

Pontificia Universidad Católica del Perú

Facultad de Ciencias e Ingeniería



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**“IMPACTO ECONÓMICO POR LA REDUCCIÓN DE EMISIONES GASEOSAS Y
MATERIAL
PARTICULADO EN LIMA METROPOLITANA POR EL USO DEL GAS
NATURAL COMO COMBUSTIBLE EN EL PARQUE AUTOMOTOR”**

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

Milka Marina Perales LLanos

Asesor: Atilio Alejandro Antonioli Delucchi

Lima, Noviembre del 2015

RESUMEN EJECUTIVO

Según, el Ministerio del Ambiente, el 70% por ciento del parque automotor es el causante de la contaminación del aire en Lima Metropolitana. Se proyecta tener para el año 2025, según el Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte Terrestre, la cantidad de 46 mil toneladas de material particulado. En el 2011, en la zona Lima Este se sobrepasó los límites máximos permisibles en PM_{10} .

Según, la Organización Mundial de la Salud (2009), Lima lideraba con peores indicadores de calidad de aire revelando más de la mitad de la población limeña que reside en urbes con índices de polución 2.5 veces mayores de los recomendados. La Dirección de Salud V “DISA V”, manifiesta estadísticamente que la morbilidad en Lima Metropolitana en el año 2006 y 2007 se debe por afecciones respiratorias en un 25 %.

Actualmente, según el Ministerio del Ambiente los principales factores de contaminación en Lima Metropolitana son el parque automotor en un 70% y el porcentaje restante la industria estacionaria. Además, la Dirección de Salud V, manifiesta que la morbilidad por afecciones respiratorias en Lima Metropolitana, en los años 2006 y 2007, es de 25%.

Por todas estas razones se realiza el estudio de la presente investigación que tiene como objetivo principal evaluar el impacto económico asociado a la inversión requerida para la reducción de emisiones gaseosas y material particulado debido al cambio de combustible de gasolina a gas natural en el parque automotor; frente a los ahorros que se obtienen por la reducción de enfermedades respiratorias en Lima Metropolitana y la consiguiente reducción de sus costos asociados.

Para la realización se cuantificó el parque automotor en Lima Metropolitana agrupando por el tipo de combustible que usan en mayor proporción (gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural vehicular); luego, se cuantificó la cantidad de contaminación en el aire producto de las emisiones de los combustibles del parque automotor y se cuantificó la población impactada en salud; finalmente, se evaluó la reducción de emisiones usando los factores de emisión, se analizó la viabilidad del uso del gas natural y gas licuado de petróleo para reducir el impacto por salud bajo dos panoramas el costo por salud y el costo por insistencia.


 PONTIFICIA
 UNIVERSIDAD
 CATÓLICA
 DEL PERÚ

TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial
 ALUMNA : **MILKA MARINA PERALES LLANOS**
 CÓDIGO : 2007.4114.7.12
 PROPUESTO POR : Ing. Atilio Alejandro Antonioli Delucchi
 ASESOR : Ing. Atilio Alejandro Antonioli Delucchi
 TEMA : **IMPACTO ECONÓMICO POR LA REDUCCIÓN DE EMISIONES GASEOSAS Y MATERIAL PARTICULADO EN LIMA METROPOLITANA POR EL USO DEL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE EN EL PARQUE AUTOMOTOR.**
 N° TEMA : 1204
 FECHA : San Miguel, 12 de febrero de 2015


JUSTIFICACIÓN:

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando no existe un equilibrio, como resultado de la presencia en el aire de materiales nocivos producidos por el hombre, en cantidades grandes como para producir efectos perjudiciales para el medio ambiente como para el hombre. Dicho problema, está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre¹.

La importancia que actualmente se concede a la contaminación ambiental es resultado de los problemas que ésta ha ocasionado en los últimos años, como por ejemplo, según un programa de monitoreo del aire, realizado en el centro de Lima, desde enero a julio del 2010, de 183 mediciones que se hicieron, 178 superaron los lineamientos recomendados en 1987 por la Organización Mundial de la Salud en cuanto a partículas inferiores a 10 micras, las cuales están compuestas por partículas finas que ingresan fácilmente por las vías respiratorias a los pulmones causando problemas de salud al ser humano. Por ello, si no se cambia el uso de combustibles fósiles por otras fuentes de energía, pueden generarse catástrofes de mayor envergadura.

¹ ROMERO PLACERES, Manuel, OLITE, Francisca y ÁLVAREZ, Mireya 2006 "La Contaminación del Aire: su repercusión como problema de salud". http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S156130032006000200008&script=sci_arttext

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
 T: (511) 626 2000
www.pucp.edu.pe

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

- 2 -

Por Ley N° 26410 en el Perú, se estableció el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM)². De acuerdo a esta ley el CONAM tenía como objetivo de promover la conservación del ambiente a fin de coadyuvar el desarrollo integral de la persona humana sobre la base de garantizar una adecuada calidad de vida y propiciar el equilibrio entre el desarrollo socioeconómico, el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación del ambiente³.

Actualmente, según el Ministerio del Ambiente⁴ los principales factores de la contaminación en Lima Metropolitana son el parque automotor (70%) y la industria estacionaria (30%). Además, la Dirección de Salud V, manifiesta que la morbilidad por afecciones respiratorias en Lima Metropolitana, en el año 2006 y 2007, es de 25 % por efecto de las afecciones respiratorias.

Por lo tanto, el estudio a realizar resulta importante para proveer pronósticos de reducción de emisiones con el uso del gas como combustible y repercutiendo en el costo asociado que el estado gasta en salud por las afecciones respiratorias.

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el impacto económico asociado a la inversión requerida para la reducción de emisiones gaseosas y material particulado, debido al cambio de combustible de gasolina a gas natural en el parque automotor; frente a los ahorros que se obtienen por la reducción de enfermedades respiratorias en Lima Metropolitana y la consiguiente reducción de sus costos asociados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Cuantificar el parque automotor en Lima Metropolitana.
- Cuantificar la población impactada en salud por la contaminación atmosférica.
- Cuantificar las emisiones gaseosas y de material particulado en Lima Metropolitana mediante los factores de emisión.
- Determinar el costo asociado a las enfermedades respiratorias.
- Evaluar la reducción de emisiones por el uso del gas como combustible en el parque automotor.
- Evaluar la relación de reducción entre las emisiones por el uso del gas como combustible con el costo asociado a las enfermedades respiratorias.
- Analizar la viabilidad de usar gases menos contaminantes (GNV⁵ o GLP⁶) de manera que reduzca el impacto por la salud.

² Ley del Consejo Nacional del Ambiente Ley N° 26410 – 22/12/2004

³ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

1994 Ley N° 26410 "Ley de Creación del Consejo Nacional del Ambiente - CONAM". 22 de diciembre.

⁴ MINISTERIO DEL AMBIENTE

2012 "Parque Automotor ocasiona el 70% de la Contaminación del Perú". *Diario El Comercio*. 27/03. <http://elcomercio.pe/planeta/1388897/noticia-parque-automotor-ocasiona-70-contaminacion-peru>

⁵ Gas Natural Vehicular "GNV"

⁶ Gas Licuado de Petróleo "GLP"

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
T: (511) 626 2000

www.pucp.edu.pe

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

- 3 -

PUNTOS A TRATAR:**a. Marco Teórico:**

En el capítulo se definirá conceptos como contaminación y los tipos existentes en el medio ambiente; también, el parque automotor, como está formado y como afecta este al medio ambiente; luego, se definirá el aire y la contaminación del aire ya que es la principal consecuencia que provoca el parque automotor y como afecta esta contaminación en la salud del hombre; es decir las enfermedades que puede causar.

b. Situación Actual:

Se buscará la información necesaria para la elaboración de los modelos de comportamiento del parque automotor, de la emisión de gases, de las enfermedades respiratorias ocasionadas por la contaminación, así como los costos de adecuación de los vehículos que usan combustible contaminante por gas no contaminante.

c. Modelos estadísticos:

Se determinarán varios modelos de comportamiento que nos permitan relacionar la reducción de las emisiones dañinas con la disminución de las enfermedades respiratorias. Para ello se comenzará con el modelo del parque automotor, luego el de las emisiones que son generadas por el parque automotor (CO_2 , $PM_{2.5}$, PM_{10} , SO_2 y NO_2); y finalmente el de las enfermedades respiratorias generadas por dichas emisiones.

d. Análisis económico:

En este capítulo se evaluará la inversión requerida, los costos y el impacto económico de la propuesta de reducir las emisiones con el cambio de gasolina a gases menos contaminantes.

e. Conclusiones y recomendaciones.

Máximo: 100 páginas


ASESOR



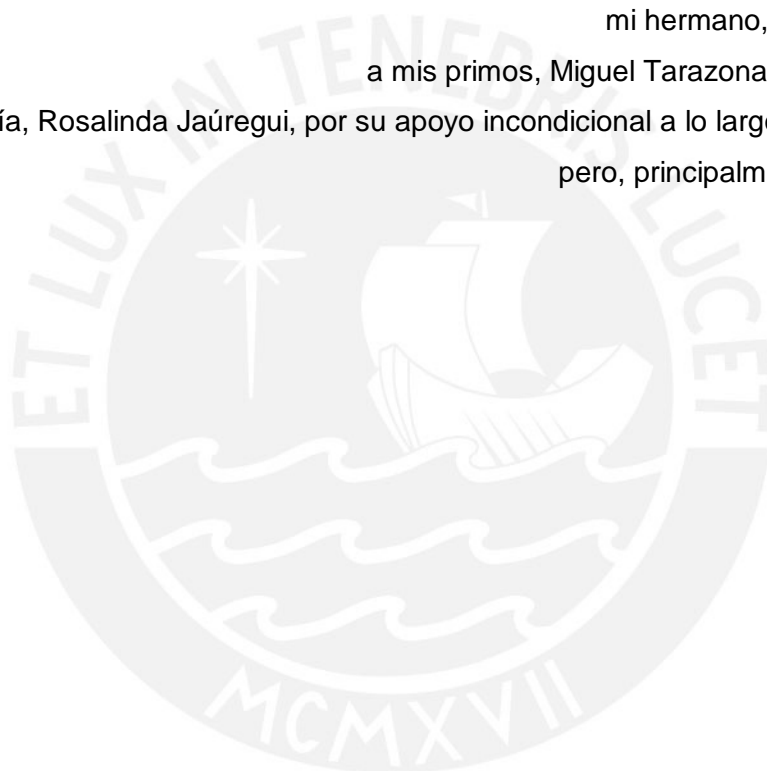
Av. Universitaria N° 1801, San Miguel

T: (511) 626 2000

www.pucp.edu.pe

DEDICATORIA

A mi padre, Roberto Perales;
mi madre, Carmela Llanos;
mi hermano, Roberto Perales;
a mis primos, Miguel Tarazona e Iveth Tarazona
y a mi tía, Rosalinda Jaúregui, por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida;
pero, principalmente por su amor.



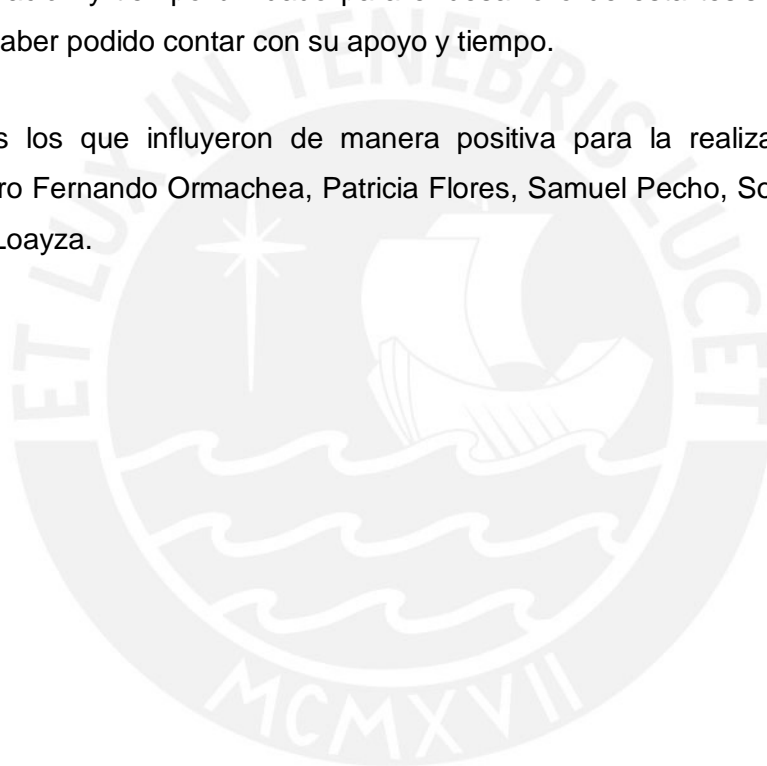
AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser el que siempre bendice y guía mi vida; pero, principalmente por ser el motor de ella ya que sin su presencia ABSOLUTAMENTE nada sería.

A mis padres y familia, por su amor, consejos y apoyo incondicional en cada meta que me he propuesto a lo largo de mi vida y el haber estado a mi lado.

A mi asesor, Ingeniero Alejandro Antonioli, por sus enseñanzas, dedicación, preocupación y tiempo brindado para el desarrollo de esta tesis. Ha sido todo un honor haber podido contar con su apoyo y tiempo.

A todos los que influyeron de manera positiva para la realización de la tesis Ingeniero Fernando Ormachea, Patricia Flores, Samuel Pecho, Sor Karen Vargas y Mirtha Loayza.



ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| ÍNDICE DE TABLAS | x |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | xi |
| GLOSARIO | xii |
| INTRODUCCIÓN | xiv |
| 1. MARCO TEÓRICO | 1 |
| 1.1. CONTAMINACIÓN | 1 |
| 1.2. CLASIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN | 2 |
| 1.3. CONTAMINACION DEL AIRE | 4 |
| 1.4. PARQUE AUTOMOTOR | 7 |
| 1.5. COMBUSTIBLES DEL PARQUE AUTOMOTOR | 8 |
| 1.6. CONTAMINACIÓN DEL AIRE OCASIONADO POR LOS COMBUSTIBLES DEL PARQUE AUTOMOTOR EN LIMA METROPOLITANA | 14 |
| 1.7. ENFERMEDADES GENERADAS POR LA CONTAMINACION DEL PARQUE AUTOMOTOR | 21 |
| 2. SITUACIÓN ACTUAL | 25 |
| 2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE AUTOMOTOR | 25 |
| 2.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE AUTOMOTOR SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE | 33 |
| 2.3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS EMISIONES | 35 |
| 2.4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENFERMEDADES CAUSADAS POR LOS CONTAMINANTES | 37 |
| 3. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA APLICAR | 40 |
| 4. PROYECCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR | 43 |
| 4.1. PROYECCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE | 45 |
| 5. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LIMA METROPOLITANA PROYECTADO | 56 |
| 6. CÁLCULO DE LAS ENFERMEDADES CAUSADAS POR LOS CONTAMINANTES PROYECTADOS | 61 |
| 7. CÁLCULO DE LOS COSTOS QUE SE INVIERTE POR REDUCIR LAS EMISIONES DEL PARQUE AUTOMOTOR PROYECTADO | 64 |
| 8. ANÁLISIS Y COSTO DE LA INVERSIÓN REQUERIDA PARA REDUCIR LAS EMISIONES | 67 |
| 9. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO | 76 |
| 9.1. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS A GNV- IMPACTO AMBIENTAL | 76 |
| 9.2. COSTO DE CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS A GNV – IMPACTO ECONÓMICO | 78 |
| 9.3. REDUCCIÓN DE COSTOS POR SALUD-IMPACTO ECONÓMICO | 80 |
| 9.4. REDUCCIÓN DE COSTOS POR INASISTENCIA | 82 |

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 9.5. | FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO | 83 |
| 10. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 86 |
| 10.1. | CONCLUSIONES | 86 |
| 10.2. | RECOMENDACIONES | 87 |
| 11. | BIBLIOGRAFÍA | 88 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Composición del aire atmosférico (en porcentaje) | 4 |
| Tabla 2: Especificaciones técnicas del diésel. | 9 |
| Tabla 3: Especificaciones técnicas del GLP | 12 |
| Tabla 4: Composición química del Gas Natural | 13 |
| Tabla 5: Propiedad del Gas Natural | 13 |
| Tabla 6: Principales partículas en la atmósfera..... | 18 |
| Tabla 7: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana (en unidades) | 27 |
| Tabla 8: Límite de antigüedad del transporte público..... | 28 |
| Tabla 9: Antigüedad de unidades autorizadas de transporte público de lima por modalidad de servicio – al 28/05/2009 | 28 |
| Tabla 10: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana (en unidades) | 30 |
| Tabla 11: Clasificación del Parque Automotor por Tipo de Vehículo (unidades)..... | 31 |
| Tabla 12: Parque Vehicular por Tipo de Transporte (unidades)..... | 32 |
| Tabla 13: Parque Vehicular por el tipo de Combustible (en unidades) | 34 |
| Tabla 14: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ug/m3) | 35 |
| Tabla 15: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire: D.S. 003-2008-MINAM ... | 36 |
| Tabla 16: Estados de Alerta | 36 |
| Tabla 17: Valores de Tránsito Permitido | 37 |
| Tabla 18: Cantidad de afecciones respiratorias al año | 39 |
| Tabla 19: Parámetros de las Regresiones en análisis. | 44 |
| Tabla 20: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana proyectada hasta el 2040..... | 44 |
| TABLA 21: Cantidad de vehículos en Lima Metropolitana-Gasolina..... | 46 |
| Tabla 22: Parámetros de las Regresiones Analizadas..... | 46 |
| Tabla 23: Cantidad de Vehículos que usan Gasolina en unidades (2012-2040)..... | 47 |
| Tabla 24: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana-Diésel (unidades)..... | 48 |
| Tabla 25: Parámetros de las Regresiones Analizadas..... | 48 |
| Tabla 26: Cantidad de Vehículos que usan Diésel en unidades (2012-2040)..... | 49 |
| Tabla 27: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana-GLP..... | 50 |
| Tabla 28: Parámetros de las Regresiones Analizadas..... | 50 |
| Tabla 29: Cantidad de Vehículos que usan GLP en unidades (2012-2040) | 51 |
| Tabla 30: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana-GNV | 52 |
| Tabla 31: Parámetros de la Regresiones Analizadas | 53 |
| Tabla 32: Cantidad de Vehículos que usan GNV en unidades (2012-2040)..... | 54 |
| Tabla 33: Parque Automotor Proyectado en unidades (2012-2040) | 55 |
| Tabla 34: Conformación del parque automotor por tipo de vehículos que usan gasolina | 57 |
| Tabla 35: Factores de Emisiones (kg/km) | 58 |
| Tabla 36: Total de Emisiones por Contaminante (Kg/año)..... | 59 |
| Tabla 37: Cantidad de Enfermo por afecciones respiratorias..... | 61 |
| Tabla 38: Parámetros de las ecuaciones de regresión | 62 |
| Tabla 39: Cantidad de Personas con Afecciones Respiratorias..... | 62 |
| Tabla 40: Costo de Salud en soles | 65 |
| Tabla 41: Costo de Inasistencia en soles..... | 66 |
| Tabla 42: Porcentaje de Conversión de Gasolina-Gas Natural Vehicular. | 67 |
| Tabla 43: Conversión del parque vehicular de gasolina – gas natural vehicular. (Unidades)69 | |
| Tabla 44: Conversión del parque automotor que se ha convertido de gasolina - gas natural vehicular..... | 70 |
| Tabla 45: Parque Automotor Total Propuesto (unidades) | 71 |
| Tabla 46: Total de Emisiones por Contaminante - Propuesto (mil Kg/año)..... | 72 |
| Tabla 47: Cantidad de enfermos con el aumento de conversión a GNV..... | 73 |
| Tabla 48: Costo de Salud en soles | 74 |
| Tabla 49: Costo de Inasistencia en soles..... | 75 |
| Tabla 50: Cantidad total reducida de contaminación por combustible y material particulado mil Kg/año | 77 |
| Tabla 51: Cantidad total reducida de enfermos (2015-2040) | 78 |
| Tabla 52: Costo Total de Conversión (2015-2040) | 79 |
| Tabla 53: Reducción de Costo de Salud en soles (2015-2040) | 81 |

| | |
|---|----|
| Tabla 54: Reducción de Costo de Inasistencia en soles (2015-2040) | 82 |
| Tabla 55: Evaluación Económica | 84 |
| Tabla 56: Tabla de los ahorros netos totales aplicando los diferentes porcentajes de subvención | 85 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1: Contaminación generada por el parque automotor..... | 14 |
| Gráfico 2: Calidad del aire según estaciones de monitoreo en Lima-so2 | 15 |
| Gráfico 3: Calidad del aire según estaciones de monitoreo en Lima-NO2 | 17 |
| Gráfico 4: Calidad del aire según estaciones de monitoreo en Lima-PM2.5 | 18 |
| Gráfico 5: Calidad del aire según estaciones de monitoreo en Lima-PM10 | 19 |
| Gráfico 6: Efectos de los Contaminantes del Aire en la Salud | 23 |
| Gráfico 7: Enfermedades causadas por la contaminación del parque automotor. | 24 |
| Gráfico 8: Variación Porcentual en el Parque Automotor a nivel Nacional..... | 26 |
| Gráfico 9: Población Total censada hasta el 2007 – Lima Metropolitana..... | 27 |
| Gráfico 10: Viajes Motorizados en Lima..... | 29 |
| Gráfico 11: Clasificación del Parque Automotor por Tipo de Transporte | 31 |
| Gráfico 12: Clasificación del Parque Vehicular por el Uso de Combustible | 33 |
| Gráfico 13: Parque Vehicular según tipo de combustible..... | 34 |
| Gráfico 14: Etapas del impacto económico desarrollado. | 42 |
| Gráfico 15: Parque Automotor Lima – Gasolina..... | 46 |
| Gráfico 16: Parque Automotor Lima – Diésel | 49 |
| Gráfico 17 : Parque Automotor Lima – Gas Licuado de Petróleo..... | 51 |
| Gráfico 18: Parque Automotor en Lima metropolitana – GNV..... | 53 |
| Gráfico 19: Parque Vehicular Proyectado según tipo de combustible..... | 55 |
| Gráfico 20: Total de Contaminación Proyectada al 2040 | 60 |
| Gráfico 21: Cantidad de personas con afecciones respiratorias | 63 |
| Gráfico 22: Número de veces que se ha enfermado | 64 |

GLOSARIO

EPA: Agencia de Protección Ambiental.

EPA-EEUU: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

CIDATT: Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte Terrestre.

SO₂: Dióxido de Azufre.

CO₂: Dióxido de Carbono.

NO₂: Dióxido de Nitrógeno.

EEUU: Estados Unidos.

ECA: Estándar de Calidad Ambiental.

GLP: Gas Licuado de Petróleo.

GNV: Gas Licuado Vehicular.

INEI: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática.

PM: Material Particulado.

PM₁₀: Material Particulado menor a 10 micrómetros de diámetro.

PM_{2.5}: Material Particulado menor a 2.5 micrómetros de diámetro.

MINAM: Ministerio Nacional del Ambiente.

CO: Monóxido de Carbono.

MAPFRE: Mutua de la Agrupación de Propietarios de Fincas Rústicas de España.

N₂: Nitrógeno.

OSINERG: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

O₂: Oxígeno.

NO_x: Óxidos de Nitrógeno.

O₃: Ozono.

PBI: Producto Bruto Interno.

CPGNV: Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular.

DS: Decreto Supremo.

ug/m³: Microgramo por metro cúbico.

mg/m³: Miligramo por metro cúbico.

Km/h: Kilómetro por hora.

MJ/Kg: Megajoule por kilogramo.

kg/m³: Kilogramo por metro cúbico.

cal/mol.°C: cal por mol

kcal/m³: Kilocalorías por metro cúbico.

Kg/Km: Kilogramos por Kilómetro.

Cp: Poder Calorífico a presión constante.

Cv: Poder Calorífico a volumen constante.



INTRODUCCIÓN

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando no existe un equilibrio, como resultado de la presencia en el aire de materiales nocivos producidos por el hombre, en cantidades grandes como para producir efectos perjudiciales para el medio ambiente como para el hombre. Dicho problema, está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre¹.

La importancia que actualmente se concede a la contaminación ambiental es resultado de los problemas que ésta ha ocasionado en los últimos años, como por ejemplo, según un programa de monitoreo del aire, realizado en el Centro de Lima, desde Enero a Julio del 2010, de 183 mediciones que se hicieron 178 superaron los lineamientos recomendados en 1987 por la Organización Mundial de la Salud en cuanto a partículas inferiores a 10 micras, las cuales están compuestas por partículas finas que ingresan fácilmente por las vías respiratorias a los pulmones causando problemas de salud al ser humano; por ello, si no se cambia el uso de combustibles fósiles por otras fuentes de energía, pueden generarse catástrofes de mayor envergadura.

En el Perú, se estableció la Ley del Consejo Nacional del Ambiente. Según, esta ley el Consejo Nacional del Ambiente se encargaba de promover la conservación del ambiente a fin de coadyuvar el desarrollo integral de la persona humana sobre la base de garantizar una adecuada calidad de vida y propiciar el equilibrio entre el desarrollo socioeconómico, el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación del ambiente².

Actualmente, según el Ministerio del Ambiente³ los principales responsables de la contaminación en Lima Metropolitana se encuentran generados por el parque automotor (70%) y a la industria estacionaria (el porcentaje restante).

¹ ROMERO PLACERES, Manuel, OLITE, Francisca y ÁLVAREZ, Mireya 2006 "La Contaminación del Aire: su repercusión como problema de salud". http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S156130032006000200008&script=sci_arttext

² MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS 1994 Ley N° 26410 "Ley de **Creación del Consejo Nacional del Ambiente - CONAM**". 22 de diciembre.

³ MINISTERIO DEL AMBIENTE 2012 "Parque Automotor ocasiona el 70% de la Contaminación del Perú". *Diario El*

Según, el Banco Mundial, para el 2009 Lima lideraba como la ciudad más contaminada con más de 80 ug/m^3 de PM_{10} . Además, la Dirección de Salud V “DISA V”, manifiesta estadísticamente que la morbilidad en Lima Metropolitana en el año 2006 y 2007 se debe por afecciones respiratorias en un 25 %. Esto demuestra que tenemos una ciudad muy contaminada por el uso de los combustibles tradicionales.

Por lo tanto, el estudio a realizar se justifica, de manera de proveer pronósticos de reducción de emisiones con el uso del gas como combustible y repercutiendo en el costo asociado que el estado gasta en salud por las afecciones respiratorias.

Otros impactos positivos que se pueden lograr con la ejecución de esta tesis son en temas relacionados sobre la atmósfera al pronosticar la reducción de emisiones gaseosas y de Material Particulado en Lima Metropolitana y pronosticar la reducción del Dióxido de Carbono (CO_2) indirectamente que favorecerá disminuir el efecto de gases invernaderos que consecuentemente traen el impacto de cambio climático a través de estos 30 o 40 años; sobre la salud, pronosticar la reducción de enfermedades respiratorias en Lima Metropolitana (como infecciones, resfriados, sinusitis aguda, faringitis entre otras lo cual podría provocar a largo plazo cáncer por la constante inhalación de micro partículas $\text{PM}_{2.5}$); sobre la economía, pronosticar la reducción de los costos asociados por las enfermedades respiratorias causadas por la contaminación atmosférica producto de los gases de combustión y de Material Particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$); y sobre la política gubernamental puede servir para la toma de decisiones de los entes encargados sobre la conservación del Medio Ambiente.

La tesis tiene como objetivo principal evaluar el impacto económico asociado a los costos generados por la reducción de emisiones gaseosas y material particulado; relacionados a la reducción en gastos que se ocasiona por dichos costos en el sector Salud en Lima Metropolitana debido al cambio de combustible de gasolina a gas natural y gas licuado de petróleo en el parque automotor.

El contenido de la presente tesis se puede resumir en los siguientes capítulos los cuales serán los siguientes:

Comercio.27/03.<http://elcomercio.pe/planeta/1388897/noticia-parque-automotor-ocasiona-70-contaminacion-peru>

- Marco Teórico se definirá conceptos como contaminación y los tipos existentes en el medio ambiente; también, el parque automotor, como está formado y como afecta este al medio ambiente; luego, se definirá el aire y la contaminación del aire ya que es la principal consecuencia que provoca el parque automotor y como afecta esta contaminación en la salud del hombre.
- El desarrollo de los cálculos de análisis del parque automotor como está formado actualmente y las proyecciones en un rango de 25 años del comportamiento que tendrá; así como, los parámetros a medir o a tomar en cuenta de las causas de la contaminación provocada por la emisión de los vehículos. Luego, se realizará un análisis estas emisiones, cantidad, proporción, cantidad límite que deberían tener y el comportamiento que actualmente tienen y del que tendrán dentro del rango mencionado. Con estos dos análisis se quiere lograr determinar la inversión requerida para reducir las emisiones contaminantes para lograr un ambiente menos contaminado y lograr reducir de esa forma las enfermedades que son consecuencia de la contaminación del parque automotor. Finalmente, con ello se logrará evaluar el impacto económico que genera en nuestra sociedad esta reducción para el estado ya que si se reduce las emisiones se podrá reducir las enfermedades razón por la cual el Estado logrará reducir el monto que se destina para el sector Salud

1. MARCO TEÓRICO

En esta sección trataremos de definir algunos conceptos importantes que se usarán para el desarrollo de la investigación y de esa forma poder comprender a totalidad la información que se quiere brindar.

1.1. CONTAMINACIÓN

La contaminación ambiental es la acción resultante de la actividad antropogénica, por el hombre, introduciendo contaminantes directa o indirectamente en el ambiente, superando las concentraciones y los patrones ambientales establecidos; o debido al tiempo de permanencia, hacen al cuerpo receptor adquirir características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza o a la salud⁴. La contaminación ambiental es toda materia o energía que al incorporarse o al actuar en el ambiente degrada su calidad original a un nivel perjudicial para la salud, el bienestar humano o los ecosistemas⁵.

La contaminación es todo cambio indeseable en las características del aire, el agua, el suelo o los alimentos, afectando nocivamente la salud, la sobrevivencia o las actividades de los humanos u otros organismos vivos⁶.

Por lo tanto, se denominará contaminación a la introducción de algún agente sea este físico (perturbaciones ocasionadas por la radioactividad, calor, ruido, efectos mecánicos), químico (compuestos provenientes de la industria química como los productos tóxicos minerales, ácidos, álcalis, los derivados del petróleo, detergentes) o biológicos (provocados por los desechos orgánicos que al descomponerse causan contaminación como el papel, sangre, desechos de cerveza), de cualquier composición natural de un medio indeseable o la incorporación de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas que sean o puedan ser nocivos para la salud (propagación de enfermedades en los seres vivos) o la higiene causando alguna inestabilidad, daño o malestar en la población, en la vida vegetal o animal.

4(D.L. 019 - ITINCI)

5(CARRANZA, R; 2001) "Terminología Ambiental".

6(SEOÁNEZ, M; 1995).

También, puede generar alteraciones en la estructura y el funcionamiento del ecosistema provocando la degradación de la calidad de vida.

1.2. CLASIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

La contaminación se puede clasificar de acuerdo al tipo, en función de la extensión de la fuente del agente contaminante y de los efectos que pueden ser nocivos. De cada clasificación se explicara los aspectos más generales y se profundizará el estudio en la contaminación atmosférica.

- **Contaminación del Agua:**

Es la alteración de las aguas debida a la presencia de productos procedentes de la industria y de otras actividades humanas.

La calidad del agua está determinada por un conjunto de valores límites de las propiedades físicas (materiales sólidos, radioactividad, temperatura, color, transparencia, turbiedad y olor), químicas (Nitratos, Fluoruros, Arsénico y Selenio, Mercurio, plomo, cadmio y otros metales tóxicos) y biológicos (bacterias patógenas, virus y parásitos).

Los efectos de la contaminación del agua pueden ser la destrucción de los limitados recursos hídricos, disminución de la calidad del agua para abastecimiento de la población, o uso para riego o industrias, supresión del poder auto-depurado de los cauce con destrucción de su fauna y flora; imposibilitando, o dificultando al menos su utilización.

- **Contaminación Radiactiva:**

Es la alteración de los niveles naturales de radioactividad que puede dañar a los ecosistemas o a las personas, así como hacer inservibles productos, instalaciones o equipos⁷.

⁷SEOÁNEZ, Mariano
1996 El Gran Diccionario del Medio Ambiente y de la Contaminación.

- **Contaminación Electromagnética:**

Es el estado de saturación en el espectro de frecuencias de la radio, con la consiguiente posibilidad de interferencias⁷.

- **Contaminación Térmica:**

Es la degradación del medio, generalmente hídrico, como consecuencia de un aporte continuado de vertido más caliente que el receptor⁷.

- **Contaminación Atmosférica:**

Es la presencia en la atmósfera de sustancias ajenas a la composición normal de aquella existiendo dos tipos los cuales son los primarios que se emiten directamente a la atmosfera y los secundarios que se generan a partir de reacciones químicas algunos contaminantes primarios sufren en la atmosfera.

- **Contaminación Acústica:**

La contaminación acústica es un factor ambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida haciendo referencia al ruido cuando excede los estándares establecidos por norma; es decir, la exposición a un sonido molesto puede producir efectos sobre grupos de personas y la salud individual, fisiológica y psicológica, pudiendo ocasionar malestar y fastidio, dolores de cabeza, estrés, pérdida de audición, irritabilidad exagerada y otros asociados⁸.

- **Contaminación Lumínica:**

La contaminación lumínica es un término genérico que indica la suma de todos los efectos adversos de la luz artificial.

Uno de los aspectos más perjudiciales para la astronomía es el brillo o resplandor de luz en el cielo nocturno producido por la reflexión y difusión de luz artificial en los gases y partículas de aire por el uso de luminarias inadecuadas que envían luz

⁸ Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

directa hacia el cielo o fuera de la zona a iluminar y/o por los excesos de iluminación⁹.

1.3. CONTAMINACION DEL AIRE

La Organización Mundial de la Salud define al aire puro como “mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros hasta 0.5 milímetros” los cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre.

Los principales gases que conforman el aire son el Nitrógeno, el Oxígeno y el porcentaje restante (como el Argón) pertenece a otras sustancias. Otros gases que pertenecen a este grupo son el ozono (O₃), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM).

En la tabla 1, se observa la composición del aire atmosférico y en qué porcentaje constituye cada componente.

Tabla 1: Composición del aire atmosférico (en porcentaje)

| CONSTITUYENTE | SÍMBOLO | PORCENTAJE (%) |
|---------------------|----------------|----------------|
| Nitrógeno | N ₂ | 78.08 |
| Oxígeno | O ₂ | 20.95 |
| Argón | Ar | 0.93 |
| Otros ¹⁰ | | 0.04 |

Fuente: Manual de Contaminación del Aire-2004

La calidad del aire es importante porque cada persona respira, en promedio, más de tres mil galones de aire al día, es decir más de dos galones por minuto.

Por lo tanto, todos los componentes del aire deben encontrarse en equilibrio en la atmosfera de acuerdo a los porcentajes mencionados.

Si se agrega alguna sustancia en cantidades mayores a las que normalmente posee, el aire se contamina representando un peligro para el medio ambiente o a la vida de las personas.

⁹ Instituto de Astrofísica de Canarias - 2015

¹⁰ Los gases raros son Helio (He), Neón (Ne), Kriptón (Kr), Xeón (Xe), y Radón (Rn); además, las atmosfera contiene cantidades mínimas de metano, polvo, polen, cenizas volcánicas y vapor de agua.

Entonces, la contaminación del aire es la adición a nuestra atmosfera de cualquier material que tenga un efecto perjudicial en los seres vivos de nuestro planeta. Este material puede ser un hidrocarburo tóxico gaseoso que tenga un efecto perdurable en el organismo que lo inhale, o quizá una partícula irritante que pudiera ocasionar problemas semejantes.

Pueden ser radiaciones atómicas, invisibles pero dañinas para las células animales o vegetales.

Un contaminante es algo que al ser introducido en la atmósfera a propósito o por alguna acción de la naturaleza, reduce el contenido del oxígeno o cambia en forma significativa la composición del aire.

Las fuentes de contaminación del aire se pueden considerar de orígenes de transporte, calefacción doméstica, producción de energía eléctrica, incineración de desechos y combustión de las industrias y emisiones debidas a los procesos de las mismas. De todas estas fuentes de contaminación la que genera mayor porcentaje es el transporte (R.D.ROSS, 1974).

Además, de estas emisiones principales existe otros contaminantes de menor importancia que agravan el problema general como lo son la contaminación debida a las partículas de hule quemado de las llantas de vehículos, compuestos orgánicos de los perfumes, de las lociones después de afeitarse, el polvo cósmico, el sulfuro de hidrogeno, el empleo del aerosol favorito para eliminar las plagas del jardín contribuyen a este gran problema.

Según, Robert Alley, los problemas de calidad del aire están relacionados con diferentes factores, no solo geofísicos y meteorológicos, sino también con aquellos factores de carácter socioeconómico, pues las presiones que ejercen la economía y el crecimiento de la población a lo largo de los años han sido determinantes en el estado actual del aire¹¹.

Por lo tanto, la contaminación del aire se señala como uno de los principales fenómenos de la vida urbana ya que la capacidad natural del aire para diluir los contaminantes se ha sobrecargado con el incremento de contaminantes de origen antropogénico.

11(ROBERTS ALLEY & ASSOCIATES, 2000).

De este modo la población, el desarrollo industrial y la dependencia de los motores de combustión interna explican el incremento sostenido de las emisiones gaseosas y material particulado.

Por ello, la rápida industrialización y el mayor número de vehículos en circulación en América Latina, constituido principalmente por automóviles y autobuses antiguos que utilizan combustible diésel de pésima calidad, ha producido el aumento de la quema de combustibles fósiles para satisfacer la demanda de energía¹².

Los contaminantes más importantes derivados de los combustibles fósiles que se emiten a la atmósfera y resultan peligrosos para el medio ambiente y la salud son el material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), Dióxido de Azufre (SO_2), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y el Monóxido de Carbono (CO).

Otros contaminantes que también son peligrosos y son importantes de mencionar son los siguientes:

- **Ozono (O_3):**

Es denominado contaminante secundario debido a que se forma cuando los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos orgánicos volátiles sin quemar, en su mayor parte de los escapes de vehículos, se combinan en la atmósfera con el Oxígeno en presencia de la luz solar. Gas azul inestable con olor picante. Se forma por radiación ultravioleta o descarga eléctrica. Muy tóxico por inhalación. Fuerte irritante. Contribuyen con la formación del “smog fotoquímico”.

- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV_s):**

Los compuestos orgánicos más conocidos son los hidrocarburos, entre los cuales tenemos el petróleo crudo y el gas natural. Una característica química importante son las reacciones de polimerización. Mediante ellas se puede obtener una gran variedad de plásticos como el polietileno, el poliestireno, el teflón, etc.

Los hidrocarburos son fuentes de generación de energía muy importante, no es sólo combustible, sino que a través de procesos se obtiene productos especiales como lubricantes, asfaltos, grasas para vehículo y productos de uso industrial.

12(DEFENSORIA DEL PUEBLO, INFORME DEFENSORIAL N° 116)

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos se preocupa en controlar dicha sustancia ya que es altamente toxica y está comprobada que son carcinógenos (producen cáncer).

1.4. PARQUE AUTOMOTOR

Está conformado por los vehículos que circulan por las vías de la ciudad diariamente, entre los que encontramos automóviles particulares, vehículos de transporte público y vehículos de transporte de carga.

El transporte urbano se caracteriza por ser deficiente, mal administrado, obsoleto y de alta congestión, con un número excesivo de pequeñas unidades de transporte, lo que genera la disminución drástica de la velocidad de desplazamiento vehicular, la cual en horas punta fluctúa entre 10 y 15 Km/h. Su incidencia ambiental está representada en la contribución de contaminantes que emanan en el ambiente a causa de los tipos de combustible que utilizan dichos vehículos, siendo principalmente la gasolina y el diésel.

El problema principal radica en el uso de estos recursos, en la forma de control y como los organismos reguladores plantean y fiscalizan la adecuada programación y percepción por parte de la sociedad.

En la actualidad, el parque automotor de Lima Metropolitana presenta varias deficiencias las cuales son causadas, 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. Este exceso se ocasiono por las medidas implementadas en la década pasada (liberalización más desregulación del transporte) como parte de las medidas de ajuste económico dictaminándose los siguientes dispositivos¹³:

- Decreto Legislativo 640: Libertad de rutas y permisos de operación en el transporte interprovincial de pasajeros.

13 Paúl Conchan Revilla –“Bases Jurídicas para la Implementación de Políticas de Prevención Y Seguridad Vial en el Perú”

- 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.

1.5. COMBUSTIBLES DEL 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, a que se puede usar en las casa, oficinas, vehículos, industrias y plantas de generación de energía.

En el Perú, los combustibles que se usan con mayor frecuencia son la gasolina, diésel, gas licuado de petróleo y el gas natural vehicular.

1.5.1. DIÉSEL

El Diésel es el combustible que más se consume en el país y es utilizado principalmente en el transporte, la industria y la generación eléctrica.

Es un líquido de color blanco o verdoso y de densidad sobre 832 kg/m^3 , compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diésel y en calefacción. Su poder calorífico es de $45,10 \text{ MJ/Kg}$.

En la tabla 2, se muestra las especificaciones técnicas del combustible diésel, según PETROPERU.

Tabla 2: Especificaciones técnicas del diésel.

| ENSAYOS | ESPECIFICACIONES | | MÉTODO |
|--|------------------|------|-----------------------|
| | MIN. | MAX. | ASTM |
| APARIENCIA | | | |
| Color ASTM | | 3 | D-1500, D-6045 |
| VOLATILIDAD | | | |
| Gravedad API | Reportar | | D-1298, D-4052 |
| Destilación, °C (a 760 mm Hg) | | | D-86 |
| 90 %V Recuperado | 282 | 360 | |
| Punto final de ebullición | Reportar | | |
| Punto de inflamación, °C | 52 | | D-93 |
| FLUIDEZ | | | |
| Viscosidad cinemática a 40°C, cSt | 1.7 | 4.1 | D-445 |
| Punto de escurrimiento, °C | | 4 | D-97 |
| COMBUSTIÓN | | | |
| Índice de cetano | 40 | | D-4737 |
| COMPOSICIÓN | | | |
| Cenizas, % masa | | 0.01 | D-482 |
| Residuo carbón Ramsbotton, 10% fondos, % masa | | 0.35 | D-524, D-189 |
| CORROSIVIDAD | | | |
| Corrosión lámina de cobre, 3h, 50°C, N° | | 3 | D-130 |
| Azufre total, % masa | | 0.5 | D-4294-03 |
| CONTAMINANTES | | | |
| Agua y sedimentos, %V | | 0.05 | D-129, D-2622, D-4294 |
| ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN | | | |
| Estabilidad a la oxidación, método acelerado, mg/100mL | Reportar | | D-2274 |

Fuente: PETROPERU-2015

1.5.2. GASOLINA

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos derivada del petróleo que se utiliza como combustible en motores de combustión interna con encendido a chispa. Tiene una densidad de 720 g/L (un 15% menos que el gasoil, que tiene 850 g/L).

Un litro de gasolina tiene una energía de 34,78 MJ/l, aproximadamente un 10% menos que el gasoil, que posee una energía de 38,65 MJ/l de carburante. Sin embargo, en términos de masa, la gasolina tiene 3,5 de masa.

En el mercado peruano se puede producir y comercializar 4 tipos de gasolinas las cuales son las siguientes:

- Gasolina de 84 octanos sin plomo
- Gasolina de 90 octanos sin plomo
- Gasolina de 95 octanos sin plomo
- Gasolina de 97 octanos sin plomo

1.5.3. GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

El GLP (Gas licuado de Petróleo), compuesto por una mezcla en diferentes porcentajes de Propano (C_3H_8) y Butano (C_4H_{10}), es un combustible que se obtiene del procesamiento de los líquidos extraídos del gas natural o de la refinación del petróleo crudo en las refinerías.

El Gas Licuado de Petróleo se encuentra en estado gaseoso pudiendo pasar a estado líquido con una presión relativamente baja y es más pesado que el aire por lo que en caso de fuga este permanece sobre la superficie, disipándose solamente con la circulación de aire.

Si se encuentra asociado al gas natural se obtiene por el proceso denominado destilación fraccionada mediante el cual primero se separa el gas natural seco (metano y etano) del resto de hidrocarburos que lleva asociados y, en una segunda

etapa, de estos hidrocarburos asociados restantes se obtiene Gas Licuado de Petróleo, gasolina natural, etc.

El Gas Licuado de Petróleo a condiciones normales de presión y temperatura (1 atmósfera y 20°C) se encuentra en estado gaseoso, para obtener líquido a temperatura ambiente, se le debe someter a presión (para el caso del butano la presión debe ser de más de 2 atmósferas y para el propano más de 8 atmósferas); es decir, a temperatura normal y presión moderadamente alta el combustible es licuable, por lo que para su comercialización se almacena en estado líquido, en recipientes a presión.

Esta característica del Gas Licuado de Petróleo permite que su almacenamiento y transporte sea económicamente eficiente dado que en estado líquido su volumen es aproximadamente 250 veces menor que en estado gaseoso.

El Gas Licuado de Petróleo es incoloro e inodoro, por lo que para percibir su presencia en el ambiente se le añade un químico especial “agente odorante” denominado Mercaptano, el cual le otorga su olor característico.

Además, no es tóxico ni venenoso, aunque al ser más pesado que el aire tiende a desplazarlo y puede provocar la muerte por asfixia en una exposición prolongada, impidiendo que el aire llegue a los pulmones y oxigene la sangre; así también, puede ocasionar irritaciones en la piel y los ojos.

Es importante señalar que el Gas Licuado de Petróleo es un tipo de combustible más limpio para el medio ambiente en comparación con la gasolina y el diésel ya que emite menos gases y partículas nocivas a la atmósfera sobre todo si lo comparamos con un vehículo a diésel, no contiene de azufre y plomo y disminuye el ruido en un 50%, reduciendo las emisiones en un 15%; además, de ser la alternativa más aceptable para el parque automotor. En la tabla 3 se muestra las especificaciones técnicas del combustible, según PETROPERU.

Tabla 3: Especificaciones técnicas del GLP

| ENSAYOS | ESPECIFICACIONES | | MÉTODO |
|--|------------------|------------|----------------|
| | MIN. | MAX. | ASTM |
| VOLATILIDAD | | | |
| Temperatura del 95% de evaporado, °C | | 2.2 | D-1837 |
| Presión de vapor a 37.8 °C, KPa (psig) | 793 (115) | 1430 (208) | D-1267, D-2598 |
| Densidad relativa o gravedad específica a 15.6/15.6 °C | Reportar | | D1657, D-2598 |
| MATERIAL RESIDUAL | | | |
| Residuo de evaporación de 100mL, mL | | 0.05 | D-2158 |
| Prueba de la mancha de aceite | Pasa | | D-2158 |
| COMPOSICIÓN, % mol | Reportar | | |
| CORROSIVIDAD | | | |
| Azufre total, ppm | | 140 | D-2784 |
| Corrosión lámina de cobre, 1h, 37.8°C, N° | | 1 | D-1838 |
| Sulfuro de hidrógeno | Pasa | | D-2420 |
| CONTAMINANTES | | | |
| Agua libre | Nulo | | |
| Olor | Característico | | |
| Humedad | Nulo | | D-2713 |

Fuente: PETROPERU - 2015

1.5.4. GAS NATURAL VEHICULAR (GNV)

El Gas Natural es un hidrocarburo gaseoso compuesto predominantemente por Metano (CH₄)¹⁴ con un pequeño porcentaje de Etano (C₂H₆) y es extraído mediante la perforación pozos sobre yacimientos ubicados en el subsuelo.

El Gas Natural es un hidrocarburo más liviano que el aire por lo que en caso de fuga esta se disipa en la atmósfera¹⁵.

Se define el Gas Natural como “un gas obtenido de fuentes subterráneas y que está formado por una mezcla compleja de hidrocarburos, principalmente metano, pero que generalmente también incluye el metano, propano e hidrocarburos más pesados en cantidades mucho menores.

Generalmente también incluye algunos gases inertes, tales como el nitrógeno y dióxido de carbono, además de trazas de otros constituyentes.”¹⁶

¹⁴ La composición del metano se encuentra entre el rango de 70%-99% en el gas natural vehicular

¹⁵ Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnósticos Energéticos Transporte- Dirección General de Electricidad – Ministerio de Energía y Minas

En la tabla 4, se observa la composición química del gas natural Vehicular y cuál es su porcentaje de composición de cada componente que se forma el combustible.

Tabla 4: Composición química del Gas Natural

| COMPONENTE | NOMENCLATURA | COMPOSICIÓN (%) | ESTADO NATURAL |
|--|---------------------|-----------------|----------------|
| Metano | (CH ₄) | 95.08 | gas |
| Etano | (CH ₆) | 2.14 | gas |
| Propano | (CH ₈) | 0.29 | gas licuable |
| Butano | (CH ₁₀) | 0.11 | gas licuable |
| Pentano | (CH ₁₂) | 0.04 | Líquido |
| Hexano | (CH ₁₄) | 0.01 | Líquido |
| Nitrógeno | (N ₂) | 1.94 | Gas |
| Gas carbónico | (CO ₂) | 0.39 | Gas |
| Impurezas como son helio, oxígeno, vapor de agua | | | |

Fuente: OSINERGMIN-2015

En la tabla 5, se observa las propiedades del gas Natural Vehicular las cuales son la densidad relativa, el poder calorífico y los calores específicos de presión de volumen.

Tabla 5: Propiedad del Gas Natural

| Propiedades del Gas Natural | | | |
|--|--|--|--|
| Densidad relativa: 0.65 | | Poder calorífico: 9.032 kcal/m ³ | |
| Calor específico Cp (presión cte.): 8.57 cal/mol.°C | | Calor específico Cv (volumen cte.): 6.56 cal/mol.°C | |

Fuente: "Preguntas frecuentes en relación al Gas Natural en el Perú". MINEM.

Elaboración propia.

1.6. CONTAMINACIÓN DEL AIRE OCASIONADO POR LOS COMBUSTIBLES DEL PARQUE AUTOMOTOR EN LIMA METROPOLITANA

El parque automotor es el responsable del 70% de la contaminación del aire existente en el Perú y el porcentaje restante se le atribuye a la industria estacionaria.

Entre los principales contaminantes que genera el parque automotor son el Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, el Material Particulado $PM_{2.5}$ y el Material Particulado PM_{10} , según el MINAM¹⁷.

Esta realidad no es ajena a la capital y es por ello que se debe analizar a estos agentes contaminantes para poder lograr una reducción y de esa forma contribuir para reducir la contaminación ambiental del aire.



Gráfico 1: Contaminación generada por el parque automotor

Fuente: "EL COMERCIO" – 17/03/2012

De los contaminantes que generan los gases nocivos del ambiente se encuentran el Dióxido de Azufre, Material Particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono deben encontrarse en cantidades límites según los estándares nacionales de calidad de aire.

¹⁷ Ministerio del Ambiente

PRINCIPALES CONTAMINANTES: Los principales contaminantes ocasionados por el parque automotor que se emana al aire son los siguientes.

- **DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂):**

Gas denso, más pesado que el aire, o líquido incoloro, de olor picante. Soluble en agua, alcohol y éter. Tóxico por inhalación. Fuerte irritante. Contaminante del aire y constituyente del smog.

Constituye el principal contaminante derivado del azufre presente en los combustibles. En ambientes con niveles de aproximadamente 25 mg/m³ durante exposiciones de 10 minutos se perjudica el funcionamiento del sistema respiratorio¹⁸.

La principal fuente antropogénica de óxido de azufre es la combustión de combustibles fósiles ricos en azufre (carbón, petróleo combustible, diésel) y representa cerca de un tercio del total de SO₂ atmosférico.

En ambientes con niveles de aproximadamente 25 mg/m³ durante exposiciones de 10 minutos se perjudica el funcionamiento del sistema respiratorio.

La variación del dióxido de azufre entre los años 2007 hasta el 2010 se muestra en el gráfico 2.



Gráfico 2: Calidad del aire según estaciones de monitoreo en Lima-so₂

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental.

¹⁸GERARD KIELY, Ingeniería Ambiental, España, 199, p. 446

Según, el gráfico 2 se puede observar una tendencia decreciente del SO_2 y se encuentra por debajo de la ECA, y una de las razones por la cual mantiene esta tendencia es por la aplicación de la norma que regula el contenido de azufre en el diésel según la Ley N° 28694.

- **DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2)**

Principal oxido de gas nitrógeno el cual se disocia por acción fotoquímica y produce una coloración gris amarillenta en las ciudades con elevado índice de contaminación. Se produce por la conversión del monóxido de nitrógeno cuando se oxida en el aire. Es de color rojizo y de olor desagradable.

Además del parque automotor, los NO_x pueden provenir de las emisiones de diferentes industrias, tales como cemento, vidrio, acero, entre otras. Gran parte del NO_2 atmosférico se convierte en ácido nítrico y sales de nitrato.

Las sales de nitrato forman material particulado o se sedimentan o son arrastradas por la lluvia.

- **Óxidos de Nitrógeno (NO_x):**

Productos de combustión del nitrógeno, de color pardo rojizo, presentan un carácter corrosivo, son oxidantes y actúan como catalizadores en la formación de “nieblas” (smog) al reaccionar con hidrocarburos en presencia de radiación solar.

El dióxido de nitrógeno es el principal oxido de gas nitrógeno el cual se disocia por acción fotoquímica y produce una coloración gris amarillenta en las ciudades con elevado índice de contaminación las cuales provienen de las emisiones generadas por el parque automotor o de las diferentes industrias, tales como cemento, vidrio, acero, entre otras.

Gran parte del NO_2 atmosférico se convierte en ácido nítrico y sales de nitrato. Las sales de nitrato forman material particulado o se sedimentan o son arrastradas por la lluvia.

En el gráfico 3, se muestra la variación del dióxido de nitrógeno entre los años 2007 hasta el 2010.

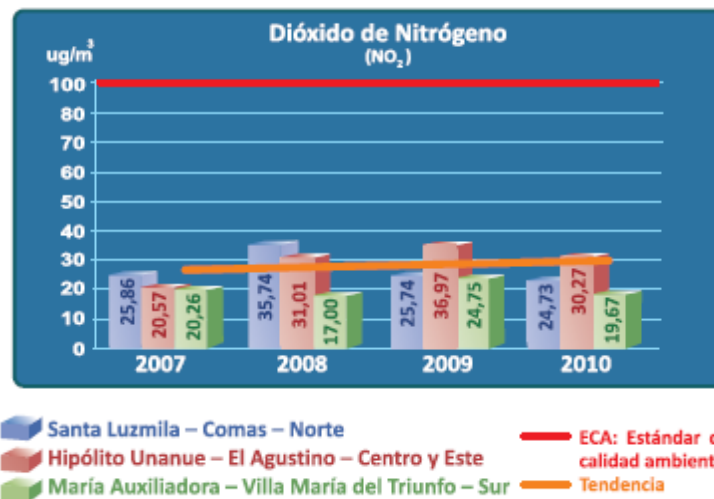


Gráfico 3: Calidad del aire según estaciones de monitoreo en Lima-NO₂

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental.

Según, el gráfico 3, para el caso del NO₂, se encuentra por debajo del ECA; sin embargo, se presenta una tendencia ligeramente creciente. Principalmente proviene de la combustión interna de los motores de automóviles.

- **MATERIAL PARTICULADO**

Es el principal responsable de la contaminación del aire ocasionada por las grandes cantidades de emisiones que genera el parque automotor, el cual consiste en sustancias sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera.

Se encuentran las partículas de diámetro inferiores a 10 micrómetros (PM₁₀) y las partículas de diámetro inferiores a 2.5 micrómetro (PM_{2.5}).

El Material Particulado menor a 10 micrómetros de diámetro (PM₁₀) corresponde de uno a dos tercios de las emisiones totales de Material Particulado (OMS¹⁹, 2005).

Los tipos principales de partículas atmosféricas se muestran en el siguiente cuadro:

¹⁹ OMS: Organización Mundial de la Salud

Tabla 6: Principales partículas en la atmósfera.

| DESCRIPCIÓN DEL GRUPO | COMPOSICIÓN | ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD | UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY |
|-----------------------|---|----------------------------------|---|
| Gruesas | Polvo, tierra y depósito | > 2,5 um | > 10 um |
| Finas | Aerosoles, partículas de combustión, vapores de compuestos orgánicos condensados y metales. | < 2,5 um | < 10 um |

Fuente: EPA - WWW.EPA.GOV

Las PM_{2.5} pueden penetrar en el pulmón muy profundamente y con mayor facilidad, causando inflamación, aumentando la mortalidad prematura y riesgo cancerígeno²⁰.

La variación del PM_{2.5} entre los años 2007 hasta el 2010 se muestra en el gráfico 4.

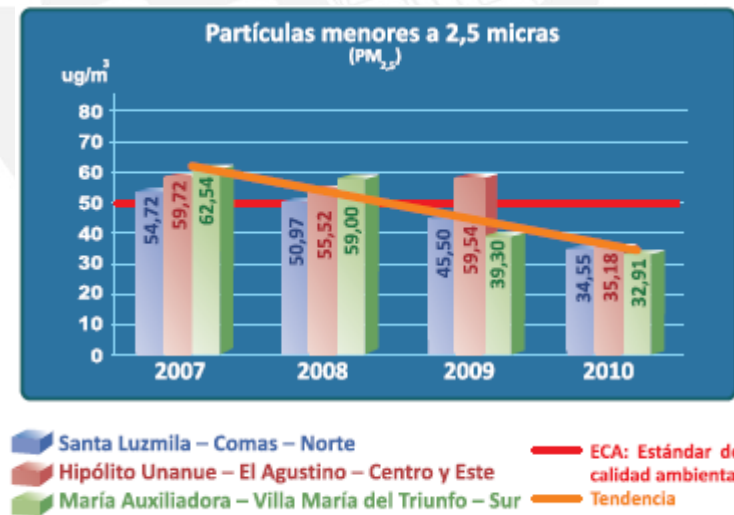


Gráfico 4: Calidad del aire según estaciones de monitoreo en Lima-PM2.5

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental

²⁰PROTRANSPORTE, MUNICIPALIDAD DE LIMA, Estudio Línea Base Ambiental de Corredores Segregados de Alta Capacidad, COSAC 1, Lima 2005, s.p.

Según el gráfico 4 para el caso del $PM_{2.5}$ la tendencia es decreciente, a partir de los 4 últimos años. Las partículas provenientes de las fuentes móviles (vehículos) se reducen debido a la aplicación de las revisiones técnicas y mejoras en la eficiencia de la combustión de los motores.

Las PM_{10} corresponden de uno a dos tercios de las emisiones totales de material particulado²¹. La principal afectación a la salud es su acumulación en los pulmones y su contribución a la disminución de la función pulmonar, al acrecimiento del asma y al daño en el tejido pulmonar²².

La variación del PM_{10} entre los años 2007 hasta el 2010 se muestra en el gráfico 5.

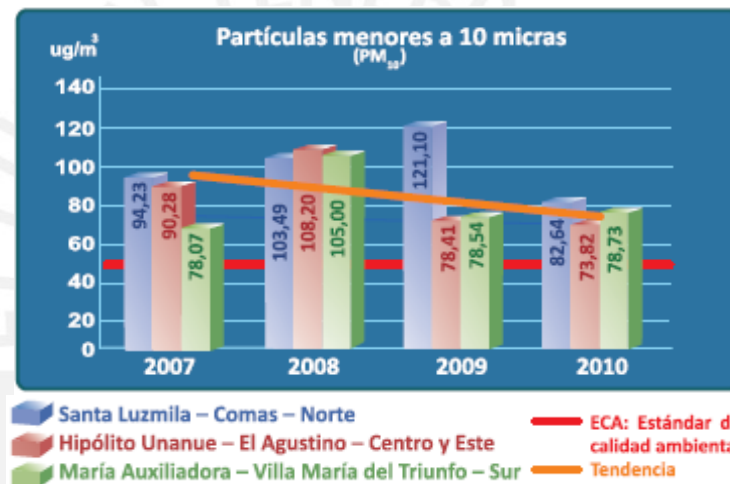


Gráfico 5: Calidad del aire según estaciones de monitoreo en Lima-PM10

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental.

Según el gráfico 5, se muestra una tendencia decreciente del Material Particulado PM_{10} , debido a las revisiones técnicas e introducción de vehículos de gas natural/gas licuado de petróleo.

Pero, podemos observar que está por encima de los límites permitidos de la ECA. Para la zona Sur, la contaminación proveniente de fuentes naturales (erosión eólica) hace variable la tendencia del PM_{10} .

²¹OMS Y OPS, Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud de América Latina y el Caribe, Washington DC, 2005, p. 23.

²²ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Sustancias tóxicas en el aire provenientes de fuentes móviles)

- **MONÓXIDO DE CARBONO:**

Gas o líquido incoloro, casi inodoro, poco soluble en agua, soluble en alcohol y benceno. Muy tóxico por inhalación y muy inflamable.

Los automóviles con motores de combustión interna son una de las principales fuentes de emisión de monóxido de carbono alrededor del 70%. Las chimeneas, los calentadores de agua, las calderas, estufas y otros aparatos domésticos que queman combustible, también son fuentes importantes de CO y CO₂.

Por otro lado, se sabe que la contaminación atmosférica también implica algunos costos para las personas que ven afectada su salud como consecuencia de ello.

Así por ejemplo, según Miranda 2008, existen cuatro canales a través de los cuales las personas se ven afectadas por la contaminación atmosférica: (i) los gastos médicos para los tratamientos asociados a las enfermedades generadas por la contaminación del aire, (ii) la pérdida de salario como resultado de no poder trabajar en los días de enfermedad, (iii) los costos asociados para prevenir las enfermedades inducidas por la contaminación del aire y (iv) la pérdida de utilidad asociada a los síntomas y a las pérdidas de oportunidad de ocio causadas por la enfermedad.

Por último, es importante destacar el hecho que la contaminación atmosférica no solo tiene efectos en la salud, sino también puede generar daños en los monumentos y patrimonio histórico del país.

Así por ejemplo, en lugares como el Centro Histórico de la ciudad de Arequipa y Lima, la alta contaminación atmosférica ha generado un gran deterioro a las construcciones, ha contribuido a la pérdida de elementos de la estructura de estas construcciones, entre otros (Ríos et al. 2006).

1.7. ENFERMEDADES GENERADAS POR LA CONTAMINACION DEL PARQUE AUTOMOTOR

Los efectos que causan la contaminación pueden generar problemas en la salud de la persona y una de las causas es la mala calidad del aire que puede llegar incluso a matar a los organismos e incluso al hombre.

Estos efectos para la salud pueden ser enfermedades respiratorias, enfermedades cardiovasculares, inflamaciones de garganta, dolor de pecho y congestión nasal, enfermedades de los ojos y del aparato respiratorio como la bronquitis crónica²³, enfermedad pulmonar obstructiva que se caracteriza por la inflamación de los bronquios con una duración en el tiempo prolongada de meses o años, o que reaparece de forma repetitiva; el asma²⁴, conjunto de síntomas producidos por la obstrucción brusca y reversible, espontáneamente o con medicación, de las vías aéreas, con inflamación e hiperreactividad bronquial; y el enfisema pulmonar²⁵, enfermedad pulmonar obstructiva crónica que se caracteriza por la destrucción de los espacios donde se produce el intercambio de gases entre el aire inspirado y la sangre; estos espacios son los bronquiolos, los conductos alveolares y los alvéolos).

Los principales expositores a la contaminación ambiental son las personas que se encuentran en alguna actividad al aire libre, cerca de zonas industriales y del alto tráfico vehicular.

Según el Ministerio del Ambiente²⁶, los contaminantes más comunes que generan los daños a la salud son los siguientes:

- **DIOXIDO DE AZUFRE:**

Provoca la broncoconstriccion o estrechamiento de las vías respiratorias (elimina o bloquea el flujo de aire), traqueítis o infección de la tráquea, que une laringe y bronquios. En ambientes con niveles de aproximadamente 25 mg/m³, durante

23<http://www.mapfre.com/salud/es/cinformativo/bronquitis-cronica.shtml>

24[Http://www.mapfre.com/salud/es/cinformativo/asma.shtml](http://www.mapfre.com/salud/es/cinformativo/asma.shtml)

25<http://www.mapfre.com/salud/es/cinformativo/enfisema-pulmonar.shtml>

26MINISTERIO DEL AMBIENTE

"Parque Automotor ocasiona el 70% de la Contaminación del Perú". Diario El Comercio. 27/03/2012<http://elcomercio.pe/planeta/1388897/noticia-parque-automotor-ocasiona-70-contaminacion-peru>

exposiciones de 10 minutos se perjudica el funcionamiento del sistema respiratorio²⁷

- **MONOXIDO DE CARBONO:**

Inhabilita el transporte de oxígeno hacia las células provocando mareos, dolor de cabeza, náuseas y estado de inconsciencia. Si el CO llega a ser inhalado en altas concentraciones sustituye al oxígeno en la sangre formando la Carboxihemoglobina (COHb); si esta llega a conformar más del 2% en la sangre, produce problemas en la salud de la persona.

- **DIOXIDO DE NITROGENO:**

Provoca la irritación las vías respiratorias, causando bronquitis así como de reducir la resistencia respiratoria de las infecciones²⁸.

- **MATERIAL PARTICULADO:**

La principal afectación a la salud que puede producir el PM₁₀ es su acumulación a los pulmones y su contribución a la disminución de la función pulmonar, al crecimiento del asma y al daño en el tejido pulmonar y las partículas finas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}), ya que pueden por su pequeño tamaño penetrar en el pulmón muy profundamente y con mayor facilidad, causando inflamación, aumentando la mortalidad prematura y riesgo cancerígeno. También, el material particulado podría inducir a la hiperreactividad bronquial e incrementar la virulencia de las afecciones respiratorias, con la consecuencia de un incremento en los índices de la mortalidad²⁹.

27GERARD,1999.

28DEFENSORÍA DEL PUEBLO 2006 – Informe Defensorial N° 116.

29DEFENSORÍA DEL PUEBLO 2006 – Informe Defensorial N° 116.

EFFECTOS DE LOS CONTAMINANTES DEL AIRE EN LA SALUD

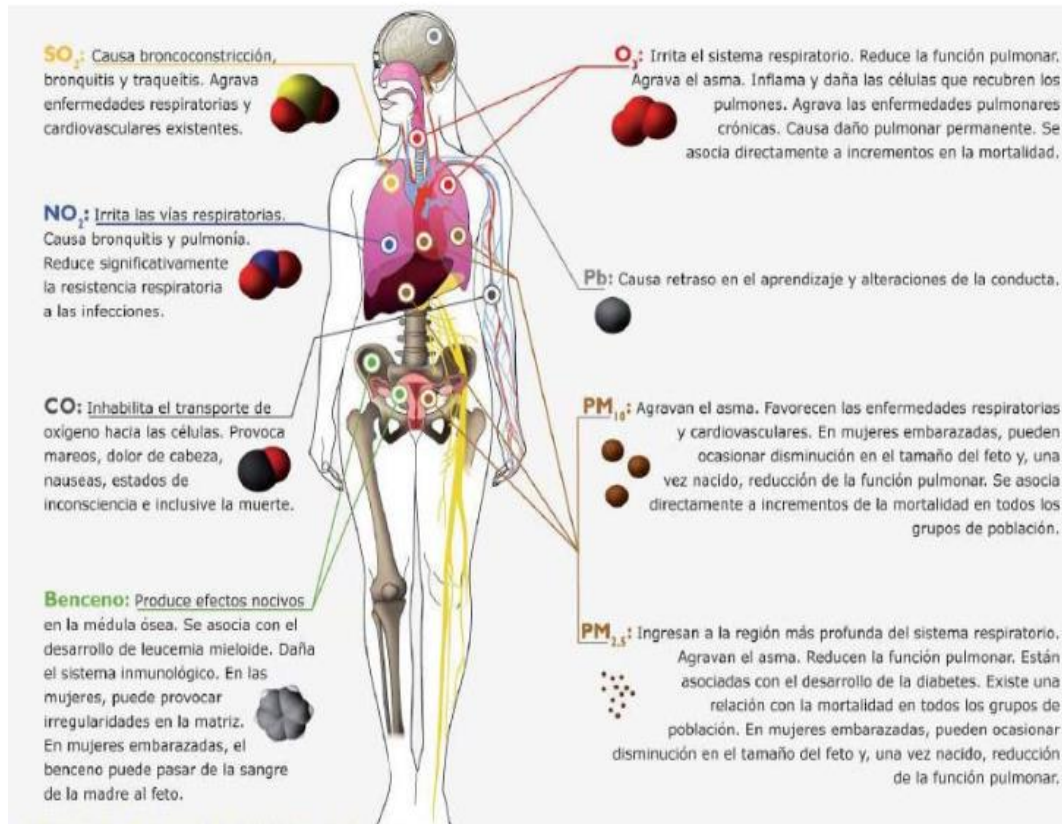


Gráfico 6: Efectos de los Contaminantes del Aire en la Salud

Fuente: Estudio de Saturación Lima Metropolitana y Callao, año 2011. DIGESA

Por otro lado, según la Agencia de Protección Ambiental en los Estados Unidos (EPA) los efectos más comunes de la contaminación de aire son los siguientes:

- **Efectos respiratorios**

Síntomas: tos, flema, opresión en el pecho, respiración sibilante y falta de aire. Aumento de enfermedades y muerte prematura causada por asma, bronquitis (aguda o crónica), enfisema, neumonía y el envejecimiento prematuro de los pulmones.

- **Efectos cardiovasculares**

Síntomas: opresión en el pecho, dolor de pecho (angina de pecho), palpitaciones, falta de aire, fatiga inusual, aumento de enfermedades y muerte prematura causada

por, enfermedad de las arterias coronarias, ritmos cardíacos anormales, insuficiencia cardíaca congestiva.

Los contaminantes causan síntomas en el ser humano se da efectos en la función pulmonar (estrechamiento de las vías respiratorias (broncoconstricción) y reducción del flujo de aire), inflamación en las vías respiratorias (afluencia de los glóbulos rojos blancos, producción anormal de mucosidad, acumulación de líquido e hinchazón (edema) y muerte o eliminación de las células que revisten las vías respiratorias), mayor susceptibilidad a infecciones respiratorias, efectos en la función cardiovascular (baja oxigenación de los glóbulos rojos, ritmos cardiacos anormales, alteración de la actividad cardiaca controlada por el sistema nervioso autónomo) y la inflamación cardiovascular (mayor riesgo de formación de coágulos, estrechamiento de los vasos sanguíneos (vasoconstricción), mayor riesgo de ruptura de placa aterosclerótica).

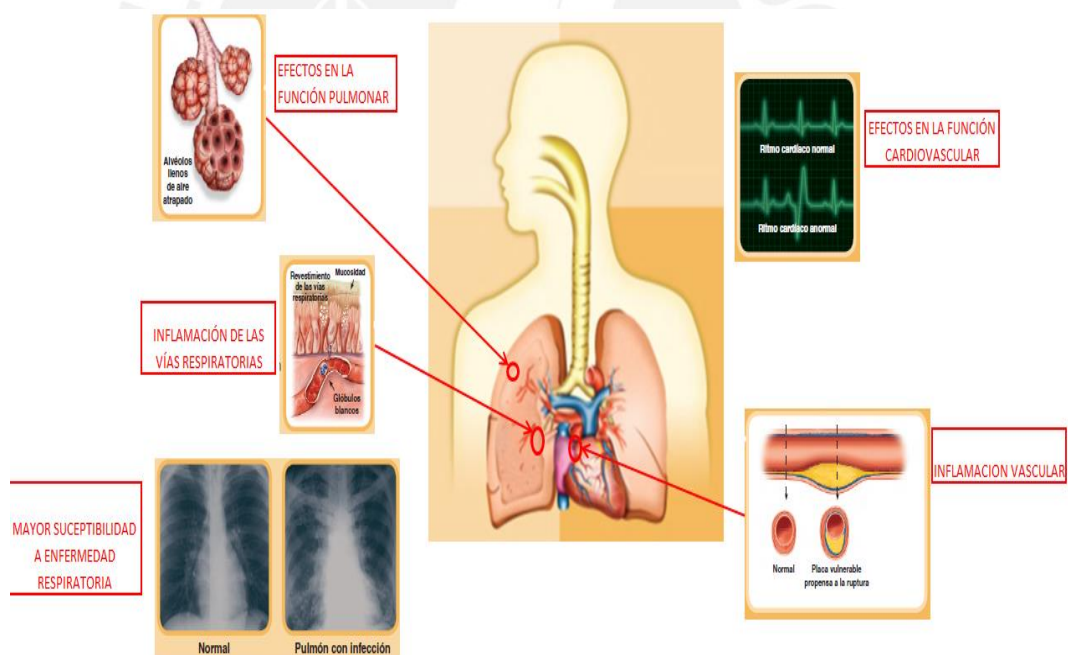


Gráfico 7: Enfermedades causadas por la contaminación del parque automotor.

Fuente: www.epa.gov/elaboración propia

2. SITUACIÓN ACTUAL

En este segundo capítulo, se analizará el comportamiento actual de cómo está constituido el parque automotor en Lima Metropolitana y agruparlo de acuerdo al tipo de combustible que usa cada auto.

Primero se clasificará de acuerdo al tipo de transporte según cada tipo de vehículo y luego una vez que se tenga agrupado se agrupará según al tipo de combustible que usa cada vehículo del parque automotor.

Segundo, se realizará un análisis actual de las emisiones que se generan en el medio ambiente producto de las emisiones generadas por el parque automotor por el uso de los combustibles (gasolina, diésel y gas natural vehicular).

Tercero, se realizará un análisis actual de la cantidad de personas enfermas por afecciones respiratorias producidas por las emisiones del parque automotor por el uso de los combustibles (gasolina, diésel y gas natural vehicular).

Finalmente, se evaluará el costo originado por las afecciones respiratorias en lo que respecta costo por salud y el costo por inasistencia.

2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE AUTOMOTOR

En los últimos años el parque automotor de las principales ciudades del país se ha ido incrementando significativamente, principalmente en Lima Metropolitana, como se muestra en el gráfico 8, ya que tiene la mayor concentración de vehículos en circulación³⁰, siendo para el 2013 una concentración total de 1450804 vehículos.

30INEI-2011

Variación del Parque Automotor a nivel Nacional

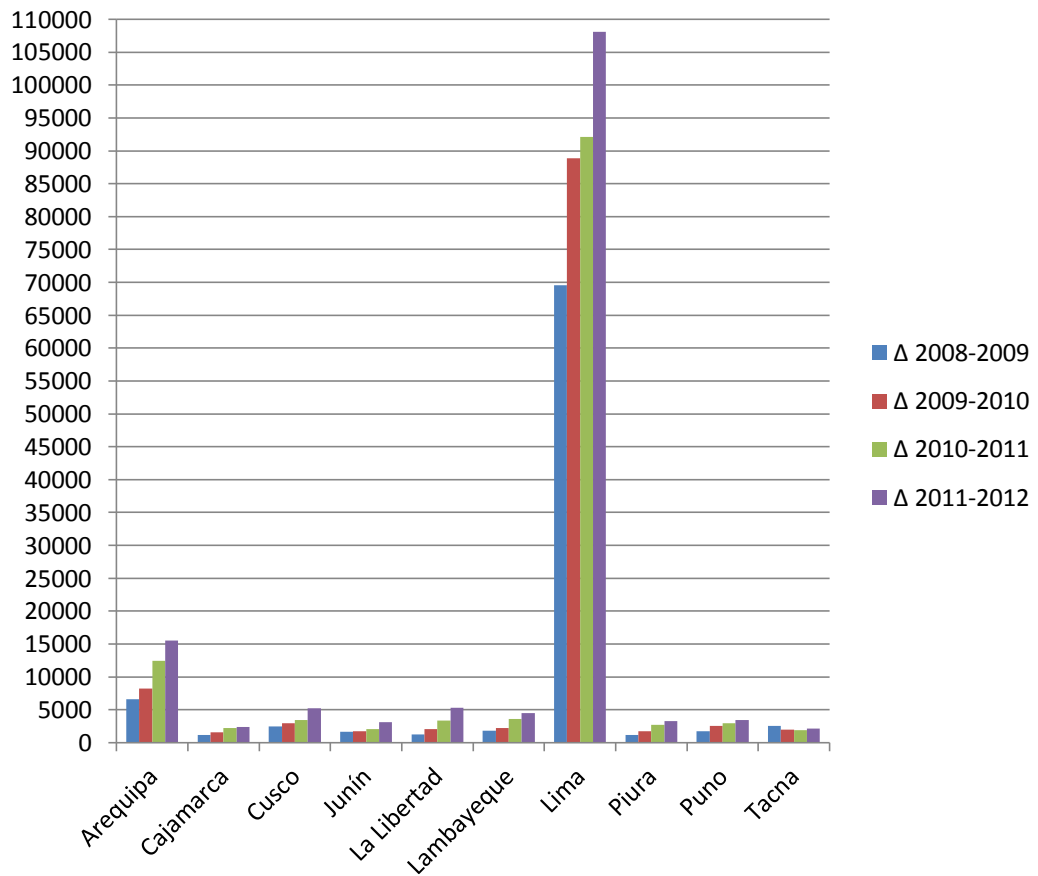


Gráfico 8: Variación Porcentual en el Parque Automotor a nivel Nacional

Fuente: INEI 2012

Otras de las razones, por la cual aumentó la flota vehicular es por el incremento poblacional que se experimenta año tras año, según el gráfico 9; y, las mayores necesidades y facilidades para adquirir vehículos como por ejemplo la facilidad a tener un mayor acceso al crédito y los menores precios³¹.

³¹"EL COMERCIO" 08/03/2013

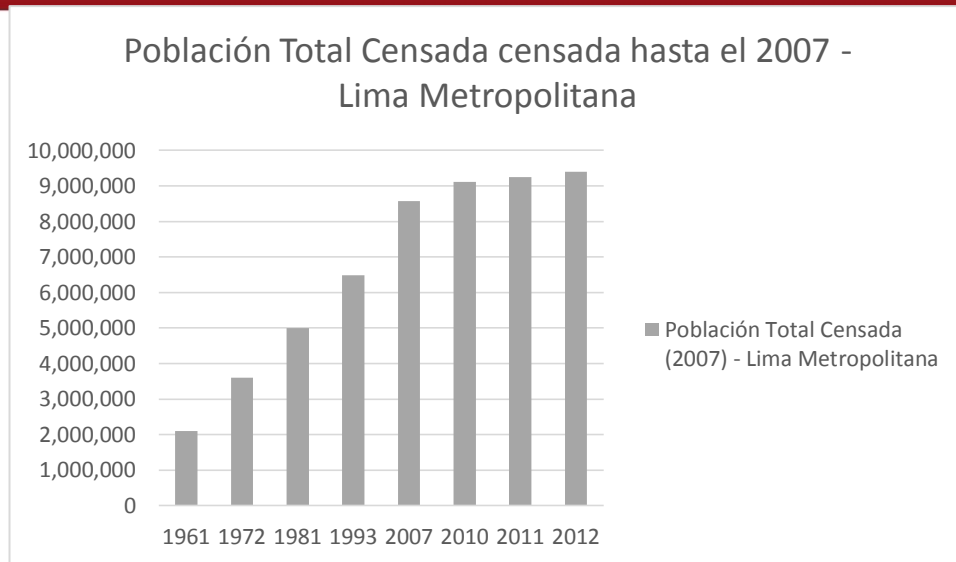


Gráfico 9: Población Total censada hasta el 2007 – Lima Metropolitana

Fuente: Perú en Números 2012

Por ello, es necesario saber cuál es la cantidad de vehículos existentes hasta el presente año ya que con esos datos se podrá proyectar el tamaño de la flota vehicular para años futuros³² el cual se presentará en la tabla 7 la cual representará la data histórica de los valores reales con lo que se realizará el análisis.

Tabla 7: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana (en unidades)

| AÑO | VEHÍCULOS |
|------|-----------|
| 2001 | 802,748 |
| 2002 | 829,214 |
| 2003 | 851,360 |
| 2004 | 866,881 |
| 2005 | 885,636 |
| 2006 | 912,763 |
| 2007 | 957,368 |
| 2008 | 1,036,850 |
| 2009 | 1,106,444 |
| 2010 | 1,195,353 |
| 2011 | 1,287,454 |
| 2012 | 1,395,576 |
| 2013 | 1450804 |

Fuente: Perú en Cifras 2014

³² Se realizara una proyección de 10 años para el análisis de las emisiones y el impacto que causa en la salud.

Luego, debemos determinar las razones por las cuales los vehículos se convierten en principales agentes de la contaminación del aire siendo las principales causas el uso intensivo de los vehículos en la cual la demanda está en función del crecimiento poblacional según el gráfico 9 y la tabla 7 que está en aumento la cantidad de vehículos en Lima Metropolitana. Otro de los factores, por la cual se convierte en agente de contaminación es por la antigüedad de gran parte de la flota vehicular ya que no deben superar los 15 años de antigüedad según el Sistema Nacional de Información del Ambiente.

Tabla 8: Límite de antigüedad del transporte público

| AÑO | LÍMITE DE ANTIGÜEDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO |
|------------|--|
| 2008 | 35 años |
| 2009 | 26 años |
| 2010 | 24 años |
| 2011 | 22 años |
| 2012 | 15 años |

Fuente: Sistema Nacional de Información del Ambiente

Según la tabla 9 solo el 15% del parque automotor está dentro del rango y el 85% supera esta cantidad de años generando mayor proporción de contaminación por emisión de gases.

Tabla 9: Antigüedad de unidades autorizadas de transporte público de lima por modalidad de servicio – al 28/05/2009

| ANTIGÜEDAD | ÓMNIBUS | MICROBÚS | CAMIONETA | TOTAL | % |
|------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------------|----------|
| De 0 a 15 años | 521 | 1864 | 1315 | 3700 | 15% |
| De 16 a 20 años | 1038 | 3227 | 5008 | 9273 | 37% |
| De 21 a 34 años | 2049 | 5733 | 4001 | 11783 | 48% |
| TOTAL | 3608 | 10824 | 10324 | 24756 | 100% |

Fuente: Pérez Patricia -2010 – Elaboración Propia

Por otro lado, según el CIDATT³³, en el año 2010, el 83% de los viajes motorizados en Lima, que equivalen aproximadamente a 10 millones de viajes, se realizan en transporte público, y de este total el 37% se realiza en combi, 30% en microbús, el 16% en ómnibus, el 9% en taxi, el 6% en moto taxi y el 2% en auto colectivo.

Es necesario, tener en cuenta que el mayor usuario de la vialidad en la ciudad la tiene el taxi, estimada en 51%, frente al 12% del que hace el ómnibus y camioneta rural de forma conjunta. Desde los años 90 se ha visto un incremento masivo en el transporte individual como el taxi, el auto colectivo, el moto taxis y el uso del auto privado.

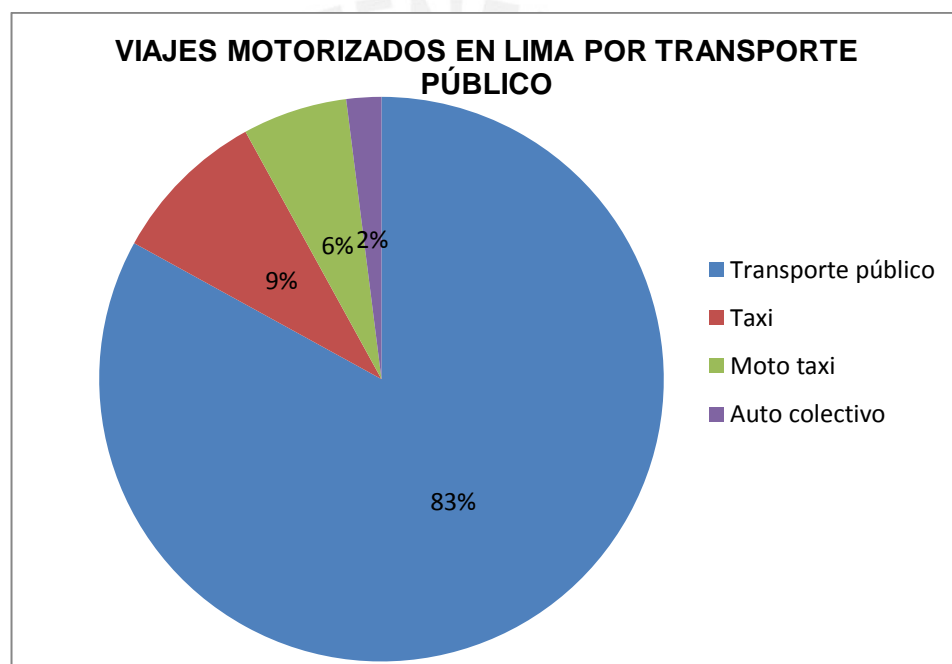


Gráfico 10: Viajes Motorizados en Lima
Fuente: CIDATT-Elaboración Propia

Para poder determinar la cantidad de vehículos según el tipo de transporte se cuantificará el parque automotor de Lima Metropolitana según el tipo de vehículo (ver tabla 11) de la cantidad de vehículos (ver tabla 10).

- Parque automotor de Lima Metropolitana desde los años 2001-2013.

³³ CIDATT: Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte Terrestre.

Tabla 10: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana (en unidades)

| AÑO | VEHÍCULOS |
|------|-----------|
| 2001 | 802,748 |
| 2002 | 829,214 |
| 2003 | 851,360 |
| 2004 | 866,881 |
| 2005 | 885,636 |
| 2006 | 912,763 |
| 2007 | 957,368 |
| 2008 | 1,036,850 |
| 2009 | 1,106,444 |
| 2010 | 1,195,353 |
| 2011 | 1,287,454 |
| 2012 | 1,395,576 |
| 2013 | 1,450,804 |

Fuente: Perú en Números 2014

- Clasificación del Parque Automotor por tipo de transporte:

El parque automotor de Lima Metropolitana está conformado por los siguientes tipos de transporte:

Transporte Privado: conformado por automóviles y station wagon.

Transporte Público: conformado por vehículos de transporte público como el ómnibus y la camioneta rural.

Transporte de Carga: conformado por transporte pesado y/o carga y transporte en vehículos menores como lo son la camioneta panel, camioneta pick up, camión, remolcador, remolque y semi remolque.

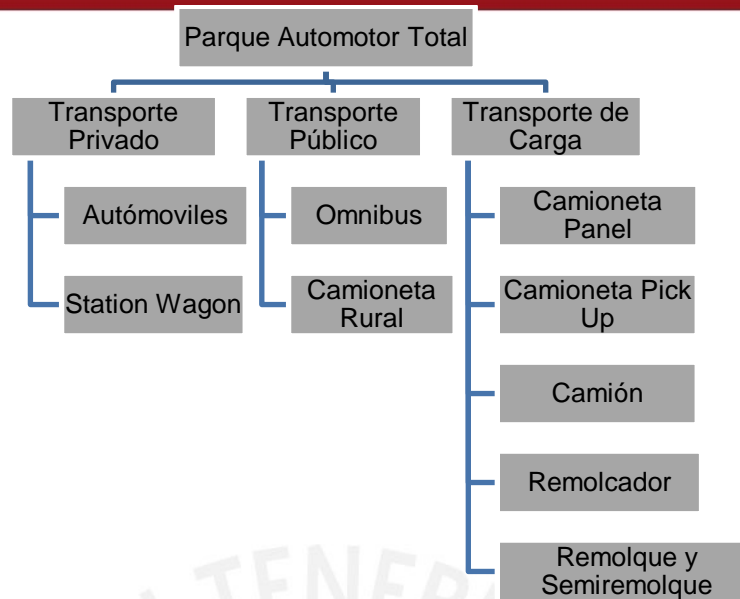


Gráfico 11: Clasificación del Parque Automotor por Tipo de Transporte
Fuente: Pérez Patricia -2010– Elaboración Propia

Entonces, para poder determinar la cantidad de flota vehicular por tipo de transporte debemos saber la cantidad de cada tipo de vehículo que conforma cada clasificación y ello se puede observar en la tabla 11.

Tabla 11: Clasificación del Parque Automotor por Tipo de Vehículo (unidades)

| AÑO | Automóvil | Station Wagon | Ómnibus | Camioneta Rural | Camioneta Panel | Camioneta Pick Up | Camión | Remolcador | Remolque y Semiremolque |
|------|-----------|---------------|---------|-----------------|-----------------|-------------------|--------|------------|-------------------------|
| 2001 | 445,200 | 107,300 | 29,700 | 69,900 | 13,400 | 75,100 | 45,700 | 8,100 | 8,400 |
| 2002 | 445,200 | 120,600 | 29,400 | 72,000 | 14,200 | 75,900 | 45,400 | 8,600 | 8,900 |
| 2003 | 461,500 | 131,100 | 29,100 | 73,400 | 14,900 | 77,500 | 45,100 | 8,800 | 9,900 |
| 2004 | 464,300 | 139,600 | 28,900 | 75,000 | 15,800 | 79,100 | 44,800 | 9,100 | 10,300 |
| 2005 | 468,800 | 146,400 | 28,900 | 78,100 | 16,700 | 81,800 | 45,000 | 8,600 | 11,200 |
| 2006 | 476,800 | 154,000 | 29,100 | 83,500 | 17,600 | 85,000 | 45,700 | 9,100 | 11,900 |
| 2007 | 490,800 | 164,000 | 29,700 | 91,700 | 18,500 | 90,700 | 47,900 | 10,600 | 13,400 |
| 2008 | 523,800 | 173,400 | 31,000 | 107,300 | 20,500 | 99,700 | 52,400 | 12,900 | 16,000 |
| 2009 | 551,300 | 184,200 | 32,500 | 121,800 | 21,700 | 106,900 | 56,600 | 13,900 | 17,600 |
| 2010 | 589,600 | 195,000 | 34,800 | 138,200 | 22,900 | 119,300 | 61,000 | 15,100 | 19,500 |
| 2011 | 629,200 | 198,800 | 36,700 | 163,300 | 24,300 | 129,400 | 67,500 | 16,700 | 21,600 |
| 2012 | 681,100 | 202,600 | 38,600 | 191,100 | 25,400 | 141,100 | 73,200 | 18,400 | 23,900 |
| 2013 | 708,300 | 200,500 | 39,300 | 208,400 | 25,900 | 148,100 | 75,800 | 19,200 | 25,300 |

Fuente: Perú en Cifras 2014.

Finalmente, la cantidad de parque automotor por tipo de transporte queda conformada de la siguiente manera tal como se muestra en la tabla 12. Se considerará que el tipo de transporte privado está conformado por dos tipos de

vehículos tal como muestra en la ecuación 1; transporte público por dos tipos de vehículos tal como se muestra en la ecuación; y, finalmente, el transporte privado por cinco tipos de vehículos tal como se muestra en la ecuación tres.

$$\text{transporte privado} = \text{automóvil} + \text{station wagon} \quad (1)$$

$$\text{transporte público} = \text{omnibus} + \text{camioneta rural} \quad (2)$$

$$\text{transporte privado} = \text{camioneta panel} + \text{camioneta pick up} + \text{camión} + \text{remolcador} + \text{remolque y semiremolque} \quad (3)$$

Tabla 12: Parque Vehicular por Tipo de Transporte (unidades)

| Año | Transporte privado | Transporte público | Transporte de carga |
|------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 2001 | 552,500 | 99,600 | 150,700 |
| 2002 | 565,800 | 101,400 | 153,000 |
| 2003 | 592,600 | 102,500 | 156,200 |
| 2004 | 603,900 | 103,900 | 159,100 |
| 2005 | 615,200 | 107,000 | 163,300 |
| 2006 | 630,800 | 112,600 | 169,300 |
| 2007 | 654,800 | 121,400 | 181,100 |
| 2008 | 697,200 | 138,300 | 201,500 |
| 2009 | 735,500 | 154,300 | 216,700 |
| 2010 | 784,600 | 173,000 | 237,800 |
| 2011 | 828,000 | 200,000 | 259,500 |
| 2012 | 883,700 | 229,700 | 282,000 |
| 2013 | 908,800 | 247,700 | 294,300 |

Fuente: Elaboración Propia

2.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE AUTOMOTOR SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE

También, el parque automotor puede segmentarse según el uso de combustible que usan los cuales se agrupan en dos grupos la gasolina y el diésel.

Según, la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas en su informe de “Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación Del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético Transporte”, para cada grupo pertenecen los siguientes tipos de vehículos:

gasolina = automóvil + station wagon (4)

diésel = omnibus + camioneta ruralcamioneta panel + camioneta pick up + camión + remolcador + remolque y semiremolque (5)

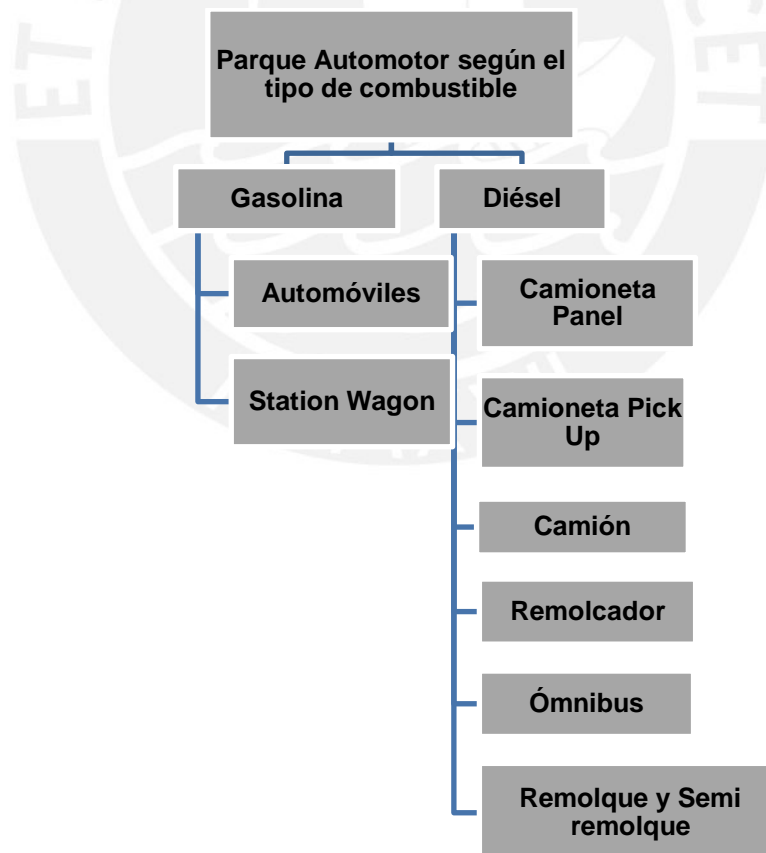


Gráfico 12: Clasificación del Parque Vehicular por el Uso de Combustible

Fuente: Dirección General de Electricidad, Ministerio de Energía y Minas (Mayo, 2008)

Desde el año 2006, en Lima Metropolitana los automóviles se han convertido haciendo uso de otros tipos de combustible; según, la Cámara de Gas Natural, los vehículos que usan combustible de Gasolina al combustible de Gas Natural Vehicular y Gas Licuado de Petróleo. Entonces, la cantidad del parque vehicular, a partir del año 2006, por el tipo de combustible que usan es como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13: Parque Vehicular por el tipo de Combustible (en unidades)

| | GASOLINA(*) | DIESEL(*) | GLP (**) | GNV(**) |
|-------------|--------------------|------------------|-----------------|----------------|
| 2006 | 630,800 | 281,900 | 65,305 | 5,489 |
| 2007 | 654,800 | 302,500 | 99,139 | 23,958 |
| 2008 | 697,200 | 339,800 | 129,232 | 57,419 |
| 2009 | 735,500 | 371,000 | 126,332 | 81,029 |
| 2010 | 784,600 | 410,800 | 145,547 | 103,712 |
| 2011 | 828,000 | 459,500 | 166,279 | 125,519 |

Fuente: (*): Elaboración Propia

(**): Cámara Peruana de Gas Natural Vehicular

Por lo tanto, el comportamiento del parque vehicular, según el tipo de combustible que usan desde el año 2006 – 2011 cada vehículo muestra una tendencia de crecimiento a excepción del tipo de gasolina ya que desde el año 2006 empezaron a convertirse en Gas Natural Vehicular en mayor proporción como se puede visualizar en el gráfico 13.

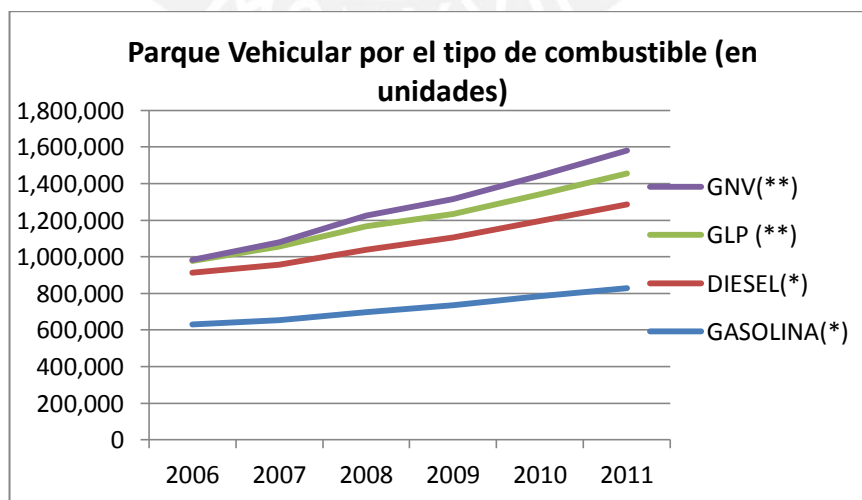


Gráfico 13: Parque Vehicular según tipo de combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

2.3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS EMISIONES

Según, el reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM) establece los estándares de concentración permitidos en el medio ambiente siendo el “Estándar de Calidad Ambiental (ECA)”, la que se encarga de establecer los niveles de concentración de los elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire y que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

De acuerdo, a los parámetros en particular a que se refiere, la concentración o grado por ser expresada en máximos, mínimos o rangos los que según el artículo 31° numeral 1° de la Ley General del Ambiente No. 28611, los principales contaminantes del aire según los Estándares de Calidad Ambiental se muestra en la siguiente tabla 14:

Tabla 14: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ug/m³)

| CONTAMINANTE | PERIODO | FORMA DEL ESTÁNDAR VALOR (ug/m ³) |
|----------------------|----------|---|
| Dióxido de Azufre | Anual | 80 |
| | 24 horas | 365 |
| PM ₁₀ | Anual | 50 |
| | 24 horas | 150 |
| PM _{2.5} | Anual | 15 |
| | 24 horas | 65 |
| Monóxido de Carbono | 8 horas | 10000 |
| | 1 hora | 30000 |
| Dióxido de Nitrógeno | Anual | 100 |
| | 1 hora | 200 |

Fuente: D.S. 074-2001- PCM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad del Aire”

Es importante mencionar que en el año 2008 se modificó los estándares nacionales de calidad ambiental del aire, según lo señala el DS 003-2008-MINAM³⁴ en la

³⁴ Decreto Supremo N° 003-2008 MINAM (21/Ago/08) "Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire"

cuales los niveles estándares cambian en dos contaminantes los cuales son los que se muestran en la tabla 15.

Tabla 15: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire: D.S. 003-2008-MINAM

| Parámetro | Período | Valor ug/m ³ | Vigencia |
|---|----------|-------------------------|--------------------|
| Dióxido de azufre (SO ₂) | 24 horas | 80 | 1 de Enero de 2009 |
| | 24 horas | 20 | 1 de Enero de 2014 |
| Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM _{2.5}) | 24 horas | 50 | 1 de Enero de 2009 |
| | 24 horas | 25 | 1 de Enero de 2014 |

Fuente: http://www.minam.gob.pe/dmdocuments/d.s_074-2001-pcm_eca_para_aire.pdf

Para estos tipos de contaminantes se deben evaluar la cantidad de emisión que se produce, verificar si se pasarán con los rangos y analizar de acuerdo a esa diferencia la dificultad del problema determinando el rango de estado de alerta.

Esta comparación se debe realizar en base a la cantidad total resultante y compararlo con los límites establecidos según como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16: Estados de Alerta

| TIPOS DE ALERTA | MATERIAL PARTICULADO (PM ₁₀) | DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂) | MONÓXIDO DE CARBONO (CO) |
|-----------------|---|---|--|
| Cuidado | >250 ug/m ³ prom. aritmético 24 horas | >500 ug/m ³ prom. móvil 3 horas | >15 000 ug/m ³ prom. móvil 8 horas |
| Peligro | >350 ug/m ³ prom. aritmético 24 horas | >1 500 ug/m ³ prom. móvil 3 horas | >20 000 ug/m ³ prom. móvil 8 horas |
| Emergencia | >420 ug/m ³ prom. aritmético 24 horas | >2 500 ug/m ³ prom. móvil 3 horas | >35 000 ug/m ³ prom. móvil 8 horas |

Fuente: DS 012-2005-SA (DS 009-2003-SA)

Por otro lado, se debe señalar los Valores de Tránsito permitidos los cuales son los niveles de concentración de contaminantes en el aire establecidos temporalmente como parte del proceso progresivo de implementación de los estándares de calidad del aire.

Se aplicarán a las ciudades o zonas que luego de realizado el monitoreo de la calidad del aire según lo señalado en el artículo 12 del reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire según el DECRETO SUPREMO N° 074-2001-PCM presenten valores mayores a los contenidos en la tabla 17:

Tabla 17: Valores de Tránsito Permitido

| CONTAMINANTE | PERÍODO | PERÚ-ECA (mg/m ³) |
|-------------------|----------|-------------------------------|
| SO ₂ | Anual | 100 |
| PM ₁₀ | Anual | 80 |
| | 24 horas | 200 |
| PM _{2.5} | Anual | 15 |
| | 24 h | 65 |
| CO | 8 horas | 10000 |
| | 1 hora | 30000 |
| NO ₂ | 1h | 250 |

**Fuente: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire-
DECRETO SUPREMO N° 074-2001-PCM**

Por lo tanto, debemos analizar a estos cinco contaminantes que son los causantes principales de la contaminación del aire generada por la emisión de los gases del parque automotor los cuales podrían dañar a la salud humana.

Para el análisis de inventario de emisiones del parque automotor, se utilizará el método de la **evaluación rápida**³⁵; para ello, se necesitará los datos del parque automotor según el tipo de combustible, los valores de los factores de emisión de los cinco contaminantes en estudio y la distancia promedio de recorrido.

2.4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENFERMEDADES CAUSADAS POR LOS CONTAMINANTES

Para estimar el riesgo que un agente o sustancia puede representar para la salud, es preciso conocer el grado de exposición y las relaciones contaminantes/enfermos a ese mismo agente o sustancia. Como los niños

³⁵ Estimación de emisiones del parque automotor de Santiago de Chile que nos permite realizar el inventario de emisiones de fuentes móviles teniendo como variables la cantidad de vehículos por tipo de combustible, la distancia promedio de recorrido al año y el factor de emisión. Se explica al detalle en la sección Anexos

tienen más años de vida futura, también tienen más tiempo para desarrollar aquellas enfermedades crónicas producto de la exposición a contaminantes ambientales³⁶.

La salud de los seres humanos depende de la capacidad de desarrollar una relación armoniosa con el medio ambiente. Por ello, no solo hay que tener en cuenta el efecto de ciertos agentes ambientales sobre la salud sino también las acciones necesarias para mantener la integridad de estos ambientes naturales.

Los principales factores determinantes de la utilización contaminante del medio ambiente son tres los cuales son el crecimiento demográfico, el desarrollo económico y la concentración espacial de la población y su actividad económica. Siendo estas interdependientes no se puede afirmar que el crecimiento económico de un país siempre aumente el uso de los recursos naturales y tenga un impacto negativo sobre la calidad del medio ambiente.

También, hay que señalar la relación entre las condiciones sociales, la pobreza, el desempleo y las desigualdades sociales con la salud humana.

El principal contaminante es el monóxido de carbono, cuyos índices más altos se producen a las horas de mayor tránsito vehicular, especialmente de los diésel, cuyas emisiones son más tóxicas que los del polvo natural. Otros contaminantes son los oxidantes fotoquímicos, las partículas de suspensión, el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno.

Entonces, la relación contaminantes/enfermos la calcularemos en el capítulo 3; pero, necesitamos para su análisis la cantidad de enfermos actualmente los cuales se muestran en la tabla 18.

³⁶ (VER ANEXO).

Tabla 18: Cantidad de afecciones respiratorias al año

| AÑO | AFECCIONES RESPIRATORIAS ³⁷ |
|------|--|
| 2006 | 3,330,185 |
| 2007 | 3,876,350 |
| 2008 | 3,902,028 |
| 2009 | 3,927,705 |
| 2010 | 4,176,790 |
| 2011 | 4,208,090 |

Fuente: INEI 2013



³⁷ Se ha tomado como referencia el total de enfermos de niños menores a 5 años, según el INEI y se ha estimado de acuerdo al porcentaje que representa en la población

3. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA APLICAR

Para poder determinar el impacto económico que se genera por el cambio de combustible en el parque automotor se seguirán seis etapas que permitirán encontrar el impacto económico por la reducción de emisiones gaseosas y material particulado en Lima Metropolitana por el uso del gas natural vehicular en el parque automotor. Estas etapas son las siguientes:

1. Se realizará una proyección del parque automotor para poder saber la cantidad de vehículos que se tendrá hasta el año proyectado y luego se agrupará según el tipo de combustible (gasolina, diésel y gas natural vehicular). Con ello, se quiere lograr cuantificar el parque automotor en Lima Metropolitana. Para lograr ello, se revisará información estadística de los diferentes Ministerios e instituciones relacionadas a salud, transporte, contaminación y número de habitantes.
2. Se realizará el cálculo de las emisiones del parque automotor de Lima Metropolitana de la cantidad de vehículos según el tipo de combustibles agrupados. Estas emisiones se obtendrán según la evaluación rápida que para su análisis considera la cantidad de vehículos, los factores de emisiones de los contaminantes en el recorrido promedio anual. Con ello, se quiere lograr cuantificar las emisiones gaseosas y de material particulado en Lima Metropolitana mediante los factores de emisión. Para lograr ello, se usará los informes estadísticos de los Ministerios de Transporte y Salud como datos iniciales y, como modelo de análisis, los valores de los factores de emisión para cuantificar la contaminación atmosférica referente al estado de referencia y a lo proyectado con el uso del gas como combustible.
3. Al conocer que las emisiones son una consecuencia negativa al aire y estos traen como consigo enfermedades respiratorias en los seres humanos se calculará las enfermedades causadas por los contaminantes. En este capítulo se logrará cuantificar la población impactada en salud por la contaminación atmosférica.

4. Se calculará los costos que implican tener productos de las enfermedades respiratorias y se clasificarán por dos tipos de costos los cuales son por salud y por inasistencia.
5. Conociendo todo este panorama se analizará y calculará los costos que implican reducir las emisiones; es decir, se propondrá que exista un aumento doble del comportamiento actual de las conversiones del parque automotor de gasolina a gas natural vehicular y evaluará que consecuencias traen consigo. Con estos cálculos se quiere evaluar la reducción de emisiones por el uso del gas natural vehicular como combustible en el parque automotor y evaluar la relación de reducción entre las emisiones por el uso del gas como combustible con el costo asociado a las enfermedades respiratorias.
6. Finalmente, se evaluará que impactos tanto ambientales como económicos se logra con el cambio del parque automotor; así como, analizar la viabilidad si conviene usar Gas Natural Vehicular y Gas de manera que reduzca el impacto por la salud.

Con estas seis etapas se podrá tener conclusiones finales las cuales serían los resultados que indiquen reducción de enfermedades respiratorias en Lima Metropolitana, reducción de emisiones gaseosas y de Material Particulado en Lima Metropolitana por el uso del gas como combustible y finalmente resultados que indiquen reducción del costo asociado por las enfermedades respiratorias sean estos por costos de salud y costos de inasistencia.

Para resumir toda la metodología ese muestra de manera gráfica, las etapas resumidas que se aplicará para lograr el objetivo de la tesis de determinar el impacto que se logra al convertir el parque automotor de gasolina a gas natural.

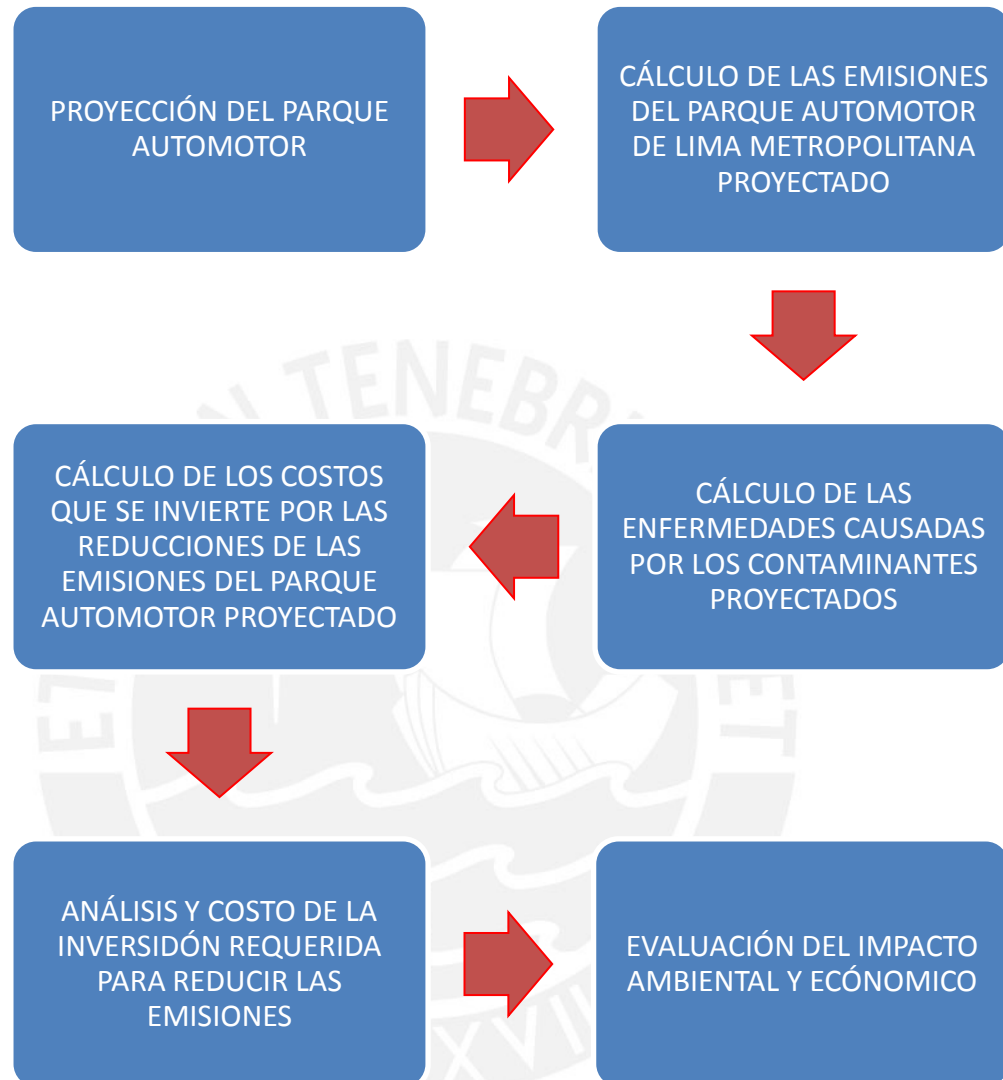


Gráfico 14: Etapas del impacto económico desarrollado.
Fuente: Elaboración Propia.

4. PROYECCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR

Para poder estimar la flota vehicular en el presente año se proyectará mediante un análisis de regresión a la cantidad de vehículos registrados desde el año 2001 hasta el año 2011 tal como se muestra en la tabla 7.

Para ello, se utilizará modelos de ecuaciones y se elegirá la mejor opción mediante el coeficiente de determinación para poder determinar la proyección futura del parque vehicular. La elección dependerá del coeficiente de determinación, denominado R^2 , que por definición es la medida de la proximidad del ajuste de la recta de regresión. Cuanto mayor sea el valor de R^2 , mejor será el ajuste y más útil la recta de regresión como instrumento de predicción³⁸.

Ecuación 1:

$$y = B_0 + B_1X$$

Ecuación 2:

$$y = B_0X^{B_1}$$

Ecuación 3:

$$y = B_0 e^{B_1X}$$

- Donde “y” es la variable dependiente igual a la cantidad de vehículos totales en Lima Metropolitana
- Y la variable regresora “x”, es igual a un número natural que representa el año 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.

Para poder determinar la cantidad de vehículos en Lima Metropolitana hasta el año 2040 se requiere la data histórica del parque automotor el cual puede visualizarse en la tabla 10.

³⁸ Manuel Córdova Zamorra. “Estadística Descriptiva e Inferencial”

Luego, evaluar según el análisis de la regresión, el mejor coeficiente de determinación los cuales, en la tabla 19, se muestran los parámetros de las regresiones realizadas.

Tabla 19: Parámetros de las Regresiones en análisis.

| | Regresión Lineal | Regresión Potencial | Regresión Exponencial |
|---|------------------|---------------------|-----------------------|
| Coefficiente de determinación R^2 | 0.9219 | 0.737 | 0.9517 |
| B_0 | 659279 | 687153 | 714755 |
| B_1 | 55031 | 0.1299 | 0.0513 |

Elaboración Propia

Por lo tanto, según el coeficiente de determinación, la recta más útil para proyectar a la cantidad de automóviles será utilizando la línea de tendencia exponencial cuya ecuación es $y = 714755 \times e^{0.0513 \times X}$ y serán las cantidades hasta el año 2040 la tabla 20.

Tabla 20: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana proyectada hasta el 2040

| Año | Parque Automotor (unidades) |
|------|-----------------------------|
| 2014 | 1,465,776 |
| 2015 | 1,542,932 |
| 2016 | 1,624,150 |
| 2017 | 1,709,643 |
| 2018 | 1,799,636 |
| 2019 | 1,894,367 |
| 2020 | 1,994,084 |
| ... | ... |
| 2035 | 4,304,601 |
| 2036 | 4,531,190 |
| 2037 | 4,769,705 |
| 2038 | 5,020,776 |
| 2039 | 5,285,063 |
| 2040 | 5,563,262 |

Fuente: Elaboración Propia.

4.1. PROYECCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE.

Para realizar la proyección de los vehículos según tipo de combustible se realizará un análisis de regresión a la cantidad de vehículos, según tipo de combustible, registrados desde el 2006 al 2011. Para ello, se analizará por separado cada proyección.

- **Gasolina**

Se analizará el flujo vehicular que usa el combustible de Gasolina siguiendo el mismo procedimiento como el que se utilizó para poder determinar el flujo vehicular de Lima Metropolitana.

Ecuación 1:

$$y = B_0 + B_1X$$

Ecuación 2:

$$y = B_0 e^{B_1 X}$$

Ecuación 3:

$$y = B_0 X^{B_1}$$

- Donde “y” es la variable dependiente igual a la cantidad de vehículos a Gasolina
- Y la variable regresora “x”, es igual a un número natural que representa el año de observación.

La tabla 21, se muestra la data histórica de los valores reales con los que se realizara el análisis.

TABLA 21: Cantidad de vehículos en Lima Metropolitana-Gasolina

| Año | Cantidad de Vehículos que usan Gasolina |
|------|---|
| 2006 | 630,800 |
| 2007 | 654,800 |
| 2008 | 697,200 |
| 2009 | 735,500 |
| 2010 | 784,600 |
| 2011 | 828,000 |

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 22, se muestran los parámetros de las regresiones realizadas y se elegirá el que tenga mayor coeficiente de determinación.

Tabla 22: Parámetros de las Regresiones Analizadas

| | Regresión Lineal | Regresión Exponencial | Regresión Potencial |
|---|------------------|-----------------------|---------------------|
| Coeficiente de determinación R² | 0.9919 | 0.996 | 0.9074 |
| B₀ | 580447 | 590858 | 609134 |
| B₁ | 40391 | 0.0559 | 0.1506 |

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, según el coeficiente de determinación, la ecuación más útil para proyectar a la cantidad de automóviles será la de regresión lineal cuya ecuación es $y = 590858 \times e^{0.0559x}$ y será la proyección del año 2012 hasta el año 2040 tal como se muestra en la tabla 23.

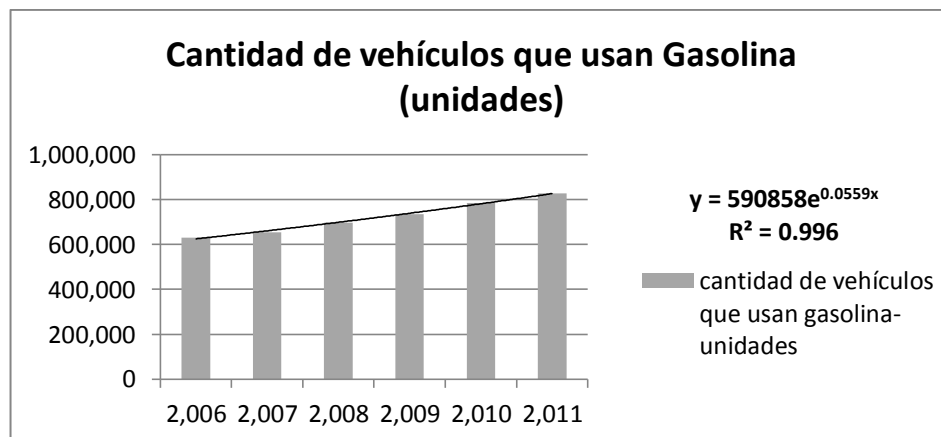


Gráfico 15: Parque Automotor Lima – Gasolina
Fuente: Perú en Cifras 2012

Tabla 23: Cantidad de Vehículos que usan Gasolina en unidades (2012-2040)

| Año | Cantidad de Vehículos que usan Gasolina |
|------|---|
| 2012 | 1,155,601 |
| 2013 | 1,222,039 |
| 2014 | 1,292,296 |
| 2015 | 1,366,593 |
| 2016 | 1,445,161 |
| 2017 | 1,528,246 |
| 2018 | 1,616,107 |
| 2019 | 1,709,021 |
| 2020 | 1,807,275 |
| ... | ... |
| 2035 | 4,180,038 |
| 2036 | 4,420,357 |
| 2037 | 4,674,492 |
| 2038 | 4,943,237 |
| 2039 | 5,227,434 |
| 2040 | 5,527,969 |

Fuente: Elaboración Propia

- **Diésel**

Se analizará el flujo vehicular que usa el combustible de Diésel siguiendo el mismo procedimiento como el que se utilizó para poder determinar el flujo vehicular de Lima Metropolitana.

Ecuación 1:

$$y = B_0 + B_1X$$

Ecuación 2:

$$y = B_0 X^{B_1}$$

Ecuación 3:

$$y = B_0 e^{B_1(X)}$$

- Donde “y” es la variable dependiente igual a la cantidad de vehículos a Gasolina
- Y la variable regresora “x”, es igual a un número natural que representa el año de observación.

La tabla 24, muestra la data histórica de los valores reales con los que se realizará el análisis.

Tabla 24: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana-Diésel (unidades)

| AÑO | DIÉSEL |
|------|---------|
| 2006 | 281,900 |
| 2007 | 302,500 |
| 2008 | 339,800 |
| 2009 | 371,000 |
| 2010 | 410,800 |
| 2011 | 459,500 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, se muestran los parámetros de las regresiones realizadas y se elegirá el que tenga mayor coeficiente de determinación.

Tabla 25: Parámetros de las Regresiones Analizadas

| | Regresión Lineal | Regresión Potencial | Regresión Exponencial |
|---|---------------------|------------------------|--------------------------|
| Coeficiente de determinación R² | 0.9866 | 0.09122 | 0.9967 |
| B₀ | 236507 | 265752 | 252023 |
| B₁ | 35546 | 0.2661 | 0.0985 |

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, según el coeficiente de determinación, la ecuación más útil para proyectar a la cantidad de automóviles será la del tipo de regresión exponencial cuya ecuación es $y = 252023e^{0.0985(X)}$ y será la proyección del año 2012 hasta el año 2040 tal como se muestra en la tabla 26.

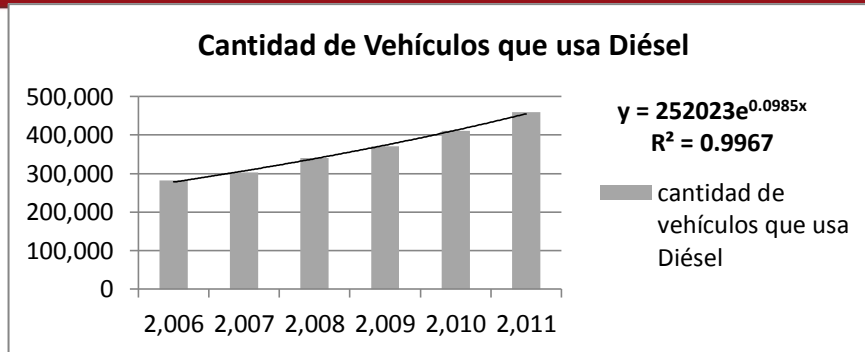


Gráfico 16: Parque Automotor Lima – Diésel
Fuente: Perú en Cifras 2012

Tabla 26: Cantidad de Vehículos que usan Diésel en unidades (2012-2040)

| Año | Cantidad de Vehículos que usan Diésel |
|------|---------------------------------------|
| 2012 | 821,852 |
| 2013 | 906,925 |
| 2014 | 1,000,805 |
| 2015 | 1,104,403 |
| 2016 | 1,218,724 |
| 2017 | 1,344,880 |
| 2018 | 1,484,094 |
| 2019 | 1,637,720 |
| 2020 | 1,807,247 |
| ... | ... |
| 2035 | 7,919,315 |
| 2036 | 8,739,079 |
| 2037 | 9,643,699 |
| 2038 | 10,641,961 |
| 2039 | 11,743,557 |
| 2040 | 12,959,184 |

Fuente: Elaboración Propia

- **Gas Licuado de Petróleo**

Se analizará el flujo vehicular que usa el combustible de Gas Licuado de Petróleo siguiendo el mismo procedimiento como el que se utilizó para poder determinar el flujo vehicular de Lima Metropolitana.

Ecuación 1:

$$y = B_0 + B_1X$$

Ecuación 2:

$$y = B_0 + B_1 \ln(X)$$

Ecuación 3:

$$y = B_0 X^{B_1}$$

- Donde “y” es la variable dependiente igual a la cantidad de vehículos a GLP
- Y la variable regresora “x”, es igual a un número natural que representa el año de observación.

La tabla 27, se muestra la data histórica de los valores reales con los que se realizara el análisis.

Tabla 27: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana-GLP

| N° | AÑO | GLP |
|----|------|---------|
| 1 | 2006 | 65,305 |
| 2 | 2007 | 99,139 |
| 3 | 2008 | 129,232 |
| 4 | 2009 | 126,332 |
| 5 | 2010 | 145,547 |
| 6 | 2011 | 166,279 |

Fuente: CPGNV

En la tabla 28, se muestran los parámetros de las regresiones realizadas y se elegirá el que tenga mayor coeficiente de determinación.

Tabla 28: Parámetros de las Regresiones Analizadas

| | Regresión Lineal | Regresión Potencial | Regresión Logarítmica |
|--|---------------------|------------------------|--------------------------|
| Coeficiente de determinación R^2 | 0.9289 | 0.9671 | 0.9613 |
| B_0 | 57853 | 68020 | 64275 |
| B_1 | 18320 | 0.4942 | 52618 |

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, según el coeficiente de determinación, la ecuación más útil para proyectar a la cantidad de automóviles será la del tipo de regresión potencial cuya

ecuación es $y = 68020 \times X^{0.4942}$ y será la proyección del año 2012 hasta el año 2040 tal como se muestra en la tabla 29.

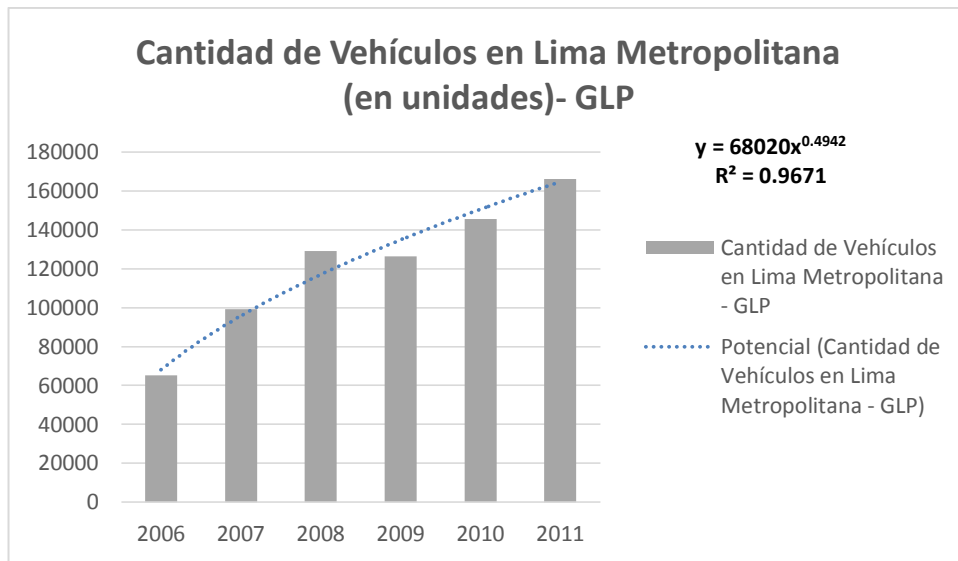


Gráfico 17 : Parque Automotor Lima – Gas Licuado de Petróleo
Fuente: Cámara Peruana de Gas Vehicular

Tabla 29: Cantidad de Vehículos que usan GLP en unidades (2012-2040)

| Año | Cantidad de Vehículos que usan GLP |
|------|------------------------------------|
| 2012 | 177,944 |
| 2013 | 190,083 |
| 2014 | 201,476 |
| 2015 | 212,245 |
| 2016 | 222,481 |
| 2017 | 232,257 |
| 2018 | 241,628 |
| 2019 | 250,642 |
| 2020 | 259,335 |
| ... | ... |
| 2035 | 365,283 |
| 2036 | 371,251 |
| 2037 | 377,122 |
| 2038 | 382,901 |
| 2039 | 388,592 |
| 2040 | 394,199 |

Fuente: Elaboración Propia

- **Gas Natural Vehicular**

Se analizará el flujo vehicular que usa el combustible de Gas Natural Vehicular siguiendo el mismo procedimiento que en los anteriores análisis.

Ecuación 1:

$$y = B_1X - B_0$$

Ecuación 2:

$$y = B_1 \ln(X) - B_0$$

Ecuación 3:

$$y = B_0 X^{B_1}$$

- 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 el año de observación.

La tabla 30, se muestra la data histórica de los valores reales con los que se realizara el análisis.

Tabla 30: Cantidad de Vehículos en Lima Metropolitana-GNV

| N° | AÑO | GNV |
|----|------|---------|
| 1 | 2006 | 5,489 |
| 2 | 2007 | 23,958 |
| 3 | 2008 | 54,829 |
| 4 | 2009 | 81,029 |
| 5 | 2010 | 103,712 |
| 6 | 2011 | 126,519 |

Fuente: CPGNV

En la tabla 31, se muestra los parámetros de las regresiones realizadas y se elegirá el que tenga mayor coeficiente de determinación.

Tabla 31: Parámetros de la Regresiones Analizadas

| | Regresión Lineal | Regresión Potencial | Regresión Logarítmica |
|--|------------------|---------------------|-----------------------|
| Coefficiente de determinación R² | 0.995 | 0.9794 | 0.9377 |
| B₀ | -20115 | 6456 | 67580 |
| B₁ | 24658 | 1.7644 | -7916.4 |

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, según el coeficiente de determinación, la recta más útil para proyectar a la cantidad de automóviles será utilizando la línea de regresión lineal cuya ecuación es $y = 24658X - 20115$ y será la proyección del año 2012 hasta el año 2040 tal como se muestra en la tabla 32.

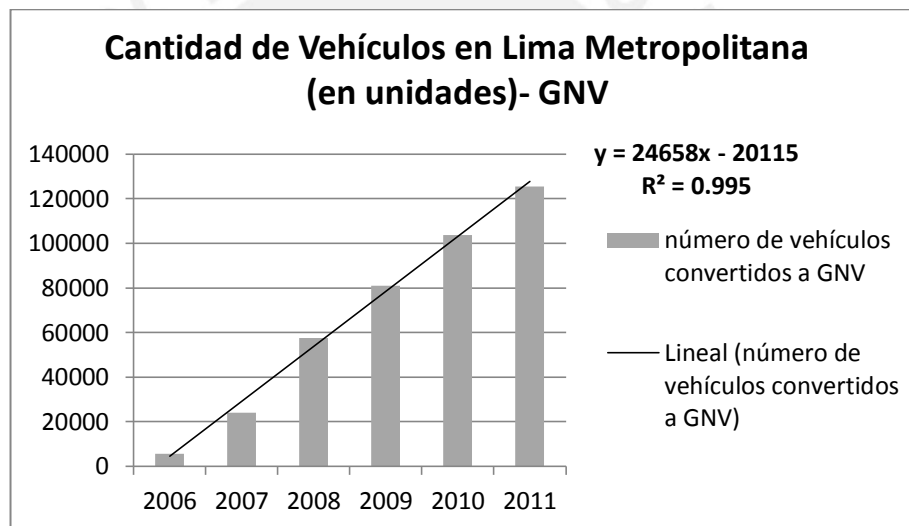


Gráfico 18: Parque Automotor en Lima metropolitana – GNV

Fuente: CPGNV – Elaboración propia

Tabla 32: Cantidad de Vehículos que usan GNV en unidades (2012-2040)

| Año | Cantidad de Vehículos que usan GNV |
|------|------------------------------------|
| 2012 | 152,491 |
| 2013 | 177,149 |
| 2014 | 201,807 |
| 2015 | 226,465 |
| 2016 | 251,123 |
| 2017 | 275,781 |
| 2018 | 300,439 |
| 2019 | 325,097 |
| 2020 | 349,755 |
| ... | ... |
| 2035 | 719,625 |
| 2036 | 744,283 |
| 2037 | 768,941 |
| 2038 | 793,599 |
| 2039 | 818,257 |
| 2040 | 842,915 |

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, después de haber sacado todas las ecuaciones de proyección para los tipos de combustibles del parque automotor se podrá consolidar en una sola tabla el parque automotor según tipo de combustible, desde los años 2012 hasta el año 2040, según su ecuación de regresión elegida respectivamente para cada caso los cuales se muestra en la tabla 33.

Tabla 33: Parque Automotor Proyectado en unidades (2012-2040)³⁹

| Año | Gasolina | Diésel | GLP | GNV |
|------|-----------|------------|---------|---------|
| 2012 | 1,155,601 | 821,852 | 177,944 | 152,491 |
| 2013 | 1,222,039 | 906,925 | 190,083 | 177,149 |
| 2014 | 1,292,296 | 1,000,805 | 201,476 | 201,807 |
| 2015 | 1,366,593 | 1,104,403 | 212,245 | 226,465 |
| 2016 | 1,445,161 | 1,218,724 | 222,481 | 251,123 |
| 2017 | 1,528,246 | 1,344,880 | 232,257 | 275,781 |
| 2018 | 1,616,107 | 1,484,094 | 241,628 | 300,439 |
| 2019 | 1,709,021 | 1,637,720 | 250,642 | 325,097 |
| 2020 | 1,807,275 | 1,807,247 | 259,335 | 349,755 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 2035 | 4,180,038 | 7,919,315 | 365,283 | 719,625 |
| 2036 | 4,420,357 | 8,739,079 | 371,251 | 744,283 |
| 2037 | 4,674,492 | 9,643,699 | 377,122 | 768,941 |
| 2038 | 4,943,237 | 10,641,961 | 382,901 | 793,599 |
| 2039 | 5,227,434 | 11,743,557 | 388,592 | 818,257 |
| 2040 | 5,527,969 | 12,959,184 | 394,199 | 842,915 |

Fuente: Elaboración propia

Luego, se puede analizar la tendencia del parque automotor según el tipo de combustible proyectado hasta el año 2040 tal como se muestra en el gráfico 19.

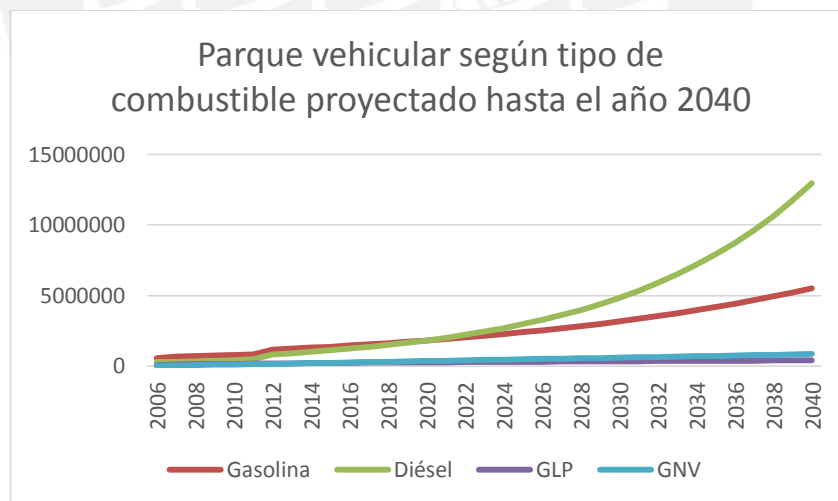


Gráfico 19: Parque Vehicular Proyectado según tipo de combustible

Fuente: Elaboración propia

³⁹ Toda la proyección del parque automotor proyectado en unidades (2012-2040) puede revisarlo en los Anexos

5. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LIMA METROPOLITANA PROYECTADO.

Para el análisis de inventario de emisiones del parque automotor, se utilizará el método de la **evaluación rápida**⁴⁰; para ello, se necesitará los datos del parque automotor según el tipo de combustible, los valores de los factores de emisión de los cinco contaminantes en estudio y la distancia promedio de recorrido.

- Datos del parque automotor de Lima Metropolitana según el tipo de combustibles.

Según, el plan de referencia del uso eficiente de la energía 2009-2018, indica que el parque automotor que usan gasolina son los autos privados y los taxis. Los primero representan el 19% de la cantidad de vehículos que usan gasolina. Por lo tanto, nuestro parque automotor queda conformado de la siguiente manera tal como se muestra en la tabla 34.

⁴⁰ Estimación de emisiones del parque automotor de Santiago de Chile que nos permite realizar el inventario de emisiones de fuentes móviles teniendo como variables la cantidad de vehículos por tipo de combustible, la distancia promedio de recorrido al año y el factor de emisión. Se explica al detalle en la sección Anexos

Tabla 34: Conformación del parque automotor por tipo de vehículos que usan gasolina

| AÑO | GASOLINA | | DIÉSEL | GNV |
|------|--------------|------------|------------|---------|
| | AUTO PRIVADO | TAXI NUEVO | | |
| 2012 | 156,782 | 668,384 | 821,852 | 152,491 |
| 2013 | 162,413 | 692,394 | 906,925 | 177,149 |
| 2014 | 168,912 | 720,101 | 1,000,805 | 201,807 |
| 2015 | 176,298 | 751,585 | 1,104,403 | 226,465 |
| 2016 | 184,596 | 786,961 | 1,218,724 | 251,123 |
| 2017 | 193,840 | 826,368 | 1,344,880 | 275,781 |
| 2018 | 204,068 | 869,972 | 1,484,094 | 300,439 |
| 2019 | 215,324 | 917,958 | 1,637,720 | 325,097 |
| 2020 | 227,655 | 970,530 | 1,807,247 | 349,755 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 2035 | 588,075 | 2,507,055 | 7,919,315 | 719,625 |
| 2036 | 627,916 | 2,676,907 | 8,739,079 | 744,283 |
| 2037 | 670,402 | 2,858,027 | 9,643,699 | 768,941 |
| 2038 | 715,680 | 3,051,057 | 10,641,961 | 793,599 |
| 2039 | 763,911 | 3,256,674 | 11,743,557 | 818,257 |
| 2040 | 815,262 | 3,475,593 | 12,959,184 | 842,915 |

Fuente: Elaboración propia

- **Valores de los factores de emisión.**

En la tabla 35 se muestran los factores de emisión de los contaminantes en estudio los cuales son el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, material particulado menor a 2.5 micra, material particulado mayor a 10 micra, materia particulado mayor a 2.5. y menor a 10 micras y el dióxido de azufre.

Tabla 35: Factores de Emisiones (kg/km)

| Factor de Emisión | | | |
|---|---------------------|------------|-------------|
| Sustancia | Combustible (Kg/Km) | | |
| | Gasolina | Diésel | GNV |
| Monóxido de Carbono | 0.000984 | 0.0006104 | 0.0004465 |
| Óxidos de Nitrógeno | 0.0000513 | 0.000518 | 0.00002064 |
| Material Particulado menor a 2.5 um | 0.00000848 | 0.0000371 | 0.000007367 |
| Material Particulado mayor a 10 um | 0.000078 | 0.0000793 | 0.000078 |
| Material Particulado mayor a 2.5 um y menor a 10 um | 0.00001355 | 0.00001594 | 0.0000134 |
| Dióxido de Azufre | 0.000006034 | 0.00000554 | 9.412E-07 |

Fuente: ECOIVENT 2008

- **Distancia promedio de recorrido.**

- ✓ Para vehículos de taxi con combustible de diésel, gas licuado de petróleo y gas natral vehicular es igual a 62050 Km/año⁴¹.
- ✓ Para vehículos de auto privado con combustible de gasolina es igual a 21900 Km/año⁴² por auto privado.

Con esta información se podrá determinar la cantidad de emisiones por cada contaminante del parque automotor se calculara el total según la ecuación del factor de emisión que se muestra a continuación:

41 http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/660/1/valdeiglesias_lf.pdf

42 Se asume que el 80% de los vehículos de gasolina son privados y se desplazan una distancia promedio de 2000 Km/año

EMISIONES = NÚMERO VEHÍCULOS SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE
× FACTOR DE EMISIÓN × DISTANCIA PROMEDIO.

Por lo tanto, el nivel de contaminación total generada por cada uno de los cinco tipos de contaminantes (ver ANEXOS).

Luego, de analizar la cantidad de contaminación generada por contaminante por los tipos de combustibles se tiene que el total de emisiones hasta el año 2040 tal como se muestra en la tabla 36.

Tabla 36: Total de Emisiones por Contaminante (Kg/año)⁴³

| | CO | NO _x | MP < 2.5 | MP > 10 | MP > 2.5 y < 10 | SO ₂ |
|------|-------------|-----------------|------------|------------|-----------------|-----------------|
| 2006 | 40,817,872 | 10,631,269 | 909,898 | 1,804,626 | 1,826,628 | 281,120 |
| 2007 | 40,594,146 | 11,238,029 | 952,701 | 1,900,475 | 1,996,509 | 279,986 |
| 2008 | 41,801,131 | 12,420,717 | 1,044,101 | 2,096,235 | 2,326,395 | 287,816 |
| 2009 | 44,578,921 | 13,502,890 | 1,134,836 | 2,282,358 | 2,607,158 | 305,696 |
| 2010 | 47,100,471 | 14,831,295 | 1,240,150 | 2,502,368 | 2,918,090 | 323,067 |
| 2011 | 49,595,277 | 16,426,938 | 1,362,626 | 2,760,766 | 3,263,900 | 341,364 |
| 2012 | 79,540,983 | 28,914,899 | 2,342,465 | 4,779,255 | 5,390,504 | 562,391 |
| 2013 | 85,033,606 | 31,763,639 | 2,563,259 | 5,240,222 | 5,950,311 | 602,809 |
| 2014 | 91,104,256 | 34,908,198 | 2,806,433 | 5,747,891 | 6,556,820 | 647,753 |
| 2015 | 97,792,740 | 38,378,132 | 3,074,131 | 6,306,817 | 7,214,586 | 697,570 |
| 2016 | 105,144,618 | 42,206,136 | 3,368,732 | 6,922,049 | 7,928,658 | 752,650 |
| 2017 | 113,211,272 | 46,428,435 | 3,391,184 | 7,578,684 | 8,585,293 | 768,626 |
| 2018 | 122,049,949 | 51,084,906 | 4,049,467 | 8,344,396 | 9,548,685 | 880,406 |
| 2019 | 131,724,195 | 56,219,711 | 4,441,734 | 9,164,511 | 10,467,640 | 954,110 |
| 2020 | 142,303,847 | 61,881,408 | 4,873,218 | 10,067,042 | 11,469,011 | 1,035,139 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2035 | 485,630,586 | 264,104,518 | 19,988,040 | 41,848,235 | 24,454,172 | 3,780,724 |
| 2036 | 528,591,786 | 291,070,296 | 21,983,226 | 46,057,069 | 26,274,444 | 4,132,822 |
| 2037 | 575,511,986 | 320,802,350 | 24,180,176 | 50,693,703 | 28,237,706 | 4,518,659 |
| 2038 | 626,766,211 | 353,585,281 | 26,599,479 | 55,801,949 | 30,355,994 | 4,941,515 |
| 2039 | 682,766,422 | 389,732,948 | 29,263,835 | 61,430,117 | 32,642,453 | 5,404,994 |
| 2040 | 743,965,004 | 429,591,635 | 32,198,275 | 67,631,491 | 35,111,407 | 5,913,066 |

Fuente: Elaboración Propia

⁴³ Toda la proyección del parque automotor (2012-2040) puede revisarlo en los Anexos

Entonces, el comportamiento del total de las emisiones es creciente anualmente por contaminante como se muestra en el gráfico 20.

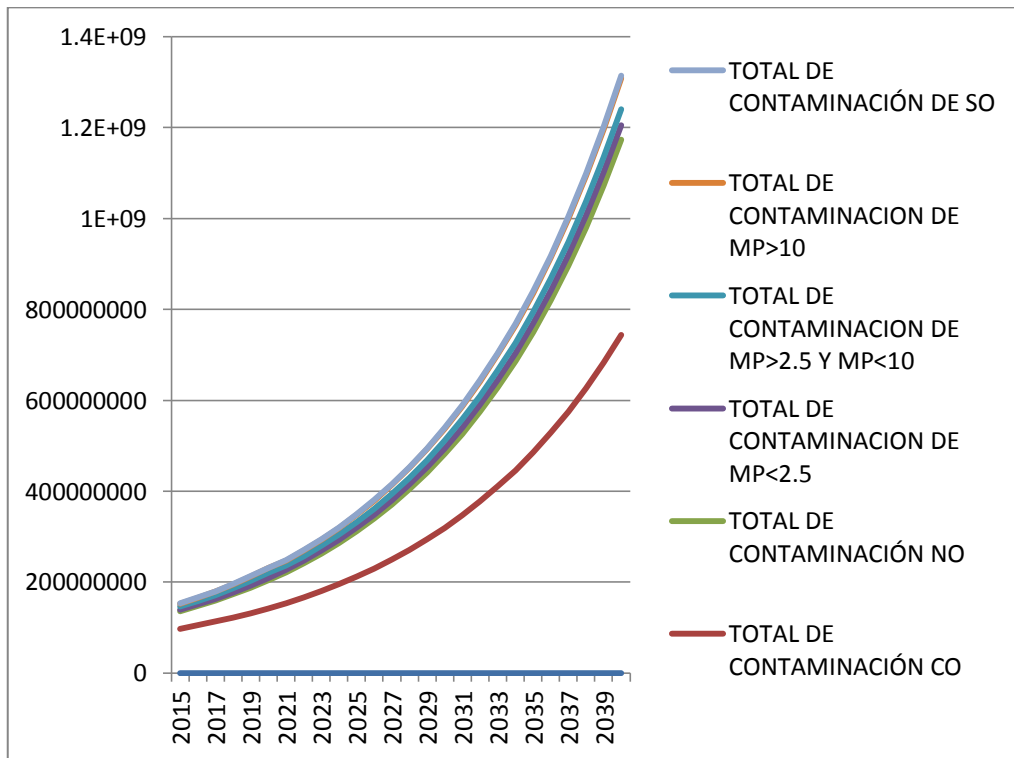


Gráfico 20: Total de Contaminación Proyectada al 2040

Fuente: Elaboración Propia

6. CÁLCULO DE LAS ENFERMEDADES CAUSADAS POR LOS CONTAMINANTES PROYECTADOS

Se analizará la proyección de la cantidad de enfermos siguiendo el mismo procedimiento de análisis de regresión realizado para los cálculos anteriores.

Ecuación 1:

$$y = B_0 + B_1X$$

Ecuación 2:

$$y = B_0 + B_1 \ln(X)$$

Ecuación 3:

$$y = B_0 e^{B_1(X)}$$

- Donde “y” es la variable dependiente igual a la cantidad de enfermos
- Y la variable regresora “x”, es igual a un número natural que representa el año de observación.

La tabla 37 se muestra la data histórica de los valores reales con los que se realizará el análisis.

Tabla 37: Cantidad de Enfermo por afecciones respiratorias

| Año | Enfermos por afecciones respiratorias |
|------|---------------------------------------|
| 2006 | 3,330,185 |
| 2007 | 3,876,350 |
| 2008 | 3,902,028 |
| 2009 | 3,927,705 |
| 2010 | 4,176,790 |
| 2011 | 4,208,090 |

Fuente: INEI

Luego se analiza los parámetros de las regresiones y se elige la que tenga mayor coeficiente de determinación (R^2).

En la tabla 38 se muestran los parámetros de las regresiones realizadas y se elegirá el que tenga mayor coeficiente de regresión.

Tabla 38: Parámetros de las ecuaciones de regresión

| | Regresión Lineal | Regresión Logarítmica | Regresión Exponencial |
|--|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Coeficiente de Determinación R^2 | 0.9791 | 0.9129 | 0.9764 |
| B_0 | 7682 | 3000000 | 8044.7 |
| B_1 | 997 | 454821 | 0.0904 |

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, según el coeficiente de determinación, la recta más útil para proyectar a la cantidad de enfermos será utilizando la línea de tendencia cuya ecuación es $y = 454821 * \ln(X) + 3000000$; siendo, para la proyección de la cantidad de enfermos por afecciones respiratorias hasta el año 2040.

Tabla 39: Cantidad de Personas con Afecciones Respiratorias⁴⁴.

| AÑO | AFECCIONES RESPIRATORIAS |
|------|-----------------------------|
| 2006 | 3,330,185 |
| 2007 | 3,876,350 |
| 2008 | 3,902,028 |
| 2009 | 3,927,705 |
| 2010 | 4,176,790 |
| 2011 | 4,208,090 |
| 2012 | 4,435,177 |
| 2013 | 4,587,077 |
| 2014 | 4,738,978 |
| 2015 | 4,890,879 |
| 2016 | 5,042,779 |
| 2017 | 5,194,680 |
| 2018 | 5,346,581 |
| 2019 | 5,498,481 |
| 2020 | 5,650,382 |
| ... | ... |

⁴⁴ Toda la proyección de la Cantidad de Personas con Afecciones Respiratorias puede revisarlo en los Anexos

| | |
|------|-----------|
| 2035 | 7,928,891 |
| 2036 | 8,080,792 |
| 2037 | 8,232,693 |
| 2038 | 8,384,593 |
| 2039 | 8,536,494 |
| 2040 | 8,688,394 |

Fuente: Elaboración Propia

Esta proyección tiene un comportamiento creciente; es decir, anualmente el número de personas con afecciones respiratorias aumenta en grandes cantidades.

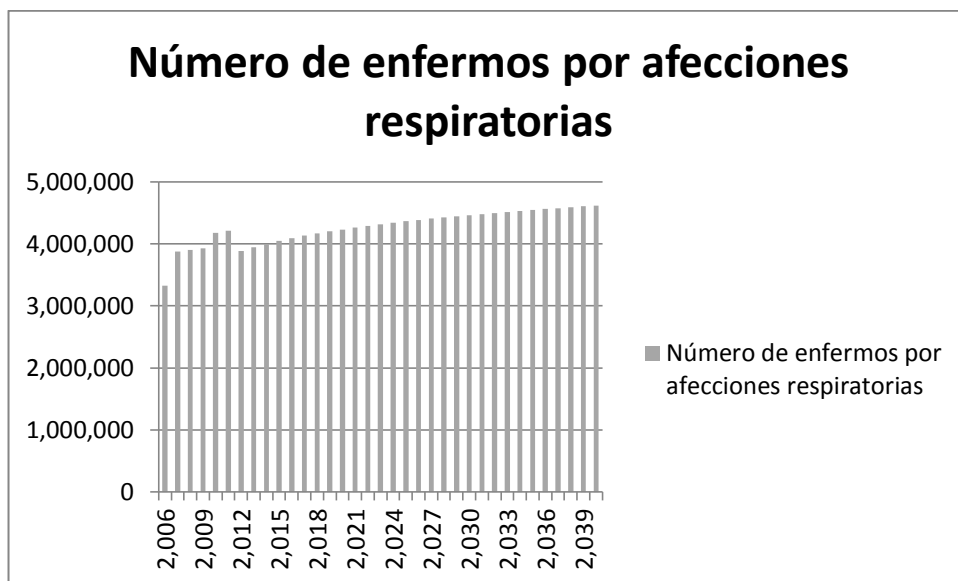


Gráfico 21: Cantidad de personas con afecciones respiratorias

Elaboración Propia

7. CÁLCULO DE LOS COSTOS QUE SE INVIERTE POR REDUCIR LAS EMISIONES DEL PARQUE AUTOMOTOR PROYECTADO.

Para el estudio del costo el cual se invierte se realizará bajo el criterio de costo de salud el cual invierte la persona cuando se encuentra enferma y los costos que genera la inasistencia de la mano de obra de la persona para la empresa a la cual labora.

- **Costo de Salud por gastos de enfermedad:**

Para determinar el costo de salud anual de las enfermedades respiratorias se realizó una encuesta⁴⁵ en forma directa en la cual se determinó las variables para poder hallar dicho costo los cuales fueron el total de personas encuestadas que si habían padecido de alguna enfermedad respiratoria, el número de veces ocurrido durante el año y cuánto en promedio gastó para curar su problema de salud y los resultados fueron los siguientes:



Gráfico 22: Número de veces que se ha enfermado

Fuente: Elaboración propia

⁴⁵ Ver sección Anexo la encuesta

Entonces, según el gráfico 22 se tiene que de 2 a 3 en promedio las personas se han enfermado de afecciones respiratorias gastando en promedio 50 soles. Para el análisis se consideró dentro del rango de elección el de mayor valor para colocarnos en la situación más crítica.

Por lo tanto, el costo de salud por gasto de enfermedad anual está dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Costo de Salud} = \text{Números de enfermos} * \text{costo de salud} * \text{número de veces al año}$$

Siendo este costo de salud en soles el que se muestra en la tabla 40.

Tabla 40: Costo de Salud en soles⁴⁶

| Año | Costo (S/.) |
|------|---------------|
| 2015 | 733,631,813 |
| 2016 | 756,416,907 |
| 2017 | 779,202,001 |
| 2018 | 801,987,096 |
| 2019 | 824,772,190 |
| 2020 | 847,557,284 |
| 2021 | 870,342,379 |
| 2022 | 893,127,473 |
| 2023 | 915,912,567 |
| 2024 | 938,697,661 |
| 2025 | 961,482,756 |
| ... | ... |
| 2035 | 1,189,333,699 |
| 2036 | 1,212,118,793 |
| 2037 | 1,234,903,887 |
| 2038 | 1,257,688,981 |
| 2039 | 1,280,474,076 |
| 2040 | 1,303,259,170 |

Fuente: Elaboración Propia

- **Costo de Inasistencia:**

Para determinar el costo de inasistencia laboral anual a consecuencia de las enfermedades respiratorias se realizó una encuesta⁴⁷ en forma directa en la cual del total de personas encuestadas se les pregunto si habían padecido

⁴⁶ Toda la proyección del costo por salud (2012-2040) puede revisarlo en los Anexos

⁴⁷ Ver sección anexo la encuesta

de alguna enfermedad respiratoria; el número de veces ocurrido durante el año; y cuántos días como máximo suele faltar por las afecciones respiratorias y las respuestas fueron los siguientes:

Costo por inasistencia

$$= \text{Números de enfermos} * \text{ingreso diario}^{48} * \text{número de veces al año}$$

Tabla 41: Costo de Inasistencia en soles⁴⁹

| Año | Costo (S/.) |
|------------|--------------------|
| 2015 | 901,002,575 |
| 2016 | 929,490,138 |
| 2017 | 958,008,082 |
| 2018 | 986,556,406 |
| 2019 | 1,015,135,110 |
| 2020 | 1,043,744,194 |
| 2021 | 1,072,383,658 |
| 2022 | 1,101,053,503 |
| 2023 | 1,129,753,727 |
| 2024 | 1,158,484,332 |
| 2025 | 1,187,245,317 |
| ... | ... |
| 2035 | 1,476,526,071 |
| 2036 | 1,505,621,237 |
| 2037 | 1,534,746,784 |
| 2038 | 1,563,902,710 |
| 2039 | 1,593,089,017 |
| 2040 | 1,622,305,703 |

Fuente: Elaboración Propia

⁴⁸ Fuente: INEI

⁴⁹ Toda la proyección del Costo de Inasistencia en soles (2012-2040) puede revisarlo en los Anexos

8. ANÁLISIS Y COSTO DE LA INVERSIÓN REQUERIDA PARA REDUCIR LAS EMISIONES

Para lograr que el dinero invertido, por el Estado en salud, disminuya se requiere primero reducir las emisiones y al no existir exposición de estos contaminantes la cantidad de personas afectadas por enfermedades respiratorias disminuirán.

Por lo tanto, dicha reducción de contaminación se logrará disminuyendo la cantidad de vehículos que emiten mayor cantidad de emisiones contaminantes al aire.

Uno de las maneras para poder reducir estos contaminantes es reducir el parque automotor y resultaría beneficioso para el medio ambiente y nuestra salud; sin embargo, esta reducción puede generar impactos negativos ya que disminuiría los ingresos en el sector transporte al no venderse autos ocasionando consecuencias negativas económicamente.

Se propone, entonces la conversión del parque automotor de gasolina a gas natural vehicular en una mayor tendencia a la actual; ya que, de esa forma reduciría la cantidad de emisiones por ser, actualmente, el combustible que emana mayor cantidad de contaminantes al aire y de esa forma poder lograr la reducción.

Tabla 42: Porcentaje de Conversión de Gasolina-Gas Natural Vehicular.

| Año | Porcentaje de Conversión (Gasolina-Gas Natural) |
|------------|--|
| 2006 | 0.810% |
| 2007 | 3.349% |
| 2008 | 7.525% |
| 2009 | 9.962% |
| 2010 | 12.538% |
| 2011 | 14.594% |

Fuente: Elaboración Propia

En primer lugar, según la tabla 42 podemos calcular el promedio de variación de dos años consecutivos del porcentaje de conversión de gasolina a gas natural vehicular el cual es, redondeando a un porcentaje entero, en 3%.

Entonces la propuesta es la de aumentar el volumen parque automotor convertido a gas natural en el doble con que se está incrementando actualmente; es decir, en un 3% adicional del comportamiento actual.

- **ANÁLISIS DEL PARQUE AUTOMOTOR CONVERTIDO- PROPUESTO.**

Entonces, el parque automotor variaría en los automóviles que usan gasolina y los de gas natural vehicular ya que la conversión se daría del primero al segundo.

La variación de la gasolina quedaría de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{autos con gasolina convertida} \\ & = \text{autos con gasolina actual} \times \text{porcentaje de conversión} \end{aligned}$$

$$\text{autos con combustible de gasolina total} = \text{gasolina actual} - \text{gasolina convertida}$$

Tabla 43: Conversión del parque vehicular de gasolina – gas natural vehicular. (Unidades)⁵⁰

| AÑO | GASOLINA | GASOLINA CONVERTIDA | GASOLINA TOTAL |
|------|-----------|---------------------|----------------|
| 2006 | 560,006 | 0 | 560,006 |
| 2007 | 531,703 | 0 | 531,703 |
| 2008 | 510,549 | 0 | 510,549 |
| 2009 | 528,139 | 0 | 528,139 |
| 2010 | 535,341 | 0 | 535,341 |
| 2011 | 536,202 | 0 | 536,202 |
| 2012 | 825,166 | 0 | 825,166 |
| 2013 | 854,807 | 0 | 854,807 |
| 2014 | 889,013 | 0 | 889,013 |
| 2015 | 927,883 | 27,836 | 900,047 |
| 2016 | 971,557 | 29,147 | 942,410 |
| 2017 | 1,020,208 | 30,606 | 989,602 |
| 2018 | 1,074,040 | 32,221 | 1,041,819 |
| 2019 | 1,133,282 | 33,998 | 1,099,284 |
| 2020 | 1,198,185 | 35,946 | 1,162,239 |
| ... | ... | ... | ... |
| 2035 | 3,095,130 | 92,854 | 3,002,276 |
| 2036 | 3,304,823 | 99,145 | 3,205,678 |
| 2037 | 3,528,429 | 105,853 | 3,422,576 |
| 2038 | 3,766,737 | 113,002 | 3,653,735 |
| 2039 | 4,020,585 | 120,618 | 3,899,967 |
| 2040 | 4,290,855 | 128,726 | 4,162,129 |

Fuente: Elaboración Propia

Y la cantidad del parque vehicular convertido a gas vehicular sería el siguiente:

$$GNV \text{ convertido} = GNV \text{ actual} \times \text{porcentaje de conversión}$$

$$GNV \text{ total} = GNV \text{ actual} + \text{gasolina convertida}$$

⁵⁰ Toda la proyección del parque automotor (2012-2040) puede revisarlo en los Anexos

Tabla 44: Conversión del parque automotor que se ha convertido de gasolina - gas natural vehicular⁵¹.

| AÑO | GNV ACTUAL | GASOLINA CONVERTIDA | GNV TOTAL |
|------|------------|---------------------|-----------|
| 2006 | 5,489 | 0 | 5,489 |
| 2007 | 23,958 | 0 | 23,958 |
| 2008 | 57,419 | 0 | 57,419 |
| 2009 | 81,029 | 0 | 81,029 |
| 2010 | 103,712 | 0 | 103,712 |
| 2011 | 125,519 | 0 | 125,519 |
| 2012 | 152,491 | 0 | 152,491 |
| 2013 | 177,149 | 0 | 177,149 |
| 2014 | 201,807 | 0 | 201,807 |
| 2015 | 226,465 | 27,836 | 254,301 |
| 2016 | 251,123 | 29,147 | 280,270 |
| 2017 | 275,781 | 30,606 | 306,387 |
| 2018 | 300,439 | 32,221 | 332,660 |
| 2019 | 325,097 | 33,998 | 359,095 |
| 2020 | 349,755 | 35,946 | 385,701 |
| ... | ... | ... | ... |
| 2035 | 3,002,276 | 92,854 | 812,479 |
| 2036 | 3,205,678 | 99,145 | 843,428 |
| 2037 | 3,422,576 | 105,853 | 874,794 |
| 2038 | 3,653,735 | 113,002 | 906,601 |
| 2039 | 3,899,967 | 120,618 | 938,875 |
| 2040 | 4,162,129 | 128,726 | 971,641 |

Fuente: Elaboración Propia

51 Toda la proyección de la conversión del parque automotor que se ha convertido de gasolina - gas natural vehicular puede revisarlo en los Anexos

Por lo tanto, el parque automotor quedará conformado por las siguientes cantidades según el uso de combustible, según la tabla 45.

Tabla 45: Parque Automotor Total Propuesto (unidades)⁵²

| AÑO | Gasolina | Diésel | GNV |
|------|-----------|------------|---------|
| 2015 | 900,047 | 1,000,805 | 254,301 |
| 2016 | 942,410 | 1,104,403 | 280,270 |
| 2017 | 989,602 | 1,218,724 | 306,387 |
| 2018 | 1,041,819 | 1,344,880 | 332,660 |
| 2019 | 1,099,284 | 1,484,094 | 359,095 |
| 2020 | 1,162,239 | 1,637,720 | 385,701 |
| ... | ... | ... | ... |
| 2035 | 4,054,637 | 7,919,315 | 812,479 |
| 2036 | 4,287,746 | 8,739,079 | 843,428 |
| 2037 | 4,534,257 | 9,643,699 | 874,794 |
| 2038 | 4,794,940 | 10,641,961 | 906,601 |
| 2039 | 5,070,611 | 11,743,557 | 938,875 |
| 2040 | 5,362,130 | 12,959,184 | 971,641 |

Fuente: Elaboración Propia

- **ANÁLISIS DE LAS EMISIONES - PROPUESTO.**

Siguiendo la misma metodología empleada para el análisis de las emisiones del capítulo 5 se hallará el total de los contaminantes con el cambio propuesto. (VER ANEXOS)

Entonces, el número total de emisiones por contaminante propuesto es el que se muestra en la tabla 46:

⁵² Toda la proyección del Parque Automotor Total Propuesto (unidades) puede revisarlo en los Anexos

Tabla 46: Total de Emisiones por Contaminante - Propuesto (mil Kg/año)⁵³

| AÑO | CO | NO _x | MP < 2.5 | MP > 10 | MP > 2.5 y <10 | SO ₂ |
|------|-------------|-----------------|------------|------------|----------------|-----------------|
| 2015 | 92,641,886 | 38,105,041 | 3,035,820 | 1,906,466 | 10,134,397 | 662,881 |
| 2016 | 99,603,155 | 41,912,466 | 3,327,340 | 2,067,457 | 10,974,155 | 715,420 |
| 2017 | 107,234,685 | 46,111,841 | 3,648,051 | 2,243,278 | 11,890,141 | 773,372 |
| 2018 | 115,591,897 | 50,742,947 | 4,000,848 | 2,435,267 | 12,889,109 | 837,212 |
| 2019 | 124,736,290 | 55,849,837 | 4,388,937 | 2,644,907 | 13,978,551 | 907,469 |
| 2020 | 134,735,456 | 61,480,953 | 4,815,844 | 2,873,827 | 15,166,701 | 984,721 |
| 2021 | 145,664,169 | 67,689,906 | 5,285,471 | 3,123,833 | 16,462,669 | 1,069,611 |
| 2022 | 157,604,504 | 74,535,759 | 5,802,116 | 3,396,906 | 17,876,467 | 1,162,842 |
| 2023 | 170,646,630 | 82,083,696 | 6,370,519 | 3,695,231 | 19,419,116 | 1,265,190 |
| 2024 | 184,889,717 | 90,405,615 | 6,995,906 | 4,021,212 | 21,102,746 | 1,377,509 |
| 2025 | 200,442,507 | 99,580,792 | 7,684,038 | 4,377,491 | 22,940,688 | 1,500,736 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2031 | 328,839,360 | 178,136,548 | 13,535,903 | 7,336,551 | 38,141,419 | 2,534,745 |
| 2032 | 357,646,632 | 196,310,380 | 14,882,762 | 8,004,957 | 41,563,321 | 2,769,745 |
| 2033 | 389,119,358 | 216,349,412 | 16,365,718 | 8,736,972 | 45,307,164 | 3,027,434 |
| 2034 | 423,509,982 | 238,445,453 | 17,998,653 | 9,538,849 | 49,404,370 | 3,310,017 |
| 2035 | 461,095,789 | 262,810,219 | 19,796,878 | 10,417,471 | 53,889,514 | 3,619,921 |
| 2036 | 502,181,467 | 289,677,189 | 21,777,274 | 11,380,417 | 58,800,641 | 3,959,818 |
| 2037 | 547,101,703 | 319,303,878 | 23,958,453 | 12,436,026 | 64,179,606 | 4,332,643 |
| 2038 | 596,224,465 | 351,974,517 | 26,360,949 | 13,593,484 | 70,072,493 | 4,741,630 |
| 2039 | 649,954,221 | 388,002,569 | 29,007,401 | 14,862,901 | 76,530,021 | 5,190,338 |
| 2040 | 708,735,466 | 427,733,903 | 31,922,779 | 16,255,413 | 83,608,016 | 5,682,683 |

Fuente: Elaboración Propia

- **ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE ENFERMOS – PROPUESTO.**

Para poder determinar la cantidad de enfermos con el aumento de conversión del parque automotor a gas natural se va a utilizar la ecuación de la cantidad de enfermos en función del total de contaminación es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{(NÚMERO DE ENFERMOS PROPUESTOS)} \\
 & = \left(\frac{\text{(CANTIDAD DE CONTAMINACIÓN ACTUAL)} \times \text{(CANTIDAD DE CONTAMINACIÓN PROPUESTA)}}{\text{(NÚMERO DE ENFERMOS ACTUAL)}} \right)
 \end{aligned}$$

⁵³ Toda la proyección del Total de Emisiones por Contaminante - Propuesto (1000Kg/año) (2012-2040) puede revisarlo en los Anexos

Por lo tanto, la cantidad de enfermos a consecuencia del aumento de conversión sería la que se muestra en la tabla 47.

Tabla 47: Cantidad de enfermos con el aumento de conversión a GNV⁵⁴

| Año | Cantidad de Enfermos |
|------|----------------------|
| 2015 | 4,772,985 |
| 2016 | 4,925,197 |
| 2017 | 5,091,164 |
| 2018 | 5,229,343 |
| 2019 | 5,381,305 |
| 2020 | 5,533,213 |
| 2021 | 5,685,081 |
| 2022 | 5,836,923 |
| 2023 | 5,988,752 |
| 2024 | 6,140,580 |
| 2025 | 6,292,420 |
| ... | ... |
| 2031 | 7,204,197 |
| 2032 | 7,356,349 |
| 2033 | 7,508,568 |
| 2034 | 7,660,856 |
| 2035 | 7,813,216 |
| 2036 | 7,965,649 |
| 2037 | 8,118,157 |
| 2038 | 8,270,738 |
| 2039 | 8,423,393 |
| 2040 | 8,576,120 |

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, de la tabla 39 y 47 se puede observar la disminución de la cantidad de enfermos que se generaría por el aumento de conversión del parque automotor a GNV año tras año desde el año 2015 hasta el 2040, siendo la reducción total del 4% en relación al comportamiento si se mantendría igual el escenario ambiental frente a la propuesta señalada,

A consecuencia de esta reducción se generarán también reducciones con los costos de salud por gastos de enfermedad y en el costo de inasistencia ya que la cantidad total de enfermos disminuirá.

⁵⁴ Toda la proyección del Cantidad de enfermos con el aumento de conversión a GNV (2012-2040) puede revisarlo en los Anexos

- **Costo de Salud por gastos de enfermedad:**

*Costo de Salud = Números de enfermos * costo de salud * número de veces al año*

Siendo este costo de salud en soles el que se muestra en la tabla 48.

Tabla 48: Costo de Salud en soles⁵⁵

| Año | Costo (soles.) |
|------------|-----------------------|
| 2015 | 715,947,779 |
| 2016 | 738,779,535 |
| 2017 | 763,674,618 |
| 2018 | 784,401,385 |
| 2019 | 807,195,741 |
| 2020 | 829,981,956 |
| 2021 | 852,762,173 |
| 2022 | 875,538,462 |
| 2023 | 898,312,813 |
| 2024 | 921,087,064 |
| 2025 | 943,862,933 |
| ... | ... |
| 2031 | 1,057,816,278 |
| 2032 | 1,080,629,576 |
| 2033 | 1,103,452,344 |
| 2034 | 1,126,285,143 |
| 2035 | 1,149,128,391 |
| 2036 | 1,171,982,415 |
| 2037 | 1,194,847,417 |
| 2038 | 1,217,723,502 |
| 2039 | 1,240,610,692 |
| 2040 | 1,263,508,911 |

Fuente: Elaboración Propia

Así como, el costo de salud en soles el que se muestra en la tabla 49.

Costo por inasistencia

*= Números de enfermos * ingreso diario * número de veces al año*

⁵⁵ Toda la proyección del Costo de Salud (2012-2040) puede revisarlo en los Anexos

Tabla 49; Costo de Inasistencia en soles⁵⁶

| Año | Costo (soles.) |
|------|----------------|
| 2015 | 879,284,105 |
| 2016 | 907,817,218 |
| 2017 | 938,917,578 |
| 2018 | 964,923,520 |
| 2019 | 993,501,899 |
| 2020 | 1,022,100,646 |
| 2021 | 1,050,722,384 |
| 2022 | 1,079,369,653 |
| 2023 | 1,108,044,900 |
| 2024 | 1,136,750,389 |
| 2025 | 1,165,488,242 |
| ... | ... |
| 2031 | 1,338,691,123 |
| 2032 | 1,367,699,755 |
| 2033 | 1,396,751,258 |
| 2034 | 1,425,846,169 |
| 2035 | 1,454,984,916 |
| 2036 | 1,484,167,770 |
| 2037 | 1,513,394,886 |
| 2038 | 1,542,666,313 |
| 2039 | 1,571,981,977 |
| 2040 | 1,601,341,735 |

Fuente: Elaboración Propia

⁵⁶ Toda la proyección del Costo de Inasistencia en soles (2012-2040) puede revisarlo en los Anexos

9. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO

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.

Por ello, para poder evaluar el impacto económico primero se evaluará el impacto ambiental que provoca el cambio de combustible de gasolina a gas natural vehicular en el parque automotor y ver el porcentaje de reducción por contaminante que se podría tener hasta el año 2040 y a consecuencia de ello tener un aire más puro para respirar para el ser humano.

Al reducir la contaminación otro efecto importante será la reducción de cantidad de enfermos por afecciones respiratorias en Lima Metropolitana.

Luego, se evaluará el impacto económico que se podría obtener a consecuencia de la reducción de la cantidad de enfermos; ya que, ello provocará la reducción en los costos de salud y los costos de inasistencia que se tiene producto de los enfermos por afecciones respiratorias.

9.1. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS A GNV- IMPACTO AMBIENTAL

Considerando las unidades de vehículos estimadas que se habrán convertido a GNV desde la fecha hasta el año 2040 y conociendo los perfiles de emisión de cada combustible que genera un vehículo por kilómetro de operación; así como, el rango promedio de kilometraje al año que recorre un taxi y un vehículo particular; a continuación se estimará la reducción de dichas emisiones por el cambio de combustible de Gasolina a GNV.

Entonces, podemos lograr la reducción de contaminación por emisiones de cada contaminante en toneladas de los diferentes combustibles y material particulado en

las siguientes cantidades, resultado de la cantidad de vehículos convertidos de gasolina a gas natural vehicular tal como se indica en la tabla 50:

Tabla 50: Cantidad total reducida de contaminación por combustible y material particulado mil Kg/año

| AÑO | CANTIDAD DE VEHÍCULOS CONVERTIDOS | REDUCCIÓN DE CO | REDUCCIÓN DE NO | REDUCCIÓN DE MP<2.5 | REDUCCIÓN DE MP>2.5 Y MP<10 | REDUCCIÓN DE SO |
|------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|-----------------|
| 2015 | 27,836 | 3,239,474 | 173,444 | 21,839 | 5,281,800 | 22,968 |
| 2016 | 29,147 | 3,391,951 | 4,001,448 | 316,439 | 5,831,601 | 24,049 |
| 2017 | 30,606 | 3,561,804 | 8,223,746 | 338,891 | 6,308,762 | 20,447 |
| 2018 | 32,221 | 3,749,745 | 12,880,218 | 997,174 | 7,076,123 | 26,586 |
| 2019 | 33,998 | 3,956,574 | 18,015,022 | 1,389,441 | 7,780,991 | 28,053 |
| 2020 | 35,946 | 4,183,167 | 23,676,719 | 1,820,926 | 8,548,568 | 29,659 |
| 2021 | 38,071 | 4,430,491 | 29,919,053 | 2,295,550 | 5,995,752 | 31,413 |
| 2022 | 40,383 | 4,699,586 | 36,801,224 | 2,817,631 | 6,367,602 | 33,321 |
| 2023 | 42,892 | 4,991,566 | 44,388,568 | 3,391,931 | 6,762,670 | 35,391 |
| 2024 | 45,608 | 5,307,636 | 52,753,146 | 4,023,704 | 7,182,178 | 37,632 |
| 2025 | 48,542 | 5,649,074 | 61,974,405 | 4,718,733 | 7,627,423 | 40,053 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2031 | 71,435 | 8,313,263 | 140,889,737 | 10,624,419 | 10,923,409 | 58,942 |
| 2032 | 76,268 | 8,875,711 | 159,139,481 | 11,982,639 | 11,592,879 | 62,930 |
| 2033 | 81,436 | 9,477,142 | 179,259,686 | 13,477,746 | 12,301,899 | 67,194 |
| 2034 | 86,958 | 10,119,759 | 201,442,459 | 15,123,662 | 13,052,705 | 71,751 |
| 2035 | 92,854 | 10,805,881 | 225,899,829 | 16,935,748 | 13,847,649 | 76,615 |
| 2036 | 99,145 | 11,537,972 | 252,865,607 | 18,930,934 | 14,689,230 | 81,806 |
| 2037 | 105,853 | 12,318,638 | 282,597,661 | 21,127,883 | 15,580,092 | 87,341 |
| 2038 | 113,002 | 13,150,631 | 315,380,592 | 23,547,187 | 16,523,029 | 93,240 |
| 2039 | 120,618 | 14,036,879 | 351,528,259 | 26,211,542 | 17,521,009 | 99,523 |
| 2040 | 128,726 | 14,980,459 | 391,386,946 | 29,145,982 | 18,577,157 | 106,214 |

Fuente: Elaboración Propia

Se puede concluir de la tabla 50 que por el cambio del combustible de gasolina a GNV todos los contaminantes estudiados se reducen en cantidades significativas para el caso de CO es 6,650,646 mil Kg/año en promedio para el periodo de evaluación. Del mismo modo, para el resto de los contaminantes, la reducción promedio en el periodo, para el NO es 356,080 mil Kg/año, para el caso de MP<2.5 es 44,713 mil Kg/año, para el caso de MP>2.5 y MP<10 es 9,242,174 mil Kg/año y finalmente para el SO es 46,945 mil Kg/año.

En forma general se logra reducir la contaminación en un 3% del comportamiento actual al propuesto, que si bien puede parecer poco significativa, está en relación al porcentaje de conversión del parque automotor (3%).

A consecuencia de esta reducción, también disminuye cada año la cantidad de enfermos por afecciones respiratorias las cuales se muestran en la tabla 51.

Tabla 51: Cantidad total reducida de enfermos (2015-2040)

| AÑO | ENFERMOS | | CANTIDAD REDUCIDA DE ENFERMOS |
|------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| | TOTAL - ACTUAL | TOTAL - PROPUESTO | |
| 2015 | 4,890,879 | 4,772,985 | 117,894 |
| 2016 | 5,042,779 | 4,925,197 | 117,582 |
| 2017 | 5,194,680 | 5,091,164 | 103,516 |
| 2018 | 5,346,581 | 5,229,343 | 117,238 |
| 2019 | 5,498,481 | 5,381,305 | 117,176 |
| 2020 | 5,650,382 | 5,533,213 | 117,169 |
| 2021 | 5,802,283 | 5,685,081 | 117,201 |
| 2022 | 5,954,183 | 5,836,923 | 117,260 |
| 2023 | 6,106,084 | 5,988,752 | 117,332 |
| 2024 | 6,257,984 | 6,140,580 | 117,404 |
| 2025 | 6,409,885 | 6,292,420 | 117,465 |
| ... | ... | ... | ... |
| 2035 | 7,928,891 | 7,813,216 | 115,675 |
| 2036 | 8,080,792 | 7,965,649 | 115,143 |
| 2037 | 8,232,693 | 8,118,157 | 114,536 |
| 2038 | 8,384,593 | 8,270,738 | 113,855 |
| 2039 | 8,536,494 | 8,423,393 | 113,101 |
| 2040 | 8,688,394 | 8,576,120 | 112,274 |

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 51, se puede concluir que cada año se logra reducir la cantidad de enfermos por afecciones respiratorias en un promedio de 112,733, que representa un 2% para el periodo, medido del comportamiento actual al propuesto.

9.2. COSTO DE CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS A GNV – IMPACTO ECONÓMICO

Para poder evaluar, el impacto económico, primero se hallará el costo de conversión que resulta del cambio de combustible del parque automotor de gasolina a gas natural vehicular el cual se obtendrá el costo total de conversión de acuerdo a la siguiente ecuación:

costo total de conversión

$$= \text{cantidad de vehículos convertido} * \text{costo de conversión promedio}$$

Para obtener el costo de conversión de los vehículos a GNV se tiene como data la cantidad de vehículos convertidos durante el periodo de estudio de 2015 - 2040 propuesto y el costo de conversión promedio. Con estas dos variables se tiene el costo de conversión total tal como se muestra en la tabla

Tabla 52: Costo Total de Conversión (2015-2040)

| AÑO | Cantidad de vehículos convertidos | Costo de ⁵⁷ conversión promedio | Costo total de conversión |
|------------|--|---|----------------------------------|
| 2015 | 27,836 | 4,100 | 114,129,609 |
| 2016 | 29,147 | 4,100 | 119,501,511 |
| 2017 | 30,606 | 4,100 | 125,485,584 |
| 2018 | 32,221 | 4,100 | 132,106,920 |
| 2019 | 33,998 | 4,100 | 139,393,686 |
| 2020 | 35,946 | 4,100 | 147,376,755 |
| 2021 | 38,071 | 4,100 | 156,090,198 |
| 2022 | 40,383 | 4,100 | 165,570,669 |
| 2023 | 42,892 | 4,100 | 175,857,405 |
| 2024 | 45,608 | 4,100 | 186,992,841 |
| 2025 | 48,542 | 4,100 | 199,021,995 |
| ... | ... | ... | ... |
| 2030 | 66,919 | 4,100 | 274,368,843 |
| 2031 | 71,435 | 4,100 | 292,883,787 |
| 2032 | 76,268 | 4,100 | 312,699,333 |
| 2033 | 81,436 | 4,100 | 333,888,297 |
| 2034 | 86,958 | 4,100 | 356,528,292 |
| 2035 | 92,854 | 4,100 | 380,700,990 |
| 2036 | 99,145 | 4,100 | 406,493,229 |
| 2037 | 105,853 | 4,100 | 433,996,767 |
| 2038 | 113,002 | 4,100 | 463,308,651 |
| 2039 | 120,618 | 4,100 | 494,531,955 |
| 2040 | 128,726 | 4,100 | 527,775,165 |

Fuente: Elaboración Propia

El costo total de conversión⁵⁸ es equivalente en este caso a la inversión que se tendrá que realizar para poder cambiar parcialmente el parque automotor.

⁵⁷ Osinergmin

⁵⁸ Revisar sección anexo

Es importante señalar que esta inversión la realiza normalmente el dueño del vehículo, con el fin de reducir su costo por uso de combustible (el GNV⁵⁹ cuesta por lo menos 1/3 del costo de la gasolina de 90⁶⁰). En este sentido, el Estado u otras entidades públicas podrían subvencionar parte de la inversión, dado el beneficio que ello acarrea para Lima Metropolitana, lo que será utilizado en el punto 4.5.

9.3. REDUCCIÓN DE COSTOS POR SALUD- IMPACTO ECONÓMICO.

A continuación, se analizará la reducción de los costos por la disminución de los enfermos por afecciones respiratorias, en lo que respecta el costo de salud, que viene a ser lo que gasta cada persona en promedio cada año para curarse de los efectos negativos de la contaminación del aire.

De las tabla 40 y 48 se puede hallar el total de reducción de costos realizado mediante la siguiente ecuación:

$$\text{reducción de costo de salud} = \text{costo de salud antes} - \text{costo de salud después}$$

⁵⁹ Costo promedio del GNV de 1.60 soles por galón.
http://cpgnv.org.pe/?page_id=10522

⁶⁰ Costo promedio de la gasolina 10 soles por galón
https://portalperu.repsol.com/WebRelapa/Reporte_Precios_Lima.aspx

Tabla 53: Reducción de Costo de Salud en soles (2015-2040)

| Año | Costo de Salud antes | Costo de Salud después | Reducción de costo de salud |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 2015 | 733,631,813 | 715,947,779 | 17,684,034 |
| 2016 | 756,416,907 | 738,779,535 | 17,637,372 |
| 2017 | 779,202,001 | 763,674,618 | 15,527,384 |
| 2018 | 801,987,096 | 784,401,385 | 17,585,710 |
| 2019 | 824,772,190 | 807,195,741 | 17,576,449 |
| 2020 | 847,557,284 | 829,981,956 | 17,575,328 |
| 2021 | 870,342,379 | 852,762,173 | 17,580,205 |
| 2022 | 893,127,473 | 875,538,462 | 17,589,010 |
| 2023 | 915,912,567 | 898,312,813 | 17,599,754 |
| 2024 | 938,697,661 | 921,087,064 | 17,610,598 |
| 2025 | 961,482,756 | 943,862,933 | 17,619,823 |
| ... | ... | ... | ... |
| 2030 | 1,075,408,227 | 1,057,816,278 | 17,591,949 |
| 2031 | 1,098,193,321 | 1,080,629,576 | 17,563,746 |
| 2032 | 1,120,978,416 | 1,103,452,344 | 17,526,072 |
| 2033 | 1,143,763,510 | 1,126,285,143 | 17,478,367 |
| 2034 | 1,166,548,604 | 1,149,128,391 | 17,420,213 |
| 2035 | 1,189,333,699 | 1,171,982,415 | 17,351,283 |
| 2036 | 1,212,118,793 | 1,194,847,417 | 17,271,376 |
| 2037 | 1,234,903,887 | 1,217,723,502 | 17,180,385 |
| 2038 | 1,257,688,981 | 1,240,610,692 | 17,078,289 |
| 2039 | 1,280,474,076 | 1,263,508,911 | 16,965,164 |
| 2040 | 1,303,259,170 | 1,286,418,026 | 16,841,144 |
| Suma | 26,479,582,777 | 1,057,816,278 | 17,591,949 |
| Porcentaje reducido | | 2% | |

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 53, se puede observar que para cada año se logra reducir los costos totales por salud en un promedio 21,511,512 soles y en un porcentaje del 2% en el periodo, del comportamiento actual al propuesto.

9.4. REDUCCIÓN DE COSTOS POR INASISTENCIA.

De las tabla 41 y 49 se puede hallar el total de reducción de costos de inasistencia realizado mediante la siguiente ecuación:

reducción de costo de inasistencia

= costo de inasistencia antes – costo de inasistencia después

Tabla 54: Reducción de Costo de Inasistencia en soles (2015-2040)

| Año | Costo de Inasistencia antes | Costo de Inasistencia después | Reducción de costo de inasistencia |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 2015 | 901,002,575 | 879,284,105 | 21,718,470 |
| 2016 | 929,490,138 | 907,817,218 | 21,672,920 |
| 2017 | 958,008,082 | 938,917,578 | 19,090,504 |
| 2018 | 986,556,406 | 964,923,520 | 21,632,886 |
| 2019 | 1,015,135,110 | 993,501,899 | 21,633,211 |
| 2020 | 1,043,744,194 | 1,022,100,646 | 21,643,548 |
| 2021 | 1,072,383,658 | 1,050,722,384 | 21,661,274 |
| 2022 | 1,101,053,503 | 1,079,369,653 | 21,683,849 |
| 2023 | 1,129,753,727 | 1,108,044,900 | 21,708,827 |
| 2024 | 1,158,484,332 | 1,136,750,389 | 21,733,943 |
| 2025 | 1,187,245,317 | 1,165,488,242 | 21,757,075 |
| ... | ... | ... | ... |
| 2030 | 1,331,505,942 | 1,338,691,123 | 21,781,296 |
| 2031 | 1,360,449,208 | 1,367,699,755 | 21,758,085 |
| 2032 | 1,389,422,854 | 1,396,751,258 | 21,723,099 |
| 2033 | 1,418,426,879 | 1,425,846,169 | 21,675,622 |
| 2034 | 1,447,461,285 | 1,454,984,916 | 21,615,117 |
| 2035 | 1,476,526,071 | 1,484,167,770 | 21,541,156 |
| 2036 | 1,505,621,237 | 1,513,394,886 | 21,453,467 |
| 2037 | 1,534,746,784 | 1,542,666,313 | 21,351,897 |
| 2038 | 1,563,902,710 | 1,571,981,977 | 21,236,397 |
| 2039 | 1,593,089,017 | 1,601,341,735 | 21,107,040 |
| 2040 | 1,622,305,703 | 879,284,105 | 20,963,968 |
| Suma | 32,763,513,44 9 | 31,605,837,56 3 | 1,157,675,886 |
| Porcentaje reducido | 2% | | |

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 54, se puede observar que para cada año se logra reducir la cantidad de costos por salud que se realiza por la afecciones respiratorias en un promedio

17,397,729 soles y en un porcentaje del 2% del comportamiento actual al propuesto.

9.5. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

Finalmente, realizamos el flujo de caja del proyecto, considerando:

ACS: Los ahorros por los costos de salud, originados en un menor número de personas con enfermedades respiratorias causadas por la contaminación (Tabla 53).

ADI: Los ahorros por la menor cantidad de días de inasistencia, como consecuencia de la menor cantidad de enfermos (Tabla 54).

CC: Los costos de conversión de los vehículos de gasolina a gas natural (tabla 52)

%S: El porcentaje de subvención del Estado a los transportistas, a fin de incentivar el proceso de conversión.

S: Saldo Neto como consecuencia de mayores ahorros frente al costo de conversión subvencionado.

Para la evaluación, se aplicará la siguiente fórmula:

$$S = ACS + ADI - CC \times \%S$$

Partiendo de una subvención del 20% del costo de conversión, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 55: Evaluación Económica

| AÑO | AHORRO DE COSTO DE SALUD (ACS) | AHORRO DE COSTO DE INASISTENCIA (ADI) | COSTO DE CONVERSIÓN (CC) | PORCENTAJE DE SUVENCIÓN (%S) | SALDO NETO |
|------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------|
| 2015 | 21,718,470 | 17,684,034 | 121,381,015 | 0.20 | 15,126,301 |
| 2016 | 21,672,920 | 17,637,372 | 127,094,229 | 0.20 | 13,891,446 |
| 2017 | 19,090,504 | 15,527,384 | 133,458,510 | 0.20 | 7,926,186 |
| 2018 | 21,632,886 | 17,585,710 | 140,500,543 | 0.20 | 11,118,488 |
| 2019 | 21,633,211 | 17,576,449 | 148,250,285 | 0.20 | 9,559,603 |
| 2020 | 21,643,548 | 17,575,328 | 156,740,571 | 0.20 | 7,870,761 |
| 2021 | 21,661,274 | 17,580,205 | 166,007,636 | 0.20 | 6,039,952 |
| 2022 | 21,683,849 | 17,589,010 | 176,090,464 | 0.20 | 4,054,767 |
| 2023 | 21,708,827 | 17,599,754 | 187,030,784 | 0.20 | 1,902,424 |
| 2024 | 21,733,943 | 17,610,598 | 198,873,728 | 0.20 | (430,204) |
| 2025 | 21,757,075 | 17,619,823 | 211,667,173 | 0.20 | (2,956,537) |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2030 | 21,781,296 | 17,591,949 | 291,801,302 | 0.20 | (18,987,016) |
| 2031 | 21,758,085 | 17,563,746 | 311,492,623 | 0.20 | (22,976,694) |
| 2032 | 21,723,099 | 17,526,072 | 332,567,181 | 0.20 | (27,264,266) |
| 2033 | 21,675,622 | 17,478,367 | 355,102,419 | 0.20 | (31,866,496) |
| 2034 | 21,615,117 | 17,420,213 | 379,180,882 | 0.20 | (36,800,847) |
| 2035 | 21,541,156 | 17,351,283 | 404,889,431 | 0.20 | (42,085,447) |
| 2036 | 21,453,467 | 17,271,376 | 432,320,421 | 0.20 | (47,739,241) |
| 2037 | 21,351,897 | 17,180,385 | 461,571,440 | 0.20 | (53,782,005) |
| 2038 | 21,236,397 | 17,078,289 | 492,745,701 | 0.20 | (60,234,453) |
| 2039 | 21,107,040 | 16,965,164 | 525,952,827 | 0.20 | (67,118,361) |
| 2040 | 20,963,968 | 16,841,144 | 561,308,197 | 0.20 | (74,456,528) |
| | | | | TOTAL | (450,660,111) |

Fuente: Elaboración Propia

Con el cambio propuesto se observa en la tabla 54 que, si se aplica un porcentaje de subvención del 20% en el costo de conversión, se podrían generar ahorros netos hasta el año 2023; pero luego el saldo neto es negativo; es decir, los ahorros en la salud no compensan los costos de conversión que tienen que asumir los transportistas.

Disminuyendo la subvención del Estado e incrementando el aporte de los transportistas, los resultados netos para el periodo son los siguientes:

Tabla 56: Tabla de los ahorros netos totales aplicando los diferentes porcentajes de subvención

| % S | Saldo Neto |
|------------|-------------------|
| 15% | (85,085,016) |
| 13% | 61,145,023 |
| 12% | 134,260,042 |
| 10% | 280,490,080 |
| 5% | 646,065,175 |

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 55, se concluye que para tener un resultado positivo el Estado como máximo debería subvencionar el 13% del costo de conversión de gasolina a gas natural vehicular desde el año 2015 hasta el año 2040. Actualmente, los transportistas cubren todo el costo de conversión, quienes compensan esta inversión con el menor gasto de combustible.

Es importante señalar que en el modelo aplicado no se consideran cambios en el diseño de los vehículos, los que podrían estar preparados en el futuro para usar combustible menos contaminante, lo que haría varias los cálculos aquí mostrados.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES

- El factor principal de la contaminación del aire en Lima Metropolitana es el parque automotor que representa el 70% del total, siendo los principales contaminantes el CO, NO_x, SO_x y material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀).
- Dado el crecimiento estimado promedio anual del 7.6% del parque automotor, para el periodo en evaluación, existe una gran oportunidad de reducir las emisiones de contaminantes al medio ambiente, al realizar el cambio de combustible de los vehículos por gas natural.
- La tasa de crecimiento actual del cambio de combustible a gas natural es actualmente del 3% anual. En este proyecto se simula el efecto de un aumento, mínimo, de 3% adicional anual, lográndose reducir en un promedio también de 3%, la cantidad de emisiones gaseosas (CO, NO_x, SO₂) y 4% de material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀).
- Como consecuencia de lo anterior, también se logra una reducción de la cantidad de personas con enfermedades en las vías respiratorias, en un 4%. Es importante señalar que en el estudio se asume que las causas de las enfermedades respiratorias están vinculadas a la contaminación ambiental.
- Paralelamente, se logra una reducción en los costos de salud (tratamiento de las enfermedades respiratorias) y los costos de inasistencia (por descanso médico) en un 2%.
- Finalmente, el Estado podría subvencionar sólo hasta el 13% de los costos de conversión de los vehículos, para lograr un equilibrio económico, de manera que los ahorros en costos de salud, compensen la inversión requerida, que es asumida mayoritariamente por los dueños de los vehículos.

10.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que tanto Lima Metropolitana; así como, el Gobierno Nacional le den una mayor importancia al tema del Medio Ambiente en especial énfasis a la Contaminación Ambiental del Aire ocasionada por el parque automotor, para ello se sugiere ofrecer programas de ayuda para las personas que renueven su flota con unidades de gas natural vehicular.
- Se recomienda la ampliación de las ofertas de financiamiento, para de esa manera poder hacer de mayor facilidad la conversión del parque automotor a gas natural vehicular, hacia los usuarios de transporte público y privado para de esa manera poder generar una tendencia de mayor crecimiento del parque automotor a gas natural vehicular y en consecuencia reducir la cantidad de emisiones y enfermos producto de la contaminación.
- Se recomienda que la provincia de Metropolitano de Lima, formule una estrategia a nivel de provincia, para aumentar el uso del gas natural vehicular, para ello se sugiere estudios sobre políticas y contaminación del aire de otros países que han dado resultados positivos para de esa manera poder concientizar el tema y se le otorgue la importancia real que tiene para la población en referente a temas de salud principalmente.
- Se sugiere actualizar la base de datos de la cantidad de contaminantes por los combustibles emitidos del sector transporte y puedan ser conocidos a la población para poder tomar conciencia de las consecuencias y tener una actitud de cambio y mejora al medio ambiente.
- Se sugiere investigaciones que tengan la misma temática pero con otros combustibles, como por ejemplo el GLP.
- Debido al crecimiento del parque automotor con uso del gas natural vehicular y a los beneficios ambientales demostrados en el desarrollo de la investigación, el gobierno en conjunto con el Estado debería ofrecer facilidades para la importación de vehículos a gas natural.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. NOEL DE NEVERS
“Introducción al Control de la Contaminación del Aire”. En PÉREZ, José. “Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire”. México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES S.A. de C.V., PP. 9.

2. ROMERO PLACERES, Manuel, OLITE, Francisca y ÁLVAREZ, Mireya
2006 “La Contaminación del Aire: su repercusión como problema de salud”. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. Ciudad de La Habana. Consulta: 19 de setiembre de 2012.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S156130032006000200008&script=sci_arttext

3. AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS
2012 “Programa Ambiental de los EE.UU.-México, Frontera 2012”. Red de Transferencia de Tecnología Centro de Información sobre Contaminación de Aire (CICA) para la frontera entre EE. UU. - México. Estados Unidos. Consulta: 21 de setiembre de 2012.
<http://www.epa.gov/ttn/catc1/cica/indexs.html>

4. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
1994 Ley N° 26410 “Ley de Creación del Consejo Nacional del Ambiente - CONAM”. 22 de diciembre.

5. MINISTERIO DEL AMBIENTE
2012 “Parque Automotor ocasiona el 70% de la Contaminación del Perú”. Diario El Comercio. Fecha de Publicación: 27 de Marzo. Ciudad Lima. Consulta: 19 de setiembre de 2012.
<http://elcomercio.pe/planeta/1388897/noticia-parque-automotor-ocasiona-70-contaminacion-peru>

6. POSTIGO, Talia

- “Contaminación” [diapositivas]. Lima.
Consulta: 17 de setiembre de 2012.
<http://www.pucp.com.pe/intranet/documentos>
7. DEFENSORÍA DEL PUEBLO
2006 – Informe Defensorial N° 116 “El Aire y sus Efectos en la Salud”. ADJUNTÍA PARA LOS SERVICIOS PÚBLICOS Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA DEFENSORÍA DEL PUEBLO. “La Calidad del aire en Lima y su impacto en la salud y la vida de sus habitantes”.

 8. CARRANZA, Raymundo
2001 “Termología Ambiental”. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO. “Medio Ambiente Problemas & Soluciones”. Lima: Consultoría Carranza S.

 9. SEOÁNEZ, Mariano
1996 El Gran Diccionario del Medio Ambiente y de la Contaminación. Madrid, Barcelona y México: Coediciones Mundi-Prensa.

 10. MINISTERIO DEL AMBIENTE
2012 “Vehículos por cada mil habitantes”. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL. Ciudad Lima. Consulta: 05 de Octubre del 2012.
<http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verIndicador&idElementoInformacion=926&idformula=1&idTipoElemento=1&idTipoFuente=&verPor=tema&idfuenteinformacion=>

 11. MINISTERIO DEL AMBIENTE
2010 “Resumen Ambiental Nacional 2010”. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL. Ciudad Lima. Consulta: 05 de Octubre del 2012.
<http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verIndicador&idElementoInformacion=926&idformula=1&idTipoElemento=1&idTipoFuente=&verPor=tema&idfuenteinformacion=>

 12. MIRANDA, Juan José
2006 “Impacto Económico en la Salud por Contaminación del Aire en Lima Metropolitana”. Instituto de Estudios Peruanos. Fecha de Consulta: 08 de Octubre.

<http://es.scribd.com/doc/28454453/Impacto-Economico-en-La-Salud-Por-Contaminacion-Del-Aire-en-Lima-Metropolitana>.

13. CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ASESORÍA DEL TRANSPORTE TERRESTRE

2010"Es necesario construir una nueva agenda, en relación al transporte urbano en la ciudad de Lima". INFOTRANSPORTE. Ciudad: Lima. Fecha de consulta: 10 de Octubre del 2010.

<http://www.cidatt.com.pe/notas/agenda.pdf>

14. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTIA E INFORMÁTICA

"Perú Compendio Estadístico 2011". Perú: SISTEMA ESTADÍSTICO NACIONAL. TOMO N° 1.

15. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTIA E INFORMÁTICA

"Perú Compendio Estadístico 2011". Perú: SISTEMA ESTADÍSTICO NACIONAL. TOMO N° 2.

16. WEBB, Richard y FERNÁNDEZ BACA, Graciela

2012 "Anuario Estadístico". INSTITUTO Cuánto. "Perú en Números 2012". Lima: Octubre del 2012.

17. ZEGARRA, Jorge, SULÉN, Félix Y BAUTISTA, Lily

2009 "Investigaciones Breves 30". UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. "Conversión de Vehículos a Gas Licuado de Petróleo y Limpieza de Aire en el Centro de Trujillo". Lima: Octubre del 2012.

18. CONCHAN, Paúl

"Bases Jurídicas para la Implementación de Políticas de Prevención y Seguridad Vital en El Perú".

19. EL PERUANO

1998 Decreto Legislativo 640 “Libertad de rutas y permisos de operación en el transporte interprovincial de pasajeros”. Lima, 27 de Mayo. Consulta 19 de Mayo de 2015.

20. EL PERUANO

1992 Decreto Legislativo 651 “Libre acceso a las rutas del servicio de transporte urbano e interurbano de pasajeros”. Lima, 27 de Abril. Consulta 19 de Mayo de 2015.

21. EL PERUANO

2005 D.S. 074-2001- PCM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad del Aire”. Lima, 24 de Abril. Consulta 19 de Mayo de 2015.

22. EL PERUANO

2014 Decreto Supremo N° 015-94-MTC “Reducción de exigencias para licencia de conducir”. Lima, 24 de Abril. Consulta 19 de Mayo de 2015.

23. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENEIRÍA

Foro Regional: “Gas Natural – Propiedades y Uso – Proyectos presentes y Futuros”. Lima, Escuela Profesional de Química

24. DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD - MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

2008 Guía Número 15: “Elaboración de Proyectos de Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnósticos Energéticos Transporte- Dirección General de Electricidad”.

25. PÉREZ, Patricia

2010 Propuesta de Conversión del Parque Automotor de Lima y Callao para el Uso de Gas Natural”.

26. CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE

2001 Estado del Ambiente 2001”.

27. MAPFRE

“Bronquitis Crónica”. Lima , Canal de Salud. Fecha de consulta 12 de Mayo, 2015. <http://www.mapfre.com/salud/es/cinformativo/bronquitis-cronica.shtml>

28. MAPFRE

“Asma”. Lima, Canal de Salud. Fecha de consulta 12 de Mayo, 2015. <Http://www.mapfre.com/salud/es/cinformativo/asma.shtml>

29. MAPFRE

“Enfisema Pulmonar”. Lima, Canal de Salud. Fecha de consulta 12 de Mayo, 2015 <Http://www.mapfre.com/salud/es/cinformativo/asma.shtml>

30. MINISTERIO DEL AMBIENTE

2008 “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire: D.S. 003-2008-MINAM. Ciudad Lima. Consulta: 05 de Mayo del 2015. http://www.minam.gob.pe/dmdocuments/d.s_074-2001-pcm_eca_para_aire.pdf

31. PETROPERU

2015 Diésel B5 “Especificaciones Técnicas”. Lima. Fecha de consulta 12 de Mayo, 2015 www.petroperu.com.pe/portalweb/VentanasEmergentes.asp?IdVenta=15&Idioma=1

32. PETROPERU

2015 Gas Licuado de Petróleo “Especificaciones Técnicas”. Lima. Fecha de consulta 12 de Mayo, 2015 <http://www.petroperu.com.pe/portalweb/VentanasEmergentes.asp?IdVentana=4&Idioma=1>

33. INSTITUTO DE ASTROFISICA DE CANARIAS

2015 Definición de Contaminación Lumínica Lima. Fecha de consulta 12 de Mayo, 2015 <http://www.iac.es/servicios.php?op1=28&op2=69>

34. ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

2011 Evaluación Rápida del nivel del Ruido Ambiental en las Ciudades de Lima, Callao, Maynas, Coronel y Portillo, Huancayo, Huánuco, Cuzco y Tacna.