, las del parque automotor que circula diariamente por sus vías – el mayor del país - es la fuente más importante.

Las estaciones de medición pública y privada monitorean las cantidades de contaminantes presentes en diversos puntos de la ciudad y nos permiten formular indicadores de calidad del aire. Sin embargo, existen muy pocas estimaciones de lo que efectivamente se emite a la atmósfera en términos de cantidad. Las mediciones directas son costosas y requieren personal calificado. Por eso, generalmente se recurre a estimaciones aplicando diversas metodologías. Las emisiones de fuentes móviles suponen ciertos criterios metodológicos específicos, diferentes a los aplicables a las fuentes fijas, que se detallan en el trabajo.

## **1 Objetivos**

- Hacer una revisión de los inventarios nacionales existentes y sus metodologías.
- Identificar fuentes de información disponibles para un inventario local.
- Diseñar una metodología para estimar las emisiones de fuentes móviles en Lima Metropolitana.
- Desarrollar inventarios prospectivos partiendo de un año base con disponibilidad de información.

## **2 Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero**

El primer inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del Perú (CONAM, 1997) tuvo como año base 1994 y se realizó en el marco de la Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CONAM, 2001). Fue dirigido por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), la autoridad ambiental nacional de entonces, con el apoyo de consultores externos que recopilaron la información necesaria para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La estimación se realizó con el enfoque *top-down* (de arriba hacia abajo) y se usaron los factores de emisión del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) por defecto. Los sectores considerados fueron energía, industria, cambio de suelo y desechos.

Posteriormente, entre los años 2003 y 2005 se preparó el “Inventario nacional integrado de emisiones de gases de efecto invernadero del Perú en el año 2000” (Proyecto Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático, 2009) en el marco del Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire (PROCLIM). Los objetivos del programa, integrado por diversas instituciones como el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), el Ministerio de Producción (PRODUCE), la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), respondían a los planteamientos de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. El enfoque usado fue también *top-down* basado en la versión revisada en 1996 de las directrices del IPCC. Los sectores considerados para el inventario de GEI fueron energía, procesos industriales, agricultura, cambio de uso de tierra y silvicultura, y desechos. Cada institución competente fue responsable de la recopilación de la información y estimaciones correspondientes a su sector. Aun así, se encontraron múltiples dificultades para la recopilación de datos, por lo que en algunos casos se recurrió a estadísticas nacionales e internacionales y valores por defecto. Por otro lado, la evaluación de los denominados contaminantes criterio se realizó con los factores de emisión de la Guía de Evaluación de la Contaminación de Fuentes de Aire, publicada por la Organización Mundial de la Salud en 2002.

## **2.1 Comunicaciones nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**

Los compromisos asumidos por el Perú a la firma de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992 implican, entre otros, informar a la comunidad internacional los niveles de emisiones de GEI. Además, se busca contar con un mejor panorama del aporte de los diferentes sectores al total de emisiones del país. Más allá del carácter informativo de los inventarios nacionales, se han constituido en importantes herramientas de decisión a nivel sectorial, municipal, regional, nacional y del sector privado.

El CONAM para la primera comunicación en 1994, y su sucesor el Ministerio del Ambiente (MINAM) para la segunda comunicación en 2010, han sido los encargados de coordinar los esfuerzos de las diversas instituciones del Estado, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) colaboró principalmente en el modelamiento de tiempo y clima y la elaboración de los escenarios de cambio climático a nivel nacional para el año 2030 (en la segunda comunicación).

### **2.1.1 Primera comunicación**

El Perú realizó la Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático<sup>1</sup> en el año 2001. Fue dirigida por el CONAM en colaboración con la Comisión Nacional de Cambio Climático, grupo técnico nacional consultivo formado por diversas instituciones públicas y privadas entre las que se encontraba el SENAMHI. Los principales estudios de la primera comunicación fueron el primer inventario nacional de GEI 1994 (CONAM, 2001), la Comunicación a la convención Nacional de Naciones Unidas del Perú sobre Cambio Climático, conducido por el CONAM y financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Gobierno de Dinamarca, un estudio de vulnerabilidad de los recursos hídricos de alta montaña (CONAM, 1998) en convenio con el Instituto Andino de Glaciología y Geoambiente (INAGGA) con apoyo del mismo fondo, y un estudio del CONAM sobre la vulnerabilidad frente al cambio climático y el fenómeno El Niño (1999).

---

<sup>1</sup> [<http://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc1.pdf>]

Los resultados del inventario de emisiones de 1994 se obtuvieron usando la metodología *top-down* del IPCC, que parte de modelos agregados de macroeconomía que van desde lo general a lo específico y se centran en el análisis de relaciones y tendencias históricas para predecir las interacciones de amplia escala entre los sectores económicos, especialmente entre el sector energético y los demás (IPCC, 1996). Esto se realizó con información del balance nacional de energía y los factores de emisión por defecto del IPCC. Los resultados por categorías se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Emisiones de GEI en Perú, año 1994 (Gg)**

Categorías	GEI			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> equivalente
Consumo de combustibles	20770.53	45.40	0.86	21990.53
Industria de conversión y transformación	4237.12	0.4	0.06	4264.12
Industria (CIU)	2851.57	0.7	0.11	2900.37
Residencial/comercial	2271.15	41.40	0.56	3314.15
Público	729.64	0.1	0.01	734.84
Transporte	7921.89	1.1	0.08	7969.79
Agropecuario/agroindustrial	240.33	1.4	0.02	275.93
Pesca	1682.08	0.2	0.01	1689.38
Minería metálica	836.75	0.1	0.01	841.95
Emisiones fugitivas (extracción, transmisión, transporte)		7.78	-	163.38
Carbón mineral	-	0.86	-	18.06
Petróleo y gas natural	-	6.92	-	145.32
Procesos industriales	9886.22	0.62	-	9899.18
Productos minerales	1989.11	-	-	1989.11
Industria química	25.63	0.62	-	38.59
Producción de metales	7871.48	-	-	7871.48
<b>Total de energía</b>	<b>30656.75</b>	<b>53.80</b>	<b>0.86</b>	<b>32053.09</b>
Agricultura	0	471.46	41.64	22809.06
Fermentación entérica		364.67		7658.07
Estiércol de animales		11.16	1.96	841.96
Cultivo de arroz		55.28		1160.88
Quema de sabana		36.40	0.45	903.90
Quema de residuos agrícolas		3.95	0.1	113.95
Uso de suelos agrícolas			39.13	12130.3

Cambio de uso de la tierra y silvicultura	37196.8	173.77	1.2	41217.97
Cambio en bosques y otros stocks de biomasa leñosa	-4122.4			-4122.4
Conversión de bosques y pastizales	82487.50	173.77	1.2	86508.67
Abandono de tierras manejadas	-37345			-37345
Impacto de la agricultura sobre el suelo	-3823.3			-3823.3
Desechos	0	112.58	1.2	2736.18
Rellenos sanitarios y botaderos		95.93		2014.53
Heces humanas			1.2	372.00
Otros		16.65		
<b>Total no energía</b>	<b>37196.80</b>	<b>757.81</b>	<b>44.04</b>	<b>66763.21</b>
<b>Total nacional de emisiones y captura de GEI</b>	<b>67853.55</b>	<b>811.61</b>	<b>44.9</b>	<b>98816.3</b>

Fuente: CONAM 2001.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las emisiones totales del Perú son aproximadamente 98.816,30 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente y una composición porcentual por especie de 68.67% de CO<sub>2</sub>, 17.25% de CH<sub>4</sub> y 14.09% de N<sub>2</sub>O, expresado en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. La mayor fuente de emisión se produce en el sector no energético y la mayor emisión del sector energético se debe al transporte urbano.

En cuanto a los resultados de los demás estudios presentados, se identificaron vulnerabilidades de los recursos hídricos, con referencia prioritaria a los glaciares por debajo de los 5550 msnm. También a la infraestructura agrícola, de transportes y otros sectores, dependiendo de las variaciones de los patrones de precipitación y tomado en cuenta los eventos ya presentados en años representativos como 1997 y 1998. Se reconocieron los riesgos en la salud pública y, en el aspecto forestal, el riesgo del aumento de los incendios forestales no controlados.

### 2.1.2 Segunda comunicación

La segunda comunicación cumple con los objetivos de informar a los países parte sobre sus emisiones y niveles de captura de gases de efecto invernadero, y sobre las medidas que se adoptaron o consideran adoptar para aplicar la convención en el Perú (MINAM, 2010). La

segunda comunicación se enmarcó en el proyecto denominado de la misma manera, y en su informe se presentan los resultados de los estudios y análisis realizados, entre estos el inventario nacional de GEI.

El inventario nacional de 2000 (Proyecto Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático, 2009) fue preparado por el PROCLIM entre los años 2003 y 2005. No obstante, se presentaron ciertas irregularidades en cuanto a los requisitos de archivo de fuentes de datos, hojas de cálculo, documentación de supuestos y metodología utilizada, por lo que la reconstrucción y revisión del inventario resulta una tarea difícil. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Emisiones de GEI en Perú, año 2000 (Gg CO<sub>2</sub> eq)**

<b>Categorías de fuentes y sumideros de GEI</b>	<b>CO<sub>2</sub> emisiones</b>	<b>CO<sub>2</sub> remociones</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>Total CO<sub>2</sub> eq</b>
Energía	24226	0	1004	170	25400
Procesos industriales	7839	0	0	79	7917
Solventes y otros productos	0	-	0	-	0
Agricultura	-	-	12150	10397	22544
Cambio de uso del suelo y silvicultura	110060	-53541	261	47	56827
Desechos	-	-	6860	475	7334
<b>Total</b>	<b>142125</b>	<b>-53541</b>	<b>20274</b>	<b>11166</b>	<b>120023</b>

Fuente: MINAM, 2010.

El inventario comprendió cinco de las seis categorías definidas por el IPCC: energía, procesos industriales, agricultura, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS) y desechos. No se evaluó la categoría de uso de solventes por la falta de registros de la actividad. De acuerdo al resumen de la Tabla 2, el total de GEI para este inventario es de 120,023 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente, casi un 22% superior al resultado del inventario anterior y con una tasa per cápita de 2.5 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por año (considerando la categoría USCUSS asciende a 4.7). Los resultados muestran que la mayor cantidad de emisiones proviene de la categoría USCUSS, debido principalmente a la conversión de bosques y pasturas. La siguiente

categoría de importancia es la energía, con el sector transporte como el mayor aporte. La categoría de agricultura es la tercera en orden de aporte al total de GEI, dentro de la cual la fermentación entérica es la mayor contribuyente. Para mayor detalle de la desagregación de cada categoría véase el Anexo A.1.

### 3 Criterios locales para inventarios de gases de efecto invernadero y contaminantes

#### 3.1 Lima Metropolitana

La provincia de Lima está conformada por 43 distritos en un área de 2812 km<sup>2</sup>. Por su parte, la Provincia Constitucional del Callao cuenta con seis distritos (INEI, 2000). Juntos forman el área denominada Lima Metropolitana en la que se concentra la población, las actividades económicas y los flujos comerciales. Como capital del Perú es la ciudad más grande del país y según el último censo realizado en 2007 la población asciende a 8.482.619 habitantes y la población estimada al 2012 es de 9.437.493 habitantes (INEI, 2012).

Las primeras estimaciones de emisiones vehiculares se realizaron para el Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima – Callao<sup>2</sup>, con la colaboración de la fundación suiza Swisscontact y la base de datos del parque automotor del año 2000. Se utilizó el modelo IPIECA y se obtuvieron resultados para algunos GEI y contaminantes criterio. Los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 3. Emisiones vehiculares estimadas (Tn/año)**

Categoría del vehículo	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	PM	SO <sub>2</sub>
Autos	182954	2226996	19837	881	2371
Combis	12785	415507	3455	2595	1327
Buses y microbuses	15093	1347408	25566	2985	5988
Camiones	3827	689676	11901	1406	3065

Fuente: Deuman y Walsh, 2005.

El documento de la metodología aplicada no está publicado ni se aclara si se usan los factores de emisión por defecto del modelo. Sin embargo, el Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio Lima- Callao, que cuenta con la información original, sigue realizando las estimaciones con las actualizaciones del número de vehículos que circulan en la ciudad.

La siguiente actividad relacionada se publicó como parte del Primer Plan Integral de Saneamiento de Lima y Callao, también a cargo del Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio. Se hicieron estimaciones de las fuentes fijas y móviles de Lima-Metropolitana usando el modelo IPIECA de la International Petroleum Industry Association. Las estimaciones se

---

<sup>2</sup> [<http://www.comitelc.airelimpio.org.pe>]

hicieron tomando como año base el 2002 y los resultados se muestran en los cuadros siguientes.

**Tabla 4. Emisiones estimadas año base 2002 (kTn/año)**

FUENTES	CO	HC	NOx	PM <sub>10</sub>
Móviles	593.87	111.96	99.66	16.13
Fijas	2.4	1.51	12.92	7.40
<b>Total</b>	<b>596.27</b>	<b>113.47</b>	<b>112.58</b>	<b>23.53</b>

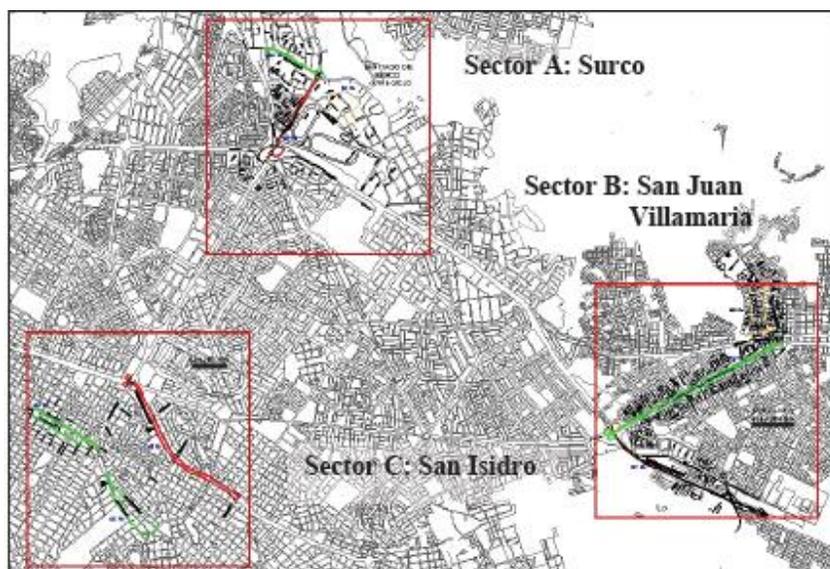
Fuente: Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio Lima- Callao, 2004.

**Tabla 5. Contribución porcentual por fuente (%)**

FUENTES	CO	HC	NOx	PM <sub>10</sub>
Móviles	99.6	98.67	88.52	68.55
Fijas	0.4	1.33	11.47	31.24
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio Lima- Callao, 2004.

Otra aproximación de las emisiones vehiculares de Lima – Callao, fue el “Estudio de la actividad vehicular de Lima”, realizado por el especialista James Lents en 2003. El estudio se realizó en avenidas representativas de tránsito arterial y residencial intenso (tres de cada una) que se pueden observar en la Figura 1. Se consideraron tres parámetros principales: la distribución de la tecnología, los patrones de conducción y los patrones de arranque. Para caracterizarlos se realizaron conteos vehiculares usando videograbadoras. Los otros parámetros se obtuvieron instalando GPS y medidores de voltaje en los vehículos. Todos los datos fueron colectados durante quince días.



**Figura 1.** Áreas representativas del estudio de Lents (2003).

Una vez obtenidos los datos mencionados, la información fue alimentada al modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE, por sus siglas en inglés) para estimar las emisiones. Los resultados para las especies estimadas se presentan a continuación:

**Tabla 6. Resultados del Estudio de Vehículos en Lima (Tn/año)**

CO	COV	NOx	PM
1286260	107310	133955	8030

Fuente: Internacional de Emisiones Vehiculares, 2004.

El segundo estudio de relevancia es el inventario de emisiones “Resultados de inventario de emisiones de fuentes fijas en la cuenca atmosférica de la ciudad de Lima-Callao”<sup>3</sup> publicado en abril de 2005. El estudio fue dirigido por la Dirección General de Salud (DIGESA) y se realizó en el marco del PROCLIM. Se enfocó en fuentes fijas y abarcó 41 distritos de Lima Metropolitana. La metodología utilizada se basó en la publicación de CEPIS/OMS "Evaluación de fuentes de contaminación del aire - Técnicas para el inventario rápido de la contaminación ambiental" de Alexander Economopoulos, que consiste en el levantamiento de información mediante encuestas y la obtención de datos de entidades como los ministerios de Producción, Energía y Minas y el INEI. Se usaron los factores de emisión propios de esta metodología, excepto en algunos casos particulares para los que se usaron factores de la Agencia de

3

[[http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/inventario\\_aire/fuentes\\_fijas/Informe20Inventario20FUENTES20FIJAS20Lima-Callao1.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/inventario_aire/fuentes_fijas/Informe20Inventario20FUENTES20FIJAS20Lima-Callao1.pdf)]

Protección Ambiental de Estados Unidos. No se cuenta con la base de datos de estos factores ya que no se dispone del soporte digital, ni fueron incluidos sino solo mencionados en el informe final. Los resultados para las especies evaluadas se presentan a continuación:

**Tabla 7. Inventario de emisiones anuales de fuentes fijas, Lima- Callao**

Sector	Emisiones (Ton/año)							
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb	H <sub>2</sub> S
Fuentes puntuales	86652	8460	40032	7417	3130	4157	0	28
Fuentes de área	556	318	249	407	8283	4232	0	0
Total	87208	8778	40281	7824	11414	8389	0	28

Fuente: DIGESA, 2005.

El año 2003, se realizó el estudio de línea de base ambiental del corredor segregado de alta capacidad para la Municipalidad de Lima COSAC I (Deuman y Walsh, 2005) por el equipo consultor de las empresas Deuman International y Walsh Perú Ingenieros y Científicos Consultores. Como parte de este estudio se realizó un inventario de emisiones de base para la zona objetivo de este proyecto, para el que se aplicó el modelo MODEM y los factores de emisión se tomaron principalmente de los valores reportados por el informe MTC AB del Ministerio de Transportes, en el que se usaron como base los valores del modelo COPERT ajustados a la condiciones de Lima. Los resultados de este inventario se presentan a continuación:

**Tabla 8. Inventario de emisiones anuales proyecto COSAC**

Situación	Emisiones (Tn/año)							
	PM-10	PM-2.5	SOx	NOx	CO	CO <sub>2</sub>	COV	Pb
Situación base	3271	2993	7022	32 170	137 891	3879620	18225	419
Con proyecto COSAC	3161	2892	6668	31308	136 387	3782310	17985	416

Fuente: Deuman y Walsh, 2005.

#### **4 Variables socioeconómicas en Perú y Lima Metropolitana**

Las estadísticas nacionales se encuentran administradas por Instituto Nacional de Informática y Estadística (INEI) y se generan a partir de los grandes censos nacionales y encuestas periódicas con temáticas específicas. Uno de los documentos principales en los que se plasma toda esta información para los usuarios son los compendios estadísticos que se reportan año a año desde 2001, disponibles en la página web del INEI, en los que podemos encontrar información de importancia como datos del parque automotor nacional desagregado por departamentos.

El PBI es evaluado por las Dirección Nacional de Cuentas Nacionales del INEI y la información es presentada por departamentos, sectores, años, actividades y grandes actividades entre otras variantes. En el Anexo B.1 presentamos los valores del PBI real por departamentos y en el Anexo B.2 por actividad económica.

La Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) realizada anualmente por el INEI es de utilidad ya que genera información por departamentos y brinda datos sobre las condiciones socio-demográficas de base para evaluar condiciones de pobreza, pero también de utilidad para conocer los tipos de combustibles usados en las residencias como se presenta en el Anexo D. 3.

Un indicador de desarrollo social desplegado en los compendios estadísticos es el de necesidades básicas insatisfechas (NBI), que nos da los porcentajes de la población con hasta cinco NBI insatisfechas como vemos en el Anexo B. 4

Por otro lado, los informes del PNUD nos dan una idea de la evolución de la pobreza o desarrollo en el país mediante el índice de desarrollo humano (IDH). En el Anexo B. 5 presentamos las tendencias para el Perú en su informe más reciente (2009).

Otra fuente importante de información son los Anuarios de Estadísticas Ambientales, también a cargo del INEI. Estos concentran distintos tipos de datos como el consumo de combustibles por tipo y por sector.

Además, contamos con las estimaciones de emisiones de GEI realizadas por el MINAM cada año y las proyecciones al futuro. En el Anexo B.6 presentamos las estimaciones desde el año 1994 al 2007.

Los balances nacionales de energía son elaborados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y se reportan anualmente, aunque solo se encuentran disponibles en Internet a partir del año 2002. Este balance nos provee de información del consumo final de energía de los diferentes sectores. El MEM realiza estimaciones de los principales GEI generados por los consumos de combustible para los sectores residencial y comercial, transporte, pesca, industria, público, agronomía y minero-metalúrgico.

Las estadísticas de operaciones anuales del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), nos proveen de información de los consumos de combustibles por tipo de producción termoeléctrica a nivel nacional. Con una mayor disponibilidad en años (1998- 2009), los anuarios estadísticos del MEM proveen de la misma información.

## 5 Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana

El año base para el desarrollo de la estimación de emisiones es 2003, debido a que en ese año se realizaron estudios de emisiones vehiculares como el desarrollado para la Municipalidad de Lima Metropolitana en el marco del proyecto COSAC (2004) y el de James Lents (2003). Estos estudios ofrecen una base para comparar los resultados finales y proporcionan información de campo levantada durante su desarrollo. Esta información nos ayuda a lograr un inventario consistente con miras a generar proyecciones y actualizaciones con la información necesaria. Esta sección busca brindar la metodología seguida para la estimación de modo que sea replicable y pueda ser mejorada y actualizada en el futuro por cualquier parte interesada.

### 5.1 Variables

**Flota (*stock*):** la cantidad de vehículos inicial fue tomada de la información que se reporta en el estudio de COSAC, que cita como fuente la Dirección de Información de Gestión y Estadística de la Oficina General de Planificación y Presupuesto. Sin embargo, el total final fue ajustado con otras fuentes. El número de unidades para cada categoría vehicular se consideró de acuerdo a la distribución porcentual de las categorías vehiculares del informe COSAC ajustada a las categorías vehiculares que se describen a continuación.

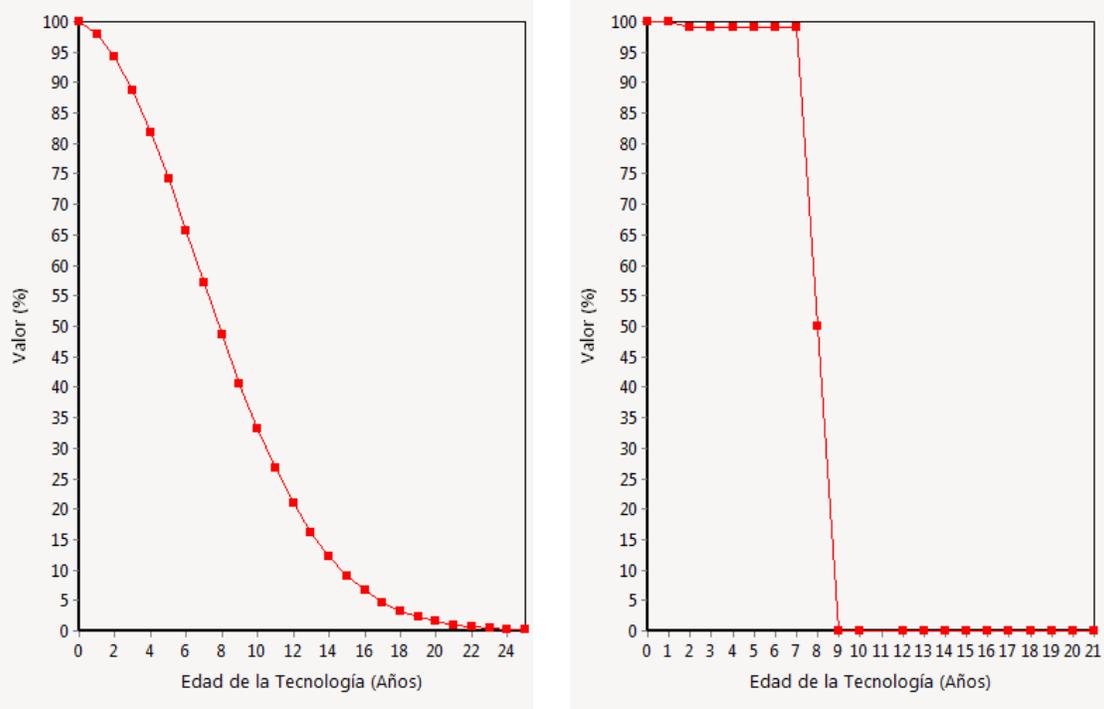
**Categorías vehiculares:** las categorías vehiculares consideradas son autos, taxis, buses, camiones y motos de cuatro tiempos (mototaxis). Las motos lineales son despreciadas, debido a que, de acuerdo a las distribuciones de porcentajes del informe del COSAC, representan un 75% del total de motos del parque automotor.

**Ventas (*sales*):** las ventas para cada categoría fueron deducidas de acuerdo a las estadísticas anuales que reporta la Asociación de Representantes Automotrices del Perú (ARAPER), tanto para el año base como para las proyecciones futuras. Se verificó que estos valores fueran coherentes con aquellos que reporta el INEI para las estadísticas del parque automotor nacional por departamento, asumiendo que el parque automotor del departamento Lima es muy similar al de Lima Metropolitana. En cuanto a las ventas, se asume un crecimiento exponencial del 10% anual que, aunque menor a la tasa incremental anual de ARAPER para los últimos años, nos permite considerar un crecimiento gradual del parque automotor que refleje los valores en años recientes.

**Perfil de antigüedad de la flota automotor (*stock vintage profile*):** para hacer el perfil de antigüedad de la flota automotor de cada categoría se utilizó la base de datos vehicular libre de la Municipalidad Metropolitana de Lima (2012), que pasó por un control de calidad previo (verificación de categorías vehiculares, blancos e información incompleta). Basados en estas muestras, se determinó un perfil de antigüedad porcentual. Ya que la categoría de autos particulares no fue incluida en esta base de datos pública, se usó la antigüedad de los autos particulares presentada en el informe del Primer Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima – Callao (CGIALL, 2004).

**Supervivencias según la antigüedad (*survival profile*):** según la Ordenanza Municipal 1597 promulgada en 2012, en Lima Metropolitana se iniciarán programas de chatarreo para el sector público. En el pasado no se contaba con ningún programa de chatarreo formal, por lo que se aplicó un retiro por antigüedad muy bajo en el año base. Pero después de 2012 y en los años subsiguientes del escenario, el retiro se va volviendo más agresivo asumiendo que los programas de chatarrización se extenderán y aplicarán regularmente. Para el retiro aplicado se usó una función exponencial con un valor constante de -0.0001.

**Figura 2. Gráficos de supervivencia aplicados**



**Rendimiento (*fuel economy*):** es el rendimiento de unidad de combustible o energía por distancia recorrida de un vehículo nuevo. Ante la ausencia de una base de datos confiable, documentada y publicada para todas las categorías, se tomaron los valores reportados por el programa Protransporte y el Fondo Nacional del Ambiente que se basan en la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA 2001 Guide), incluidos en el Estudio para la Consolidación del Sistema Integrado de Transporte Público de Lima.

**Kilómetros recorridos por el vehículo (VKT):** es el kilometraje que podría recorrer un vehículo en su primer año de uso. Al no contar con una base de datos confiable con kilometrajes promedio para todas las categorías, se usaron estimaciones realizadas por el Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte Terrestre (CIDATT), la investigación realizada por Pérez (2010) sobre los taxis y el estudio del Ministerio de Transportes (2007) sobre los mototaxis. Para las demás categorías se usaron valores promedios calculados a partir de los kilometrajes totales presentados en el estudio del proyecto COSAC. La degradación de este valor se obtuvo por iteración.

**Factores de emisión:** los factores de emisión utilizados son aquellos dirigidos a las emisiones producidas por combustión. Se usaron los que fueron calculados específicamente para las condiciones de nuestro parque automotor por los consultores internacionales Almén et al. (2002) por encargo del Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio Lima- Callao. Estos factores son válidos para el año del estudio (2002) y más recientes, ya que luego la regulación estableció combustibles con menores contenidos de azufre y hubo nuevos ingresos de tecnología. Para efectos de este trabajo, solo se consideraron cambios en los factores de emisión de acuerdo a los ingresos de combustibles con menores contenidos de azufre de acuerdo con la siguiente tabla.

**Tabla 9. Contenidos de azufre en gasolina**

Año	1990	1999	2011
<b>S (ppm) en gasolina</b>	2000	1000	50

**Tabla 10. Contenidos de azufre en diesel vehicular**

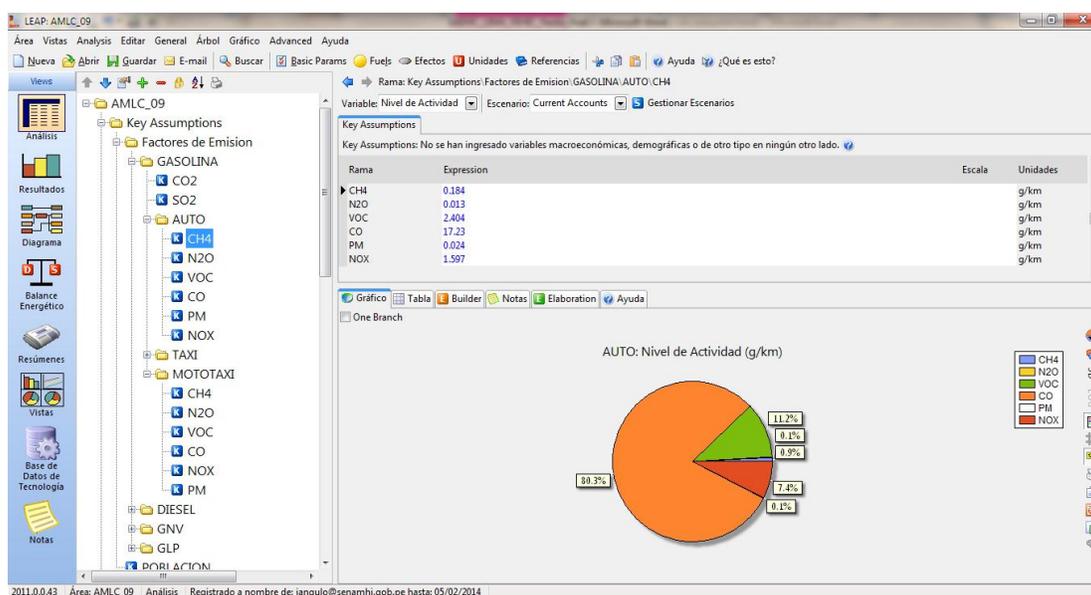
Año	1990	2007	2010
<b>S (ppm) en diesel</b>	5000	2500	50

Con esta información se calcularon los factores de emisión de componentes azufrados. En cuanto a los otros factores de emisión por ingreso de nueva tecnología, para los años futuros no se hicieron cambios a los del año base. Así también para las categorías y emisiones faltantes se usaron los factores de emisión del trabajo de D'Angiola et al. (2010) y algunos del modelo IVE.

## 5.2 Modelo de estimación de emisiones para Lima

Todas las variables mencionadas fueron ingresadas al modelo Long Range Energy Alternatives Planning System (LEAP). Este es un modelo desarrollado por el Instituto Ambiental de Estocolmo inicialmente para la planificación energética que ahora cuenta con múltiples aplicaciones, entre ellas el cálculo de emisiones de GEI. Este software nos permite realizar los cálculos de las emisiones con las variables mencionadas.

Figura 3. Interface del modelo LEAP



## 5.3 Resultados y discusión

El resultado de las emisiones en el año base se muestra en la Tabla 11:

**Tabla 11. Resultados del año base 2003 (toneladas/año)**

<b>Combustible</b>	<b>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>	<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>Dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)</b>	<b>Material particulado (PM<sub>10</sub>)</b>	<b>Compuestos orgánicos volátiles (VOC)</b>	<b>Potencial de calentamiento global</b>
CNG	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diesel	2340859.0	36.3	28512.6	3671.8	39896.8	4660.0	9012.3	2359284.3
Gasolina	2222506.0	66.3	246114.7	1456.0	17060.3	263.2	53442.6	2287632.4
LPG	209464.4	0.0	1543.0	0.0	404.4	0.0	681.1	210198.6
<b>Total</b>	<b>4772829</b>	<b>102.6</b>	<b>276170</b>	<b>5127.8</b>	<b>57361.5</b>	<b>4923.2</b>	<b>63136</b>	<b>4857115</b>

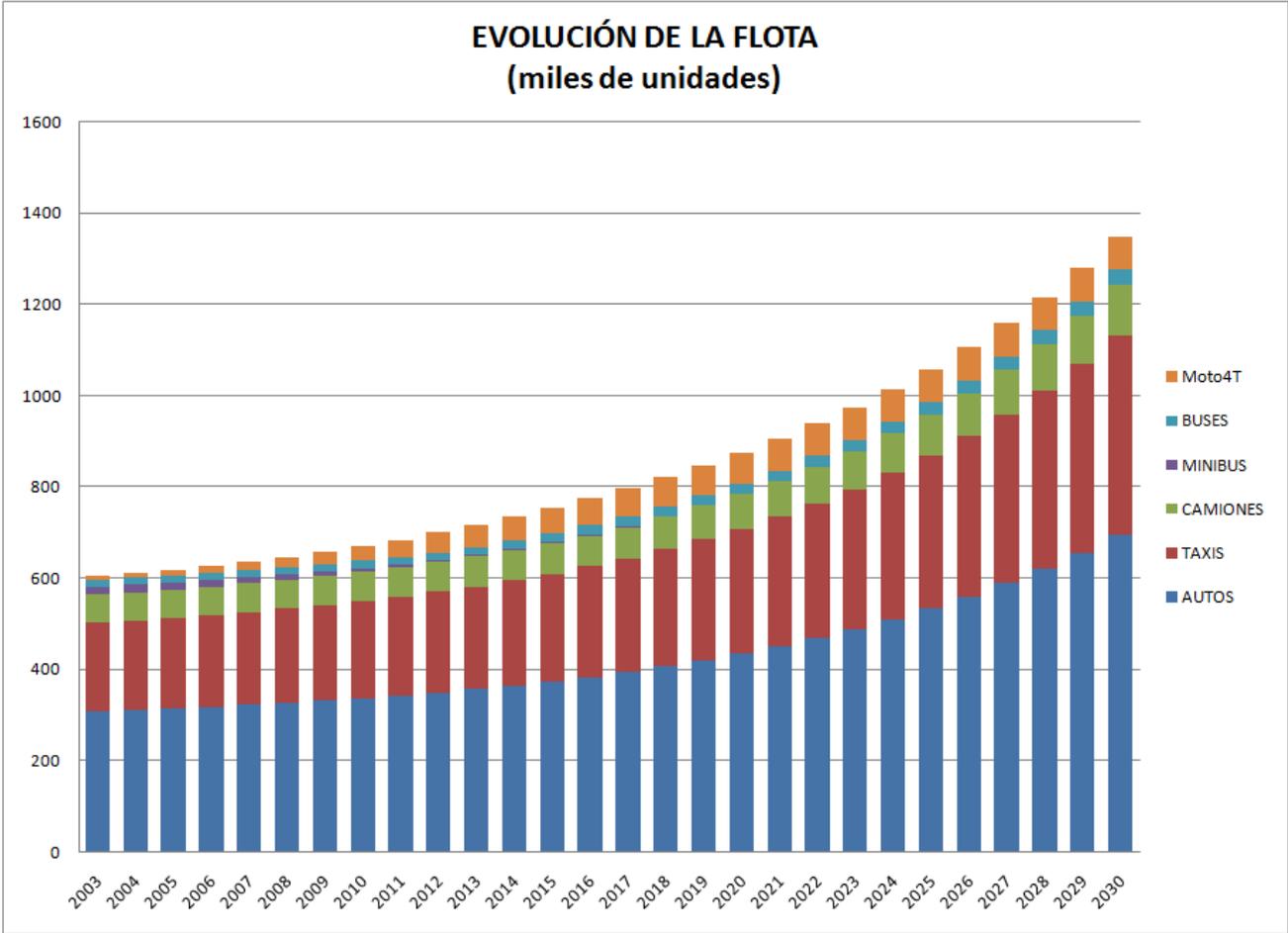
\*CNG: gas natural vehicular.

\*LPG: gas licuado de petróleo.

Los resultados corresponden al año base (2003), por lo que si los comparamos con los inventarios desarrollados en este año (tablas 4, 5 y 6) notaremos que hay congruencia en los resultados obtenidos.

Para entender los resultados de los años escenario primero revisamos las características de la flota desde el año base hasta 2030, que corresponden a los años del escenario. En la Figura 2 vemos que la flota aumenta de acuerdo a la tasa positiva que se le asigna a todas las categorías, a excepción de los minibuses que son retirados gradualmente hasta desaparecer.

**Figura 4. Evolución de la flota**



Las ventas determinan los ingresos de la flota y en la Figura 3 vemos la evolución de estos ingresos para cada categoría vehicular de acuerdo a las asunciones en cada una. Para el crecimiento de las ventas se tiene en cuenta la evolución positiva de los incrementos del PBI

de Perú en los últimos años (Tabla 12) y que Lima concentra casi el 50% del PBI peruano de acuerdo a lo reportado por el INEI. Motivo por el cual podemos asumir que este escenario representa la tendencia positiva que tendría la evolución de ventas de vehículos en Lima Metropolitana.

**Tabla 12. Evolución del PBI Nacional (millones de soles)**

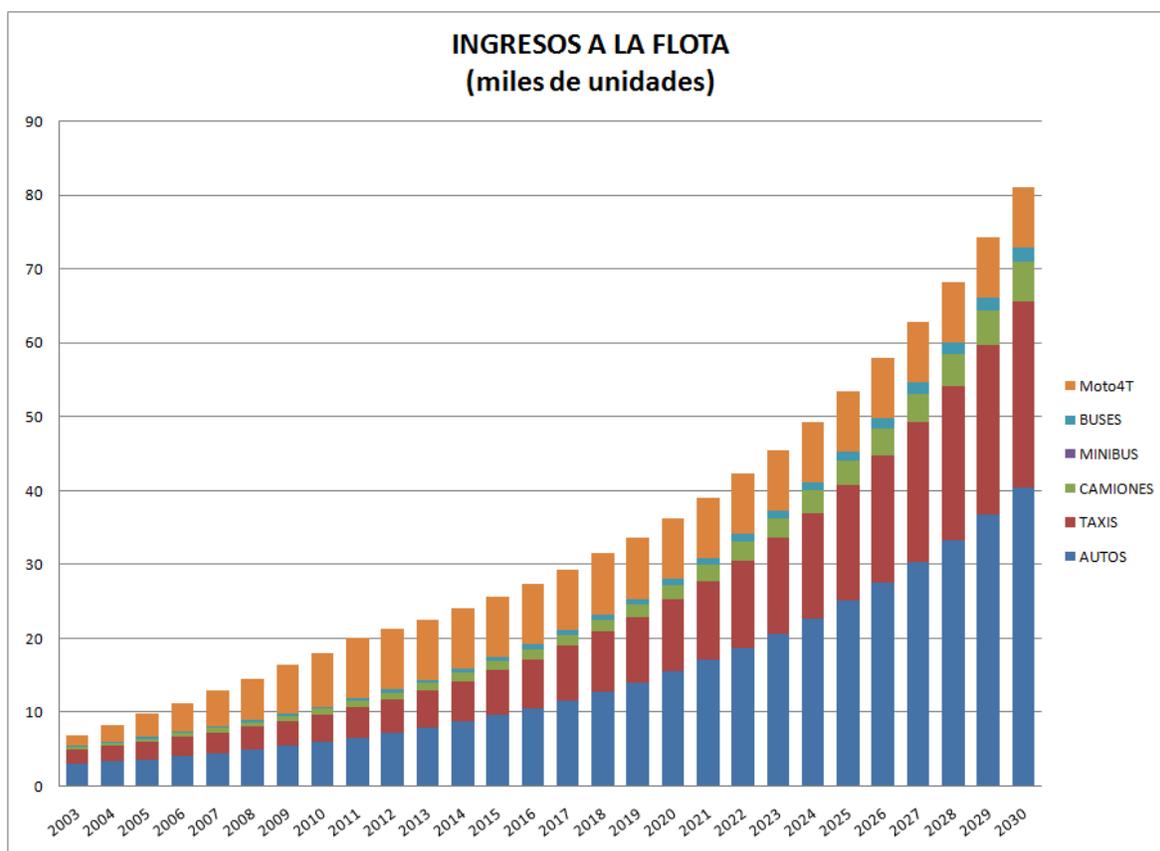
Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PBI	132,544,850	139,141,251	148,639,991	160,145,464	174,348,006	191,366,582	192,993,822	209,886,154

Fuente: INEI.

Sin embargo, las cifras exactas son discutibles y pueden ajustarse de acuerdo a los datos que se obtengan de las estadísticas de ventas reales para Lima Metropolitana.

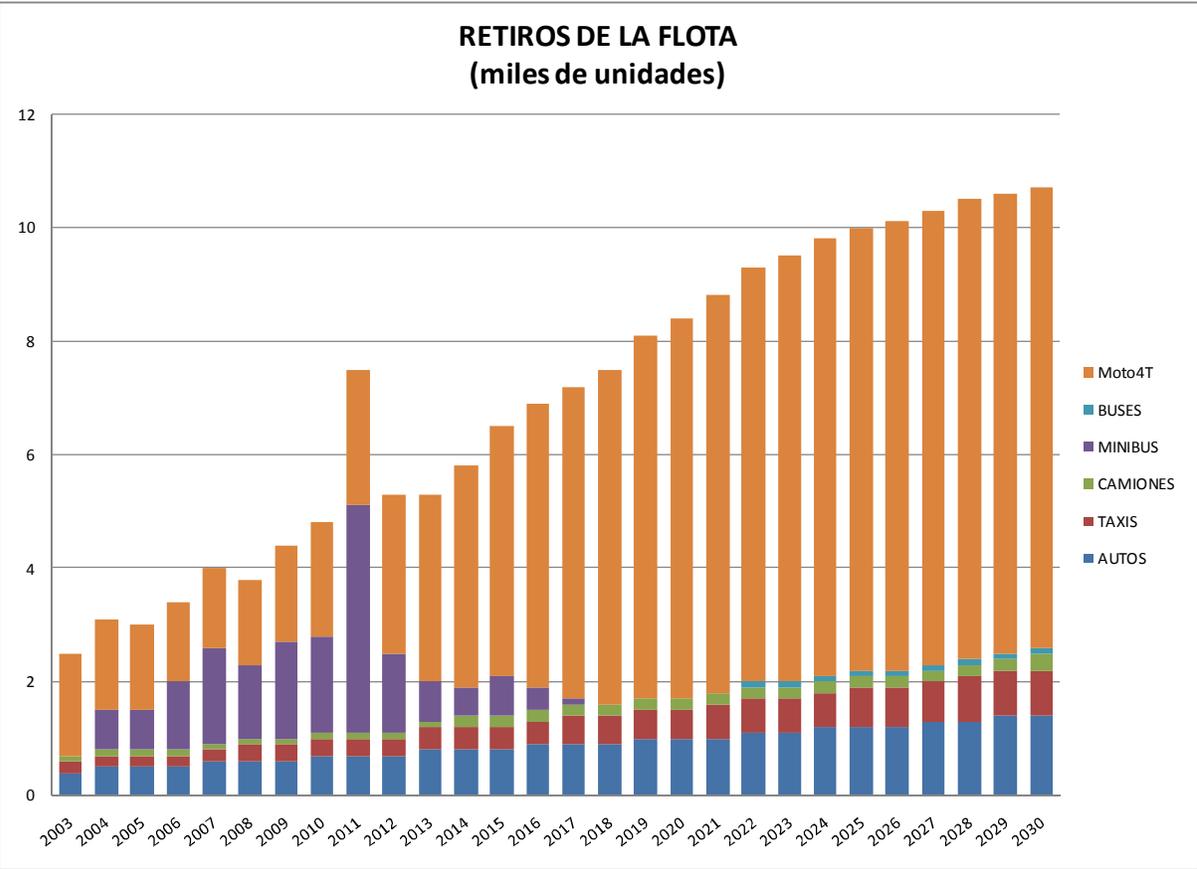
También es importante ver que las ventas para la categoría de minibuses se consideran nulas desde el año 2004 ya que la Ordenanza Metropolitana 1338 establece que este tipo de vehículos no puede ingresar al servicio público.

**Figura 5. Ingresos a la flota**



En la Figura 4 vemos los retiros de la flota: ante la falta de un programa de retiro o chatarreo oficial para la ciudad de Lima, se optó por realizar una estimación muy poco agresiva para los primeros años, pero que se vuelve más importante a partir del año 2016. Esto busca reflejar que a partir de estos años los programas de chatarreo que la Municipalidad Metropolitana propone actualmente se irán popularizado y estarán en plena aplicación. Por ejemplo, vemos que la categoría vehicular de minibuses (combis) se va retirando periódicamente del parque. Limitando su antigüedad, lo que la ordenanza que regula su circulación busca estimular es el paulatino retiro de estos vehículos del servicio de transporte público. Del mismo modo se ven retiros importantes en las cantidades de mototaxis ya que es una categoría que responde a las necesidades vehiculares de los márgenes de una gran ciudad en crecimiento, pero a medida que estas zonas se urbanicen serán desplazadas por unidades de mayor capacidad como los buses.

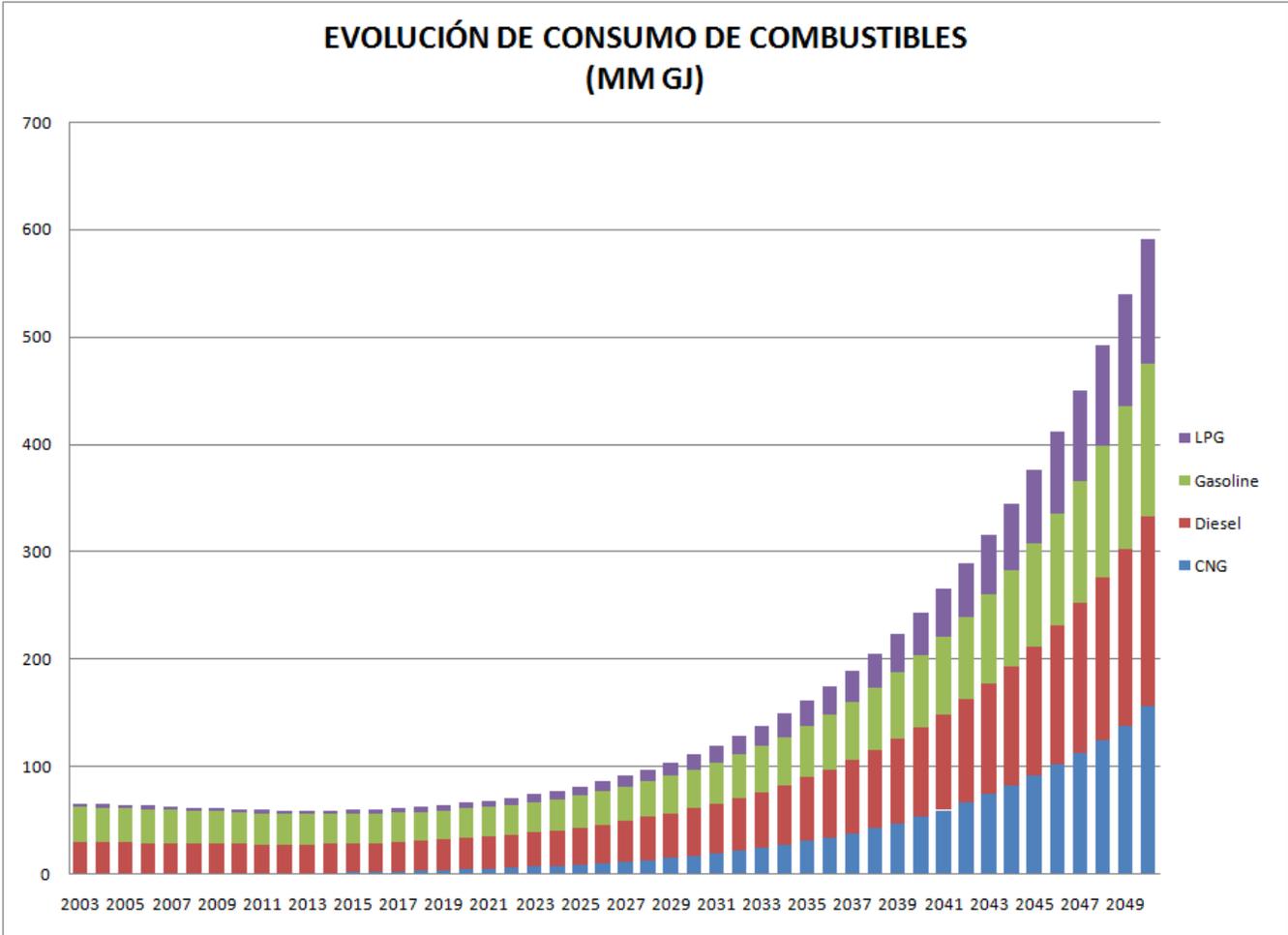
**Figura 6. Retiros de la flota**



En relación al consumo de combustible, en la Figura 5 vemos cómo, partiendo del año base en que dominaban el diesel y la gasolina, son progresivamente desplazados por la oferta del gas licuado de petróleo (LPG) y el gas natural vehicular (GNV) que ingresan al mercado y van popularizándose. Esto se da principalmente en la categoría de taxis, que tienen preferencia por estos combustibles debido a su bajo costo y mayor rendimiento para el uso urbano. Por este motivo, vemos un incremento de su uso tal en los años del escenario que los hace competitivos en porcentajes similares al diesel y gasolina.

El uso de los combustibles convencionales en los años del escenario sería representado por los camiones, buses, vehículos livianos tipo *pick up* y panel que consumen diesel en su mayoría, y la gasolina de autos de uso particular. En este trabajo no se ha considerado la inclusión del gas vehicular como combustible para buses u otras unidades vehiculares grandes.

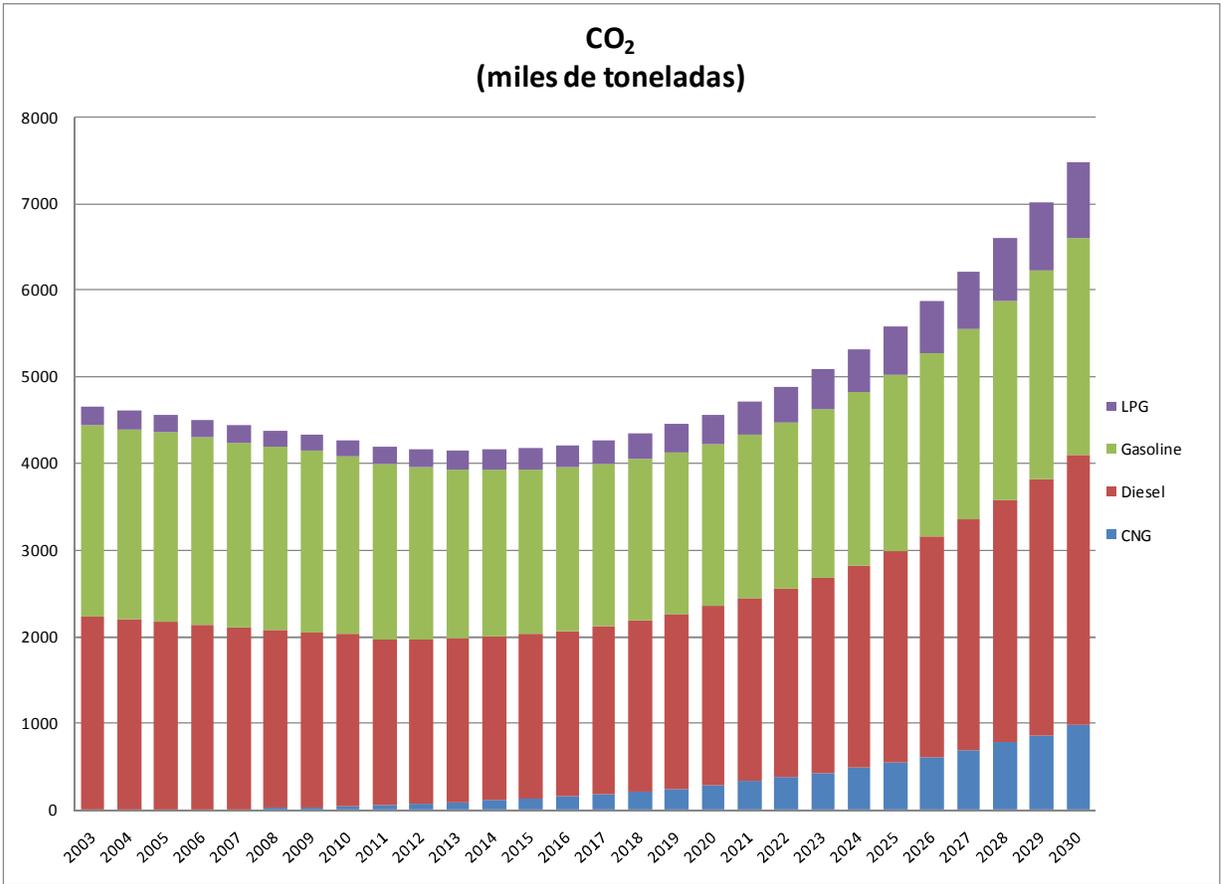
**Figura 7. Evolución del consumo de combustibles**



Por otro lado, después de analizar la actividad de la flota con las características del año base y las posibles características en los años del escenario, podemos interpretar los resultados para los contaminantes considerados en este trabajo.

En la Figura 6 tenemos los resultados para el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) cuyas emisiones corresponden directamente al consumo de cada tipo de combustible, por lo que la distribución del gráfico debe responder a los consumos de combustibles revisados.

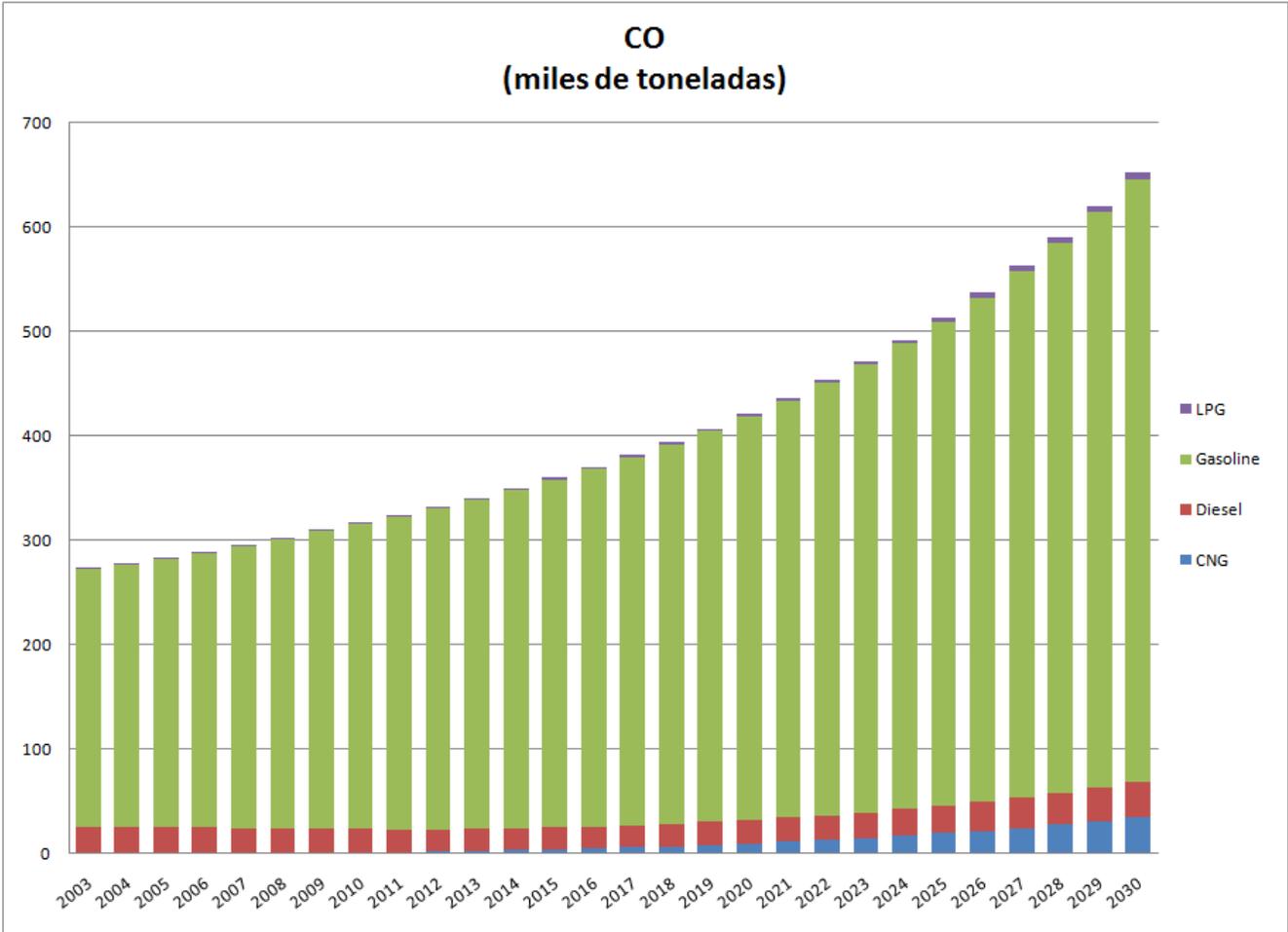
**Figura 8. Estimación de CO<sub>2</sub>**



Por otro lado, tenemos al CO (monóxido de carbono) en la Figura 7, que nos refleja básicamente la actividad de las tecnologías que usan gasolina, que en el año base son las más abundantes, representadas por los taxis y autos particulares. En los años del escenario, al mantenerse como combustible para la categoría de autos particulares y además ser una de las categorías que más se incrementa, también se incrementan las emisiones de CO. Sin embargo,

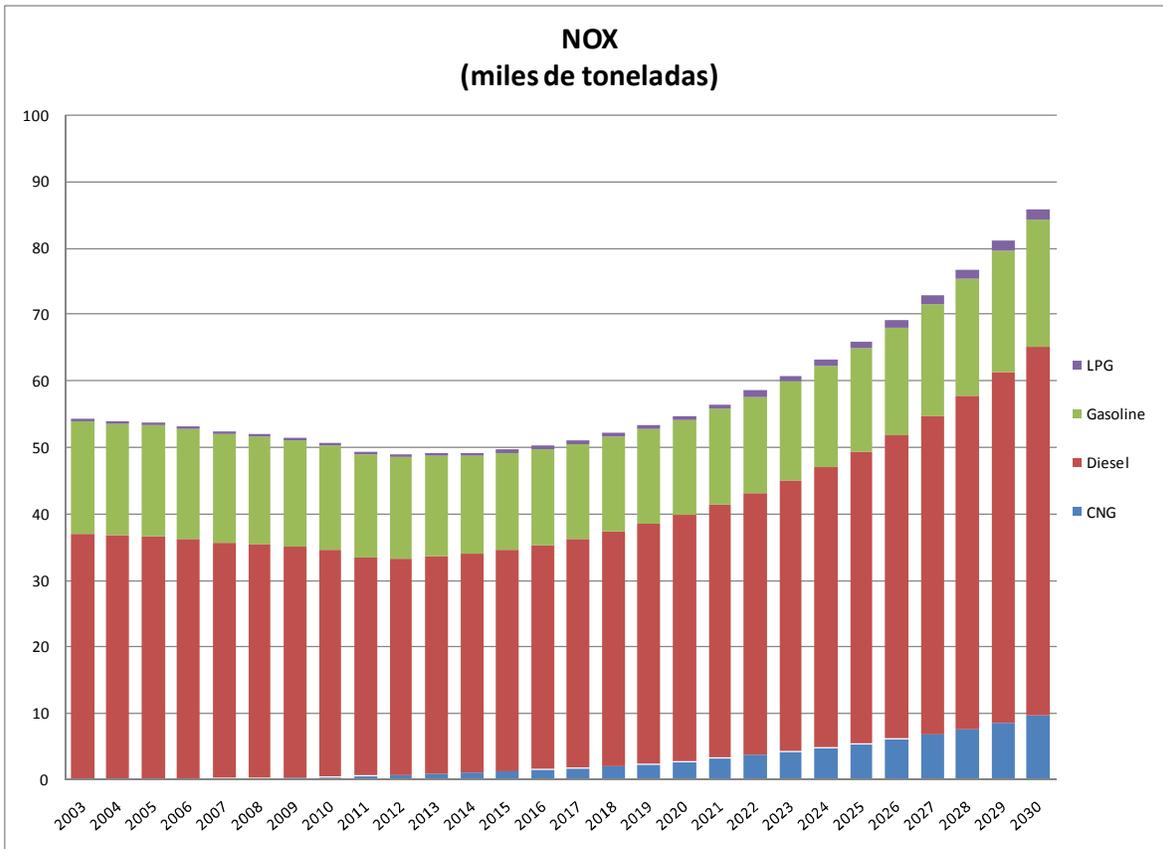
esta asunción puede ser modificada en otro escenario de penetración agresiva del GNV, con la oferta de vehículos originales que usen este combustible; esto se pone a consideración de acuerdo a las tecnologías que ofrezca el mercado en el futuro.

**Figura 9. Estimación de CO**



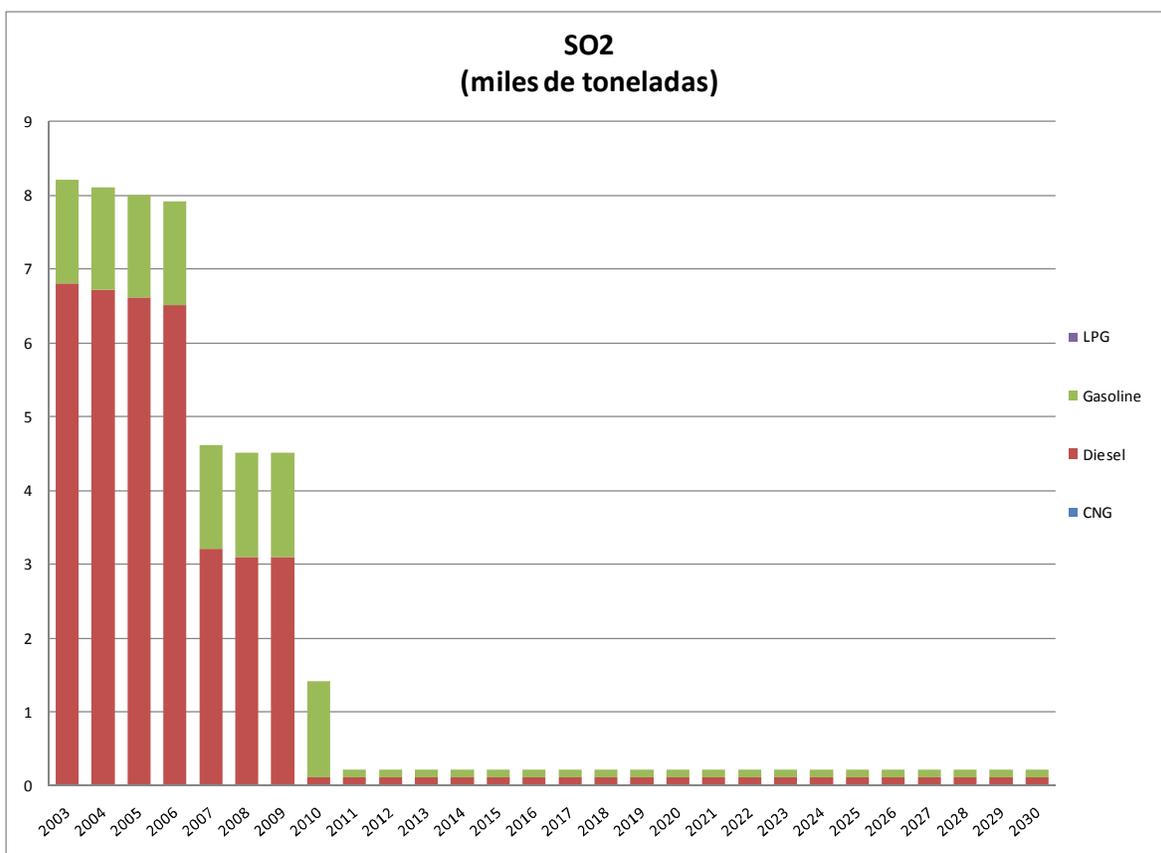
En el caso del NOx vemos en la siguiente figura que los combustibles dominantes responsables de este contaminante en el año base y los primeros años del escenario son el diesel y gasolina, sobre todo por la cantidad de vehículos usuarios de estos combustibles. Los otros combustibles van ganando importancia en los años escenario, pero al no ser de uso más que por la categoría de taxis, no hay una mayor representatividad como fuente de esta emisión.

Figura 10. Estimación del NOx



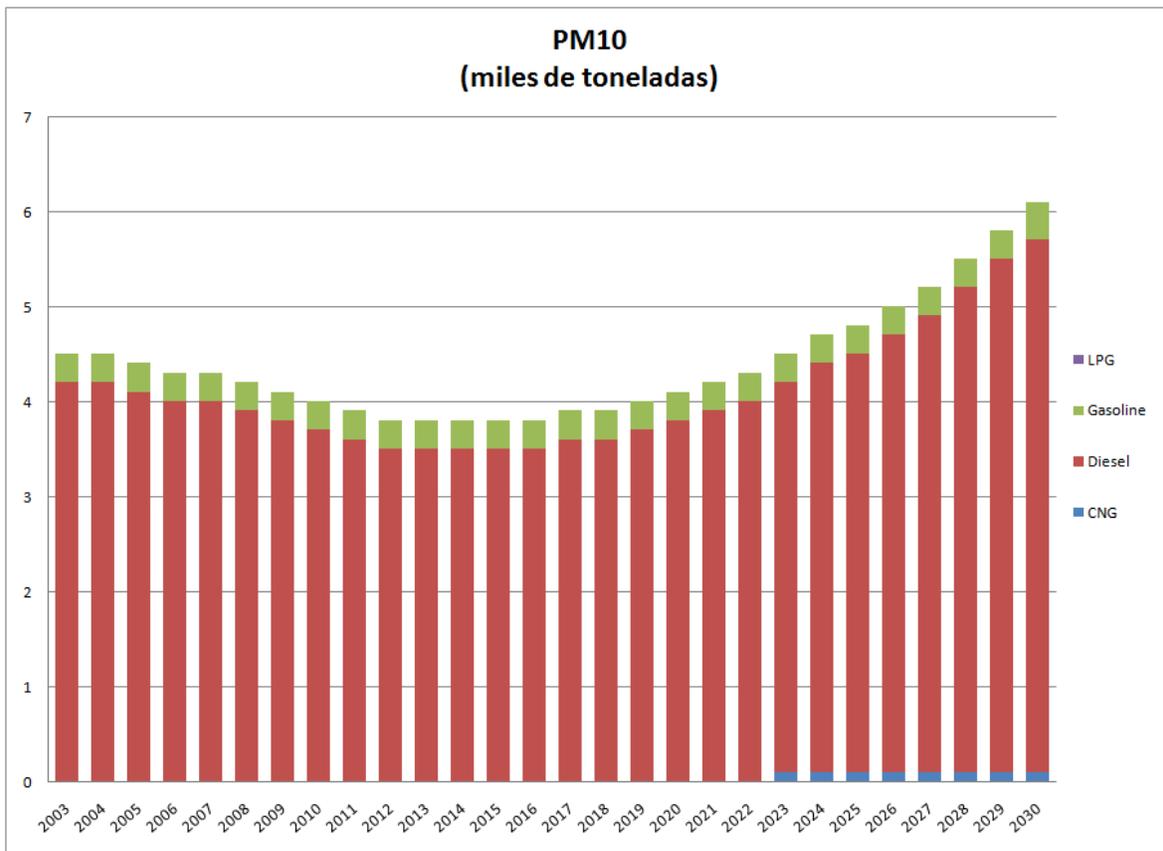
Por otro lado, el SO<sub>2</sub>, es uno de los gases que hay que analizar desde la perspectiva de las regulaciones sobre el contenido de azufre en los combustibles que se han implementado en Lima Metropolitana. En este trabajo, este es el único caso en el que los factores de emisión cambiaron de acuerdo al cambio de combustibles y la tecnología ingresada al mercado. Sin embargo, se asume que este cambio se verifica para todo el parque vehicular, lo que no es totalmente cierto en realidad. ya que, a pesar de la existencia de combustibles más limpios, no siempre son los preferidos por los usuarios debido a su menor disponibilidad o mayores costos. No obstante, recalamos que la siguiente figura representa qué sucedería si efectivamente todo nuestro parque vehicular (con la tecnología adecuada) consumiera los combustibles con menores contenidos de azufre. Como vemos, las reducciones son escalonadas de acuerdo a cómo se aplican las medidas de reducción y los combustibles protagonistas son la gasolina y diesel.

Figura 11. Estimación del SO<sub>2</sub>



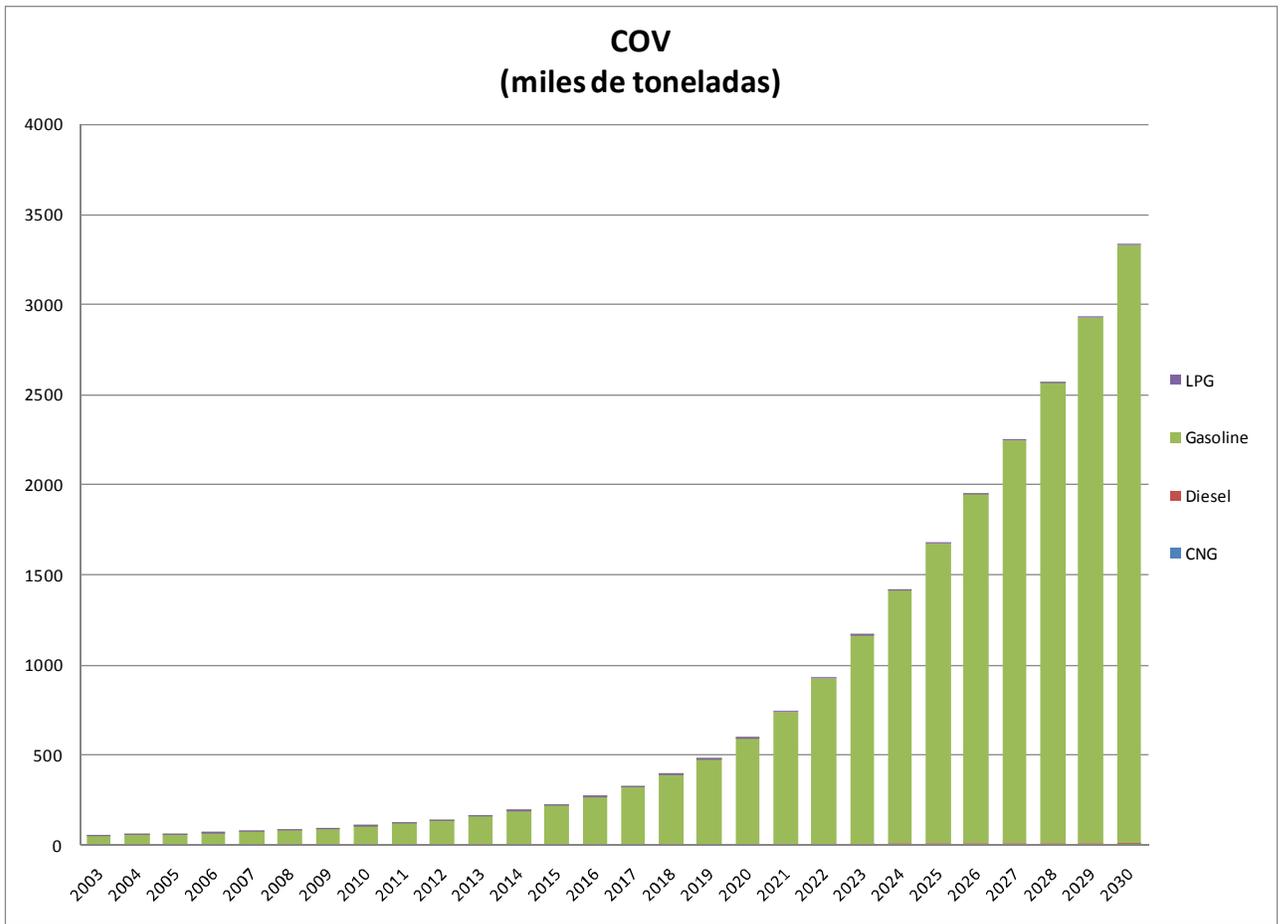
En el caso del PM<sub>10</sub>, el principal responsable de esta emisión, como vemos en la figura 10, es el diesel: el principal abastecedor de energía de todas la categorías vehiculares en el año base, que posteriormente es desplazado por el GNV en la categoría de taxis pero se mantiene igual en todas las demás categorías. No obstante, hay que tener en cuenta que el factor de emisión del año base no ha cambiado, por lo tanto el incremento del gráfico en los años del escenario sólo refleja la emisión si no hubiera mejoras en la tecnología, afirmación que no es válida en la realidad. Para ajustar este resultado a las mejoras tecnológicas de nuestro parque automotor tendríamos que contar con los factores de emisión de las nuevas tecnologías disponibles en Lima Metropolitana.

Figura 12. Estimación del PM10



La Figura 11 muestra a la gasolina como responsable de casi el 100% de las emisiones de a los compuestos orgánicos volátiles, debido a varias de las asunciones hechas. En primer lugar, un retiro poco agresivo de los vehículos antiguos determina un parque creciente y antiguo que todavía usa combustibles como la gasolina. El GNV gana presencia en los años siguientes pero solo aparece como una alternativa para la los taxis, no para los vehículos particulares que, al igual que las motos, la mantienen como su combustible.

Figura 13. Estimación de los compuestos orgánicos volátiles



## **6 Recomendaciones**

Los resultados obtenidos se rigen por la calidad y consistencia de los datos utilizados y las asunciones practicadas, por lo que pueden ser mejorados considerando nuevos escenarios de medidas proyectadas y nueva información disponible o de mejor calidad, de modo que se vayan ajustando mejor a la realidad y las proyecciones sirvan como herramientas de decisión.

Se puede establecer un año base más reciente usando información consistente. También se puede aplicar el modelo LEAP y otros modelos para comparar los resultados y realizar un mejor análisis comparativo de las proyecciones.

Es importante contar con datos de factores de emisiones nacionales que se ajusten a la realidad del parque automotor y del combustibles del país, por lo que sería recomendable realizar un nuevo estudio de factores de emisiones con las características de los vehículos actuales disponibles en el mercado y los nuevos combustibles más populares como el gas natural vehicular y el biodiesel.

## 7 Bibliografía

- Almén, J.; Bauner, J.; Erlandson, L. (2002). Base line emission factors from mobile sources in Lima-Callao. Lima: MTC AB.
- ARAPER (2012). Estadísticas 2008. Lima: Asociación de Representantes Automotrices del Perú. [<http://araper.pe>]
- CGIALLC (2010). Segundo plan integral de saneamiento atmosférico para Lima – Callao. Lima: Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima-Callao.
- (2004). Primer plan integral de saneamiento atmosférico para Lima – Callao. Lima: Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima-Callao.
- CONAM (2001). Primera comunicación nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Lima: Consejo Nacional del Ambiente.
- (1999). Perú: Vulnerabilidad frente al cambio climático. Aproximaciones a la experiencia con el fenómeno El Niño. Lima: Consejo Nacional del Ambiente.
- (1998). Estudio de vulnerabilidad de los recursos hídricos de alta montaña. Lima: Consejo Nacional del Ambiente/Instituto Andino de Glaciología y Geoambiente.
- (1997). Inventario nacional de gases de efecto invernadero 1994. Lima: Consejo Nacional del Ambiente.
- D'Angiola, A.; Dawidowski, L.; Gómez, D.; Osses, M. (2010). On-road traffic emissions in a megacity. *Atmospheric Environment*, 44, 483-493.
- Deuman y Walsh (2005). Estudio de línea base ambiental COSAC I. Lima: Deuman International/Walsh Perú Ingenieros y Científicos Consultores.
- DIGESA (2005). Resultados del inventario de emisiones de fuentes fijas cuenca atmosférica de la ciudad de Lima –Callao. Lima: Dirección General de Salud Ambiental.
- Heaps, C.G., 2012. Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system. [Software version 2014.0.1.14] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA. [www.energycommunity.org](http://www.energycommunity.org)
- Getinsa, Taryet y Geoconsult (2010). Estudio para la consolidación del Sistema Integrado de Transporte Público de Lima – Segundo informe. Lima: Fondo Nacional del Ambiente y Protransporte.
- INEI (2012). Estado de la Población Peruana 2012. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- (2008). Perfil socio-demográfico de la provincia de Lima. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- (2000). Lima y Callao Compendio estadístico 1999-2000. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

- Lents, J., Davis, N., Nikkila, N., Osses, M., (2004) Lima vehicle activity study. California: International Sustainable Systems Research Center.
- MINAM (2010). Segunda comunicación nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MTC (2011). Determinación de las líneas de inspección, según centros de inspección técnica vehicular en el área de Lima y Callao y resto del país. Lima: Ministerio del Transporte y Comunicaciones.
- (2010). El transporte urbano metropolitano de Lima Callao en números a octubre 2010. Lima: Ministerio del Transporte y Comunicaciones.
  - (2007). Los mototaxis en el Área Metropolitana de Lima y Callao. Lima: Ministerio del Transporte y Comunicaciones.
- Municipalidad Metropolitana de Lima (2012). Datos abiertos de la Municipalidad Metropolitana de Lima. [<http://www.munlima.gob.pe/datos-abiertos.html>]
- Pérez, P. (2010). Propuesta de conversión del parque automotor de Lima y Callao para el uso de gas natural (Tesis de titulación). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Proyecto Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático (2009). Inventario nacional integrado de emisiones de gases de efecto invernadero del Perú en el año 2000. Lima: MINAM.

## ANEXO A – Segunda comunicación nacional: emisiones desagregadas

### A.1. Emisiones de GEI en el sector energético (Gg eq)

Categorías de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub> Emisiones	CO <sub>2</sub> Remociones	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
<b>1. Energía</b>	<b>24226</b>	<b>0</b>	<b>1004</b>	<b>170</b>	<b>25400</b>
A. Combustión de combustibles (enfoque sectorial)	24226		593	170	24989
Industrias de energía	3073		2	7	3083
Industrias de manufactura y construcción	3248		2	11	3260
Transporte	9881		29	28	9938
Comercial/Residencial público y agricultura	4555		552	117	5224
Pesquería	2121		2	4	2127
Minería	1348		5	3	1357
B. Emisiones fugitivas de combustibles	0	-	411	-	411
Combustibles sólidos	-	-	4	-	4
Pretróleo y gas natural	-	-	407	-	407

### A.2 Emisiones de GEI por el sector procesos industriales (Gg eq)

Categorías de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub> Emisiones	CO <sub>2</sub> Remociones	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
<b>2. Procesos industriales</b>	<b>7839</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7917</b>
A. Productos minerales	2000	0			2000
B. Industria química	7	0	0	79	86
C. Producción de metal	5832	0	0	0	5832
D. Otra producción	0	0	0	0	0

### A.1.3 Emisiones de GEI de los sectores agricultura, uso de la tierra y desechos (Gg eq)

Categorías de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub> Emisiones	CO <sub>2</sub> Remociones	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
4. Agricultura	-		12150	10397	22544
A. Fermentación entérica	-		10410	0	10410
B. Manejo de estiércol	-		336	620	956
C. Cultivos de arroz	-		894	0	894
D. Suelos agrícolas	-		0	9666	9666
E. Quema de sabanas	-		424	78	501
F. Quema de residuos agrícolas	-		86	31	117
G. Otros	-		0	0	0
5. Cambio de uso del suelo y silvicultura	110060	-53541	261	47	1
A. Cambios de biomasa forestal y otros stocks leñosos	-	-53541	0	0	-53541
B. Conversión de bosques y pasturas	110060		261	47	110368
6. Desechos	-		6860	475	7334
A. Residuos sólidos (rellenos sanitarios y botaderos)	-		6190	0	6190
B. Vertimientos de aguas residuales	-		670	475	1145

## ANEXO B – Información de variables socioeconómicas

### B.1 Producto bruto interno, según departamento, 2001-2010 (millones de nuevos soles)

Departamento	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Amazonas	713,283	748,512	788,252	828,113	886,098	947,537	1,019,239	1,096,782	1,134,817	1,223,168
Ancash	4,264,848	5,002,200	5,108,579	5,253,291	5,419,565	5,550,260	5,932,921	6,457,790	6,466,821	6,674,250
Apurímac	513,671	543,195	570,523	602,752	647,375	705,842	725,416	746,771	786,070	869,671
Arequipa	5,925,803	6,426,819	6,652,795	7,015,309	7,495,342	7,952,656	9,193,252	9,995,135	10,013,668	10,862,440
Ayacucho	1,034,536	1,096,438	1,154,810	1,146,300	1,250,596	1,367,277	1,535,601	1,676,957	1,861,771	1,965,340
Cajamarca	3,532,517	3,899,627	4,239,997	4,300,235	4,615,762	4,569,653	4,229,719	4,595,685	4,920,278	4,855,088
Cusco	2,601,352	2,495,739	2,650,262	3,123,972	3,399,360	3,801,775	4,166,288	4,466,897	4,664,246	5,356,700
Huancavelica	1,186,443	1,167,209	1,200,522	1,217,731	1,304,894	1,385,072	1,345,979	1,383,979	1,433,330	1,469,994
Huánuco	1,268,731	1,295,158	1,416,082	1,456,179	1,489,767	1,525,127	1,561,718	1,664,728	1,674,881	1,794,744
Ica	2,704,603	2,881,768	2,980,564	3,243,769	3,674,862	3,983,793	4,352,162	5,308,770	5,511,726	5,958,189
Junín	3,926,630	4,043,976	4,129,039	4,386,276	4,395,033	4,873,585	5,186,921	5,618,786	5,489,523	5,884,587
La Libertad	4,884,885	5,201,706	5,546,278	5,509,043	6,056,995	7,001,077	7,714,464	8,303,876	8,444,032	9,204,533
Lambayeque	3,232,646	3,390,632	3,527,421	3,369,788	3,641,260	3,837,890	4,245,403	4,602,479	4,742,403	5,120,588
Lima	56,250,024	58,409,932	60,541,005	63,640,104	68,042,728	74,159,327	82,029,344	90,968,508	91,357,198	100,445,690
Loreto	2,437,682	2,556,723	2,614,188	2,707,257	2,825,364	2,972,445	3,105,041	3,259,269	3,329,728	3,560,743
Madre de Dios	409,367	449,259	449,017	494,148	544,043	565,342	626,829	674,783	656,473	710,371
Moquegua	1,605,836	1,871,831	2,006,978	2,157,370	2,252,236	2,263,407	2,256,846	2,380,381	2,348,279	2,482,180
Pasco	1,386,018	1,512,180	1,506,843	1,563,519	1,580,671	1,713,379	1,914,504	1,937,316	1,844,152	1,812,554
Piura	4,448,783	4,574,952	4,732,866	5,118,678	5,409,217	5,938,875	6,523,105	6,972,970	7,110,082	7,505,171
Puno	2,607,004	2,800,570	2,830,070	2,907,340	3,059,759	3,213,929	3,448,855	3,630,828	3,754,262	4,046,682
San Martín	1,368,041	1,415,563	1,464,116	1,586,538	1,728,977	1,819,008	1,983,231	2,178,177	2,257,257	2,407,685
Tacna	1,650,411	1,718,371	1,826,170	1,936,943	2,012,650	2,094,159	2,223,776	2,319,570	2,288,683	2,581,733
Tumbes	517,591	538,915	563,199	602,993	688,785	665,285	722,302	770,598	787,219	876,361
Ucayali	1,221,856	1,281,902	1,328,456	1,439,891	1,539,686	1,640,186	1,708,637	1,808,232	1,850,376	1,947,678
PBI	121 317 087	127,407,427	132,544,850	139,141,251	148,639,991	160,145,464	174,348,006	191,366,582	192,993,822	209,886,154

Fuente: INEI, Producto Bruto interno por departamentos 2010 -2011.

## B.2 Producto bruto interno por actividad económica, 1991-2010 (millones de nuevos soles)

**PERÚ: Compendio Estadístico 2011**

### 21.6 PRODUCTO BRUTO INTERNO POR ACTIVIDAD ECONÓMICA, 1991 - 2010

Valores a Precios Constantes de 1994

(Millones de Nuevos Soles)

Año	Producto Bruto Interno	Valor Agregado										Im- pues- tos 1/	
		Agricult. Caza y Silvicult.	Pes- ca	Explot, Minas y Canter.	Manu- fac- tura	Electri- cidad y Agua	Cons- truc- ción	Comer- cio	Trans- porte y Comun.	Restau- rantes y Hoteles	Servic. Guberna- mentales		Otros Servi- cios
1991	83 760	6 672	446	3 699	13 503	1 563	3 351	12 146	6 372	3 710	5 811	18 727	7 760
1992	83 401	6 066	567	3 732	13 059	1 477	3 427	12 040	6 622	3 457	5 881	19 078	7 994
1993	87 375	6 614	589	4 114	13 501	1 687	4 039	12 395	6 913	3 616	6 055	19 527	8 325
1994	98 577	7 487	713	4 606	15 748	1 871	5 497	14 364	7 411	4 109	6 240	20 927	9 604
1995	107 064	8 202	614	4 799	16 616	1 874	6 452	15 952	8 261	4 298	6 658	22 475	10 864
1996	109 760	8 630	584	5 045	16 862	1 985	6 305	16 095	8 725	4 429	6 871	23 308	10 920
1997	117 294	9 099	574	5 501	17 758	2 237	7 245	17 352	9 210	4 711	7 029	24 732	11 847
1998	116 522	9 145	497	5 705	17 139	2 376	7 289	16 817	9 122	4 661	7 115	24 782	11 875
1999	117 587	10 069	637	6 451	17 010	2 447	6 521	16 645	9 312	4 712	7 361	25 082	11 341
2000	121 057	10 729	704	6 608	18 001	2 525	6 099	17 291	9 552	4 794	7 490	25 578	11 686
2001	121 317	10 796	626	7 263	18 118	2 566	5 700	17 444	9 511	4 786	7 410	25 473	11 625
2002	127 407	11 455	664	8 133	19 147	2 706	6 136	18 013	9 859	4 932	7 752	26 526	12 084
2003	132 545	11 795	596	8 579	19 830	2 805	6 413	18 453	10 346	5 162	8 246	27 604	12 717
2004	139 141	11 630	779	9 031	21 300	2 931	6 712	19 604	11 010	5 394	8 598	28 619	13 534
2005	148 640	12 259	804	9 790	22 887	3 094	7 276	20 821	11 949	5 684	9 321	30 075	14 679
2006	160 145	13 286	823	9 926	24 607	3 307	8 350	23 248	13 047	5 984	10 029	31 940	15 599
2007 P/	174 348	13 718	879	10 195	27 337	3 588	9 737	25 498	15 513	6 517	10 339	34 431	16 596
2008 P/	191 367	14 706	934	10 973	29 825	3 867	11 339	28 753	17 070	7 240	10 742	37 371	18 547
2009 E/	192 994	15 048	861	11 037	27 674	3 912	12 036	28 657	17 140	7 404	11 874	39 085	18 267
2010 E/	209 886	15 692	719	11 023	31 450	4 215	14 135	31 424	18 285	7 923	12 297	42 454	20 270

1/ Incluye derechos de importación y otros impuestos a los productos.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Dirección Nacional de Cuentas Nacionales.

### B.3 Número de familias por tipos de combustible residencial

Número de familias por el tipo de combustible consumido en la vivienda - Lima Metropolitana										
Año	GAS (GLP/GN)	GAS +OTRO	LEÑA	Carbón	Kerosene	Más de un combustible	No cocina	GN	GLP	Total
2001	1039339	310584	7126	380	278918	92202	25707	0	1039339	<b>1754256</b>
2002	1181640	260937	4524	0	283685	114041	25727	0	1181640	<b>1870555</b>
2003	1230980	246458	12535	0	208378	88817	44356	0	1230980	<b>1831525</b>
2004	1267316	222239	14326	0	219139	71540	56204	0	1267316	<b>1850764</b>
2005	1423970	190960	17043	3192	161221	97643	62690	1472	1422498	<b>1956720</b>
2006	1514176	173649	23050	8027	102818	99728	95034	4891	1509285	<b>2016482</b>
2007	1563515	222042	13441	15178	81919	104969	71811	7359	1556156	<b>2072875</b>
2008	1434926	493157	10889	6597	49703	108820	79880	11449	1423477	<b>2183971</b>
2009	1422845	548754	10581	10154	41320	124568	80972	16554	1406291	<b>2239195</b>
2010	1355274	645842	7708	7373	23956	171185	80666	35013	1320261	<b>2292004</b>

Fuente: INEI- ENAHO, 2010

#### B.4 Necesidades básicas insatisfechas para el Perú por año

Años	Indicador NBI	Población con al menos una NBI (%)
2001	Con una NBI	28.1
2001	Con dos a cinco NBI	13.8
2001	Con al menos una NBI	41.9
2002	Con una NBI	26.1
2002	Con dos a cinco NBI	13.8
2002	Con al menos una NBI	39.9
2003	Con una NBI	25.8
2003	Con dos a cinco NBI	12.2
2003	Con al menos una NBI	38
2004	Con una NBI	24.6
2004	Con dos a cinco NBI	12
2004	Con al menos una NBI	36.6
2005	Con una NBI	25.3
2005	Con dos a cinco NBI	11.9
2005	Con al menos una NBI	37.2
2006	Con una NBI	24.1
2006	Con dos a cinco NBI	10.1
2006	Con al menos una NBI	34.1
2007	Con una NBI	23.1
2007	Con dos a cinco NBI	9.7
2007	Con al menos una NBI	32.9
2008	Con una NBI	22.2
2008	Con dos a cinco NBI	9.2
2008	Con al menos una NBI	31.3
2009	Con una NBI	21.5
2009	Con dos a cinco NBI	7.7
2009	Con al menos una NBI	29.1
2010	Con una NBI	19.9
2010	Con dos a cinco NBI	6.5
2010	Con al menos una NBI	26.4

Fuente: INEI - Encuesta Nacional de Hogares, 2001-2010.

## B.5 Tendencias del índice de desarrollo humano para Perú

<b>Año</b>	<b>Tasa promedio de crecimiento anual (%)</b>
1980	0.759
1985	0.769
1990	0.765
1995	0.784
2000	0.811
2005	0.829
2006	0.834
2007	0.84

Fuente: Informe sobre Desarrollo Humano 2009. PNUD

## B.6 Evolución la emisión de gases de efecto invernadero, 1994-2007

Gases de efecto invernadero			Total CO <sub>2</sub> Eq	Dióxido de carbono	Metano	Óxido nitroso
1994	a/		98,816,360	67,853,550	811,610	44,900
1995			106,693,265	73,749,520	861,625	47,902
1996			111,727,469	77,135,983	904,926	50,284
1997			116,814,155	80,626,493	947,912	52,521
1998			113,261,660	77,223,207	945,693	52,190
1999			118,308,378	80,468,329	991,759	54,881
2000	a/		119,549,770	88,583,630	965,440	34,490
2001			118,051,535	89,206,833	1,128,230	16,619
2002			124,484,902	94,169,014	1,187,667	17,338
2003			128,077,232	96,474,878	1,240,549	17,906
2004			132,154,034	99,377,393	1,288,946	18,415
2005			134,946,601	100,728,156	1,348,551	19,029
2006			143,421,655	107,259,259	1,424,802	20,134
2007			146,948,599	109,465,653	1,478,513	20,755
<p><b>Nota:</b> Los potenciales de calentamiento global (PCG) del CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub> son 21 y 310, respectivamente con respecto al CO<sub>2</sub>. La estimación de los GEI fue realizada empleando las Guías del Panel Intergubernamental de Cambio Climático e incluyen en la parte energética, los consumos de combustibles de los sectores generación, industria, minería, residencial comercial, público, transportes, agricultura y pesca, siendo el sector de transportes el mayor generador de CO<sub>2</sub>eq. La parte energética incluye también las emisiones generadas durante los procesos industriales y por la manipulación y consumo de solventes. En la parte no energética se consideran los sectores agricultura, uso del suelo y su cambio de uso (deforestación) y finalmente residuos, siendo la deforestación la mayor fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> del país, inclusive más que cualquier fuente energética 42% del total nacional.</p>						
<p>a/ En los años 1994 y 2000 se realizaron los inventarios de emisiones, a partir de ellos se han realizado proyecciones en base a escenarios socio económicos futuros. Las proyecciones a partir del 2001 han sido ajustadas en función a los datos del inventario 2000.</p>						

Fuentes: MINAM y CONAM.