

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA DE SISTEMAS



CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE  
GENERADO POR LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD  
DE HUANCAYO 2012

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
DOCTOR EN SISTEMAS DE INGENIERÍA

**MG. MARCIAL DE LA CRUZ LEZAMA**

HUANCAYO – PERÚ  
2015

**ASESOR**  
**DR. HÉCTOR HUAMÁN SAMANIEGO**

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme tener a mis padres vivos  
y a una linda familia.

A mis padres Marcial e Isabel quienes fueron  
artífices de mi formación integral.

A Silvia mi esposa que me apoyó y comprendió  
en todo momento.

A mis hijos Valery y Junior a quienes quiero y  
adoro mucho.

**Marcial De la Cruz Lezama**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Asesor.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice general.....	v
Índice de tablas.....	x
Índice de gráficos.....	xiii
Acrónimos y símbolos empleados.....	xv
Resumen.....	xvi
Abstrac.....	xvii
Resumo.....	xviii
Introducción.....	01

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación y determinación del problema.....	03
1.2 Formulación del problema.....	10
1.2.1 Problema general.....	10
1.2.2 Problemas específicos.....	10
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo general.....	10

1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 Importancia y alcances de la investigación.....	11
1.4.1 Importancia del tema de investigación.....	11
1.4.2 Alcances de la investigación.....	13

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

2.1 Antecedentes de la investigación.....	16
2.2 Bases teóricas.....	19
2.2.1 Contaminación. ....	19
2.2.1.1 Principio de la contaminación.....	20
2.2.1.2 Efectos de la contaminación del aire.....	21
2.2.2 Fuentes de contaminación atmosférica.....	27
2.2.2.1 Fuentes naturales.....	27
2.2.2.2 Fuentes antropogénicas.....	28
2.2.3 Modelos de concentración de los contaminantes del aire.....	28
2.2.3.1 Modelo de caja fija.....	29
2.2.3.2 Modelos de difusión.....	31
2.2.3.3 Modelo de celdas múltiples.....	32
2.2.3.4 Modelos de emisiones en tubos de escape.....	33
2.3 Marco conceptual.....	38
2.3.1 Contaminación.....	38
2.3.2 Contaminantes del aire.....	38
2.3.3 Concentración de contaminantes.....	38
2.3.4 Fuentes móviles.....	39
2.3.5 Emisión de gases.....	39
2.3.6 Combustión.....	39
2.3.7 Emisión.....	39
2.3.8 Inmisión.....	39
2.3.9 Motor a gasolina.....	40
2.3.10 Gasolina.....	40
2.3.11 Motor diésel.....	41

2.3.12 Diésel.....	41
2.3.13 Motor a gas.....	41
2.3.14 Cilindro.....	42
2.3.15 Pistón.....	42
2.3.16 Cilindrada.....	42
2.4 Marco legal.....	43
2.5 Sistema de hipótesis.....	45
2.6.1 Hipótesis general.....	45
2.6.2 Hipótesis específicas.....	45
2.6 Sistema de variables.....	46
2.6.1 Definición conceptual.....	46
2.6.1.1 Fuentes móviles de contaminación.....	46
2.6.1.2 concentración de contaminantes.....	47
2.6.2 Operacionalización de variables.....	47

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1 Tipo de investigación.....	50
3.2 Nivel de la investigación.....	51
3.3 Método de investigación.....	51
3.4 Diseño de la investigación.....	52
3.5 Población y muestra.....	54
3.5.1 Población.....	54
3.5.2 Muestra.....	55
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	58
3.6.1 Técnicas de recolección de datos.....	58
3.6.2 Instrumentos de recolección de datos.....	58
3.7 Procedimiento de recolección de datos.....	59
3.7.1 Croquis de la recolección de datos.....	60

3.8 Procesamiento de datos.....	64
---------------------------------	----

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE POR FUENTES MÓVILES**

4.1 Análisis y resultados de la fuentes móviles.....	67
4.1.1 Del parque automotor de la ciudad de Huancayo.....	67
4.1.2 De los vehículos con motor a gasolina.....	68
4.1.3 De los vehículos con motor diésel.....	69
4.1.4 De los vehículos con motor a gas.....	71
4.2 Estimación de la concentración de contaminantes.....	72
4.2.1 Contaminantes generados por los vehículos a gasolina.....	89
4.2.2 Contaminantes generados por los vehículos diésel.....	90
4.2.3 Contaminantes generados por los vehículos a gas.....	92
4.3 Prueba de hipótesis.....	94
4.3.1 Prueba de hipótesis específica 1.....	94
4.3.2 Prueba de hipótesis específica 2.....	100
4.3.3 Prueba de hipótesis específica 3.....	104
4.3.4 Prueba de hipótesis general.....	107
4.4 Discusión de resultados.....	111

## **CAPÍTULO V**

### **APORTES DE LA INVESTIGACIÓN**

5.1 Aportes teóricos.....	115
5.1.1 Contaminante PTS.....	116
5.1.2 Contaminante dióxido de azufre.....	118
5.1.3 Contaminante óxidos de nitrógeno.....	119
5.1.4 Contaminante monóxido de carbono.....	119
5.1.5 Contaminante plomo.....	121



5.2 Aportes institucionales.....	122
5.3 Aporte metodológico.....	124
Conclusiones.....	126
Recomendaciones.....	128
Referencia bibliográfica.....	130
<b>Anexos.....</b>	<b>132</b>
Anexo 1 Cuestionario de la encuesta.....	133
Anexo 2 Validación de la encuesta por expertos.....	136
Anexo 3 Resumen de datos de la encuesta.....	144
Anexo 4 Datos de la encuesta de vehículos a gasolina.....	155
Anexo 5 Datos de la encuesta de vehículos diésel.....	163
Anexo 6 Datos de la encuesta de vehículos a gas.....	169
Anexo 7 Factores para cálculo de emisión de contaminantes en vehículos.....	172

## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

### CAPÍTULO I

Tabla N° 1.1 Parque automotor nacional, por clase de vehículo 1987 – 2012	05
Tabla N° 1.2 Parque automotor del departamento de Junín 2001 – 2012 por clase de vehículo.....	09
Tabla N° 1.3 Efectos para la salud humana asociado a niveles de exposición de CO.....	15

### CAPÍTULO II

Tabla N° 2.1 Niveles esperados de carboxihemoglobina.....	22
Tabla N° 2.2 Efectos para la salud humana por los Nox.....	23
Tabla N° 2.3 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.....	44
Tabla N° 2.4 Estándares de Calidad Ambiental para el dióxido de azufre, Hidrocarburos y material particulado.....	45
Tabla N° 2.5 Matriz de operacionalización de la variable independiente.....	48
Tabla N° 2.6 Matriz de operacionalización de la variable dependiente.....	49

### CAPÍTULO III

Tabla N° 3.1 Parque automotor del departamento de Junín por tipo de combustible 2012.....	54
Tabla N° 3.2 Valores de Z para diferentes grados de confianza.....	56
Tabla N° 3.3 Muestra por tipo de combustible.....	57
Tabla N° 3.4 Número de vehículos según categoría.....	59

Tabla N° 3.5 Formato de resumen de datos de la muestra por tipo de vehículo menores a 3,5 toneladas.....	65
Tabla N° 3.6 Formato de resumen de datos de la muestra por tipo de vehículo mayores a 3,5 toneladas.....	66

## **CAPÍTULO IV**

Tabla N° 4.1 Número de vehículos a gasolina.....	68
Tabla N° 4.2 Número de vehículos diésel.....	70
Tabla N° 4.3 Número de vehículos a gas.....	71
Tabla N° 4.4 Fórmulas para calcular las emisiones por tubos de escape.....	73
Tabla N° 4.5 Factores de emisión por tubos de escape para condiciones dadas de automóviles.....	74
Tabla N° 4.6 Factores de emisión por tubos de escape para condiciones de station wagons.....	75
Tabla N° 4.7 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría automóviles.....	77
Tabla N° 4.8 Cantidad de contaminantes en tm/año generado por la categoría automóviles.....	78
Tabla N° 4.9 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría station wagons.....	79
Tabla N° 4.10 Cantidad de contaminantes en tm/año generado por los station wagons.....	80
Tabla N° 4.11 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría pick up.....	81
Tabla N° 4.12 Cantidad de contaminantes en tm/año generado por la categoría pick up.....	82
Tabla N° 4.13 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría camionetas rurales.....	83
Tabla N° 4.14 Cantidad de contaminantes en tm/año generado por las camionetas rurales.....	83
Tabla N° 4.15 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría camioneta panel.....	84
Tabla N° 4.16 Cantidad de contaminantes en tm/año generado por las camionetas panel.....	84
Tabla N° 4.17 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría omnibuses.....	85
Tabla N° 4.18 Cantidad de contaminantes en tm/año generado por la categoría omnibuses.....	85
Tabla N° 4.19 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría	

camiones.....	86
Tabla N° 4.20 Cantidad de contaminantes en tm/año generado por la categoría camiones.....	86
Tabla N° 4.21 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría remolcadores.....	87
Tabla N° 4.22 Cantidad de contaminantes en tm/año generado por los remolcadores.....	87
Tabla N° 4.23 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría vehículos menores.....	88
Tabla N° 4.24 Cantidad de contaminantes en tm/año generado por los vehículos menores.....	88
Tabla N° 4.25 Total de contaminantes generados por vehículos a gasolina.....	89
Tabla N° 4.26 Total de contaminantes generados por vehículos diésel.....	91
Tabla N° 4.27 Total de contaminantes generados por vehículos a gas.....	93
Tabla N° 4.28 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire Actualizados.....	95
Tabla N° 4.29 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire para períodos anuales.....	96
Tabla N° 4.30 Contaminantes generados por vehículos a gasolina en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ...	97
Tabla N° 4.31 Contaminantes generados por vehículos diésel en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	101
Tabla N° 4.32 Contaminantes generados por vehículos a gas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	105
Tabla N° 4.33 Concentración de contaminantes por tipo de combustible en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	106
Tabla N° 4.34 Contaminantes generados por las fuentes móviles en Huancayo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	108
Tabla N° 4.35 Hipótesis nula por contaminante.....	109
Tabla N° 4.36 Hipótesis de investigación por contaminante.....	110
Tabla N° 4.37 Valor de Z calculado por tipo de contaminante.....	111

## **CAPÍTULO V**

Tabla N° 5.1 Crecimiento del parque automotor de Huancayo 2001 - 2012....	115
Tabla N° 5.2 Total de contaminantes generados por tipo de combustible.....	123

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
<b>CAPÍTULO I</b>	
Gráfico N° 1.1 Emisiones por tipo de fuente en Huancayo.....	06
<b>CAPÍTULO II</b>	
Gráfico N° 2.1 Esquema de la contaminación del aire.....	20
Gráfico N° 2.2 Esquema de la ciudad rectangular.....	29
<b>CAPÍTULO III</b>	
Gráfico N° 3.1 Croquis de recolección de datos de la primera fecha.....	61
Gráfico N° 3.2 Croquis de recolección de datos de la segunda fecha.....	61
Gráfico N° 3.3 Croquis de recolección de datos de la tercera fecha.....	62
Gráfico N° 3.4 Croquis de recolección de datos de la cuarta fecha.....	63
Gráfico N° 3.5 Croquis de recolección de datos de la quinta fecha.....	64
<b>CAPÍTULO IV</b>	
Gráfico N° 4.1 Parque automotor de la ciudad de Huancayo en el año 2012.....	67
Gráfico N° 4.2 Cantidad de vehículos a gasolina en Huancayo año 2012	69
Gráfico N° 4.3 Cantidad de vehículos a diésel en Huancayo año 2012...	70
Gráfico N° 4.4 Cantidad de vehículos a gas en Huancayo año 2012.....	71
Gráfico N° 4.5 Contaminantes PTS, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> y Pb generados por - vehículos a gasolina.....	89

Gráfico N° 4.6 Contaminantes CO y COV generados por vehículos a gasolina.....	90
Gráfico N° 4.7 Contaminantes PTS, SO <sub>2</sub> , y COV generados por vehículos diésel.....	91
Gráfico N° 4.8 Contaminantes NOx y CO generados por vehículos diésel.....	92
Gráfico N° 4.9 Contaminantes generados por vehículos a gas.....	93
Gráfico N° 4.10 PTS en vehículos a gasolina.....	98
Gráfico N° 4.11 Dióxido de azufre en vehículos a gasolina.....	98
Gráfico N° 4.12 Dióxido de nitrógeno en vehículos a gasolina.....	99
Gráfico N° 4.13 Monóxido de carbono en vehículos a gasolina.....	99
Gráfico N° 4.14 Plomo en vehículos a gasolina.....	100
Gráfico N° 4.15 PTS en vehículos diésel.....	102
Gráfico N° 4.16 Dióxido de azufre en vehículos a diésel.....	102
Gráfico N° 4.17 Óxidos de nitrógeno en vehículos diésel.....	103
Gráfico N° 4.18 Monóxido de carbono en vehículos diésel.....	103
Gráfico N° 4.19 Óxidos de nitrógeno en vehículos a gas.....	105
Gráfico N° 4.20 Monóxidos de carbono en vehículos a gas.....	106
Gráfico N° 4.21 NOx, CO y COV en Huancayo.....	108
Gráfico N° 4.22 PTS, SO <sub>2</sub> y Pb en Huancayo.....	109
Gráfico N° 4.23 Contaminantes PTS, SO <sub>2</sub> , NOx y valores permisibles....	112
Gráfico N° 4.24 Contaminante CO y valores permisibles.....	113
Gráfico N° 4.25 Contaminantes plomo y valores permisibles.....	114

## **CAPÍTULO V**

Gráfico N° 5.1 Crecimiento del parque automotor de Huancayo 2001 - 2012.....	116
Gráfico N° 5.2 Contaminante partículas totales en suspensión.....	117

Gráfico N° 5.3 Contaminante dióxido de azufre.....	118
Gráfico N° 5.4 Contaminante óxidos de nitrógeno.....	119
Gráfico N° 5.5 Contaminante monóxidos de carbono.....	120
Gráfico N° 5.6 Contaminante plomo.....	121
Gráfico N° 5.7 Contaminantes por tipo de combustible.....	123

## **ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS EMPLEADOS**

PTS:	Partículas totales en Suspensión.
SO <sub>2</sub> :	Dióxido de Azufre.
NO <sub>x</sub> :	Óxidos de Nitrógeno.
CO:	Monóxido de Carbono.
COV:	Compuestos Orgánicos Volátiles.
Pb:	Plomo.
ECA:	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
DS:	Decreto Supremo.
DIGESA:	Dirección General de Salud Ambiental.
SUNARP:	Superintendencia Nacional de Registros Públicos.
PCM:	Presidencia del Consejo de Ministros.
MINAM:	Ministerio del Ambiente.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
EPA:	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental).
CCE:	Comisión de Comunidades Europeas.
PM:	Material Particulado.
EIA:	Evaluación de Impacto Ambiental.
HB:	Hemoglobina.
COHB:	Carboxihemoglobina.

## **RESUMEN**

El objetivo general de la tesis titulada “CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE GENERADO POR LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2012” fue el de estimar la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles para comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, se aplicó la metodología de Economopoulos. El estudio de la investigación fue de tipo no experimental, con un nivel explicativo y finalmente con las estimaciones realizadas por cada tipo de contaminante comparar con los límites permisibles de los Estándares de Calidad Ambiental. Para la determinación de la muestra que es de 539 vehículos, se consideró un nivel de confianza del 98% y un error máximo permisible del 5%. Luego de las comparaciones se determinó que la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. El parque automotor de Huancayo, en el año 2012, ha emitido 56286,14 toneladas de contaminantes a la atmósfera de los cuales el monóxido de carbono (CO) constituye el 54,21% (30514,40 toneladas por año), le sigue los compuestos orgánicos volátiles (COV) con 29,10% (16379,58 toneladas por año). Los que generan mayor cantidad de contaminantes son los vehículos a gasolina con un promedio de 0,73 toneladas al año por vehículo, le siguen los vehículos diésel con 0,34 y los vehículos a gas con solo 0,26.

Palabras clave: Contaminantes. Diésel. Fuentes móviles. Gasolina. Gas.



## **ABSTRACT**

The general objective of the thesis titled "CONCENTRATION OF POLLUTANTS OF THE GENERATED AIR FOR THE MOBILE SOURCES IN HUANCAYO CITY 2012" were the one of estimating the concentration of the pollutants of the air in Huancayo city generated by the mobile sources to compare with the National Standards of Environmental Quality of the Air, the methodology of Economopoulos was applied. The study of the investigation was of not experimental type, with an explanatory level and finally with the estimates carried out by each pollutant type to compare with the permissible limits of the Standards of Environmental Quality. For the determination of the sample that is of 539 vehicles, it was considered a level of trust of 98% and a maximum permissible error of 5%. After the comparisons it was determined that the concentration of the pollutants of the air in Huancayo city generated by the mobile sources overcomes the National Standards of Environmental Quality of the Air. The self-driven park of Huancayo, in the year 2012, it has emitted 56286,14 tons of pollutants to the atmosphere of which the monoxide of carbon (CO) constitutes 54,21% (16379,58 tons per year), it continues with the organic volatile compounds (COV) with 29,10% (30514,40 tons per year). Those that produce bigger quantity of pollutants are the vehicles to gasoline with an average of 0,73 tons a year for vehicle, they continue the vehicles diesel with 0,34 and the vehicles to gas with alone 026.

Words key: Pollutants. Diesel. Fuentes motives. Gasoline. Gas.

## RESUMO

O objetivo geral da tese intitulado "CONCENTRAÇÃO DE POLUENTE DO AR GERADO PARA AS FONTES MÓVEIS NO CITY DE HUANCAYO 2012" seja o um de calcular a concentração dos poluente do ar na cidade de Huancayo gerado pelas fontes móveis para comparar com os Padrões Nacionais de Qualidade Ambiental do Ar, a metodologia de Economopoulos era aplicada. O estudo da investigação era de tipo não experimental, com um nível explicativo e finalmente com as estimativas levadas a cabo por cada tipo de poluente para comparar com os limites permissíveis dos Padrões de Qualidade Ambiental. Para a determinação da amostra que é de 539 veículos, era considerado um nível de confiança de 98% e um máximo erro permissível de 5%. Depois das comparações era determinado que a concentração dos poluente do ar na cidade de Huancayo gerada pelas fontes móveis supera os Padrões Nacionais de Qualidade Ambiental do Ar. O parque automotor de Huancayo, no ano 2012, emitiu 56286,14 toneladas de poluente à atmosfera da qual o monóxido de carbono (CO) constitui 54,21% (16379,58 toneladas por ano), continua as combinações voláteis orgânicas (COV) com 29,10% (30514,40 toneladas por ano). Esse aquele produto quantidade maior de poluente é os veículos a gasolina com uma média de 0,73 toneladas por ano para veículo, continuam o veículos diesel com 0,34 e os veículos suprir com gás com só 026.

Palavras teclam: Poluente. Diesel. Fuentes motivos. Gasolina. Gás.

## **INTRODUCCIÓN**

La polución atmosférica reviste una trascendencia relevante en virtud de que para poder vivir, el hombre necesita aire limpio. Pero para saber si respiramos aire limpio debemos conocer las características del aire y que contaminantes están presentes, y sobre todo en qué cantidades se encuentran.

Se tienen dos fuentes de contaminación del aire: las fijas y las móviles, éstas últimas son debido a los vehículos y son las que más contaminan. Razón por la cual se tuvo como objetivo general el de “estimar la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles para comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” y tres objetivos específicos que involucran a los vehículos con motores a gasolina, a los vehículos con motores diésel y a los vehículos con motores a gas.

Para un mejor entendimiento la presente tesis se ha dividido en cinco capítulos. En el capítulo I que es el planteamiento del problema, se explica la identificación y determinación del problema, la importancia, los alcances, los objetivos y justificación de la investigación donde se comenta brevemente sobre los efectos perjudiciales de la contaminación del aire.

El capítulo II es el marco teórico, donde se ha desarrollado los antecedentes de la investigación y las bases teóricas y conceptuales sobre la contaminación atmosférica, los principales contaminantes y los efectos de la contaminación del aire. También se toca teoría sobre los modelos de concentración de los contaminantes del aire y el procedimiento, que se ha utilizado, de evaluación rápida para estimar las emisiones en tubos de escape.

En el capítulo III de metodología, comprende el tipo, nivel, método y diseño de la investigación, determinación de la población y el tamaño de la muestra; así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos y de procesamiento de datos.

El capítulo IV denominado concentración de contaminantes del aire por fuentes móviles, se presenta el análisis y resultados de la fuentes móviles por cada grupo de vehículos clasificados por tipo de combustible que transitan en la ciudad de Huancayo, también se presenta la estimación de la concentración de cada tipo de contaminante que emite el parque automotor. Con estos datos se realizó la prueba de hipótesis general y las tres específicas.

Finalmente el capítulo V de aportes de la investigación, comprende los aportes teóricos por cada tipo de contaminantes, los aportes institucionales divididos en tres grupos, los vehículos con motores a gasolina, con motores diésel y con motores a gas y finalmente se presenta el aporte metodológico.

El Autor.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Identificación y determinación del problema.**

Uno de los más grandes problemas que enfrenta la humanidad es la contaminación del medio ambiente, principalmente la del aire, provocada en gran medida por el hombre. Esta contaminación atmosférica tiene efectos nocivos sobre la salud humana, los animales, las plantas, los bienes y servicios. (De Nevers, 2008).

Las emisiones de los vehículos terrestres en áreas urbanas son importantes debido a su predominio en términos de cargas emitidas, las densidades más altas de emisión se encuentran en las áreas de mayor densidad de población. Por consiguiente, es importante considerar el impacto que causan las emisiones del tráfico terrestre en la calidad del aire y en la salud de la población. (De Nevers, 2008).

La evaluación de las emisiones de vehículos ligeros con motor de gasolina, que es la categoría más importante del transporte terrestre, presenta algunas dificultades ya que las emisiones son altamente variables y dependen de una serie de parámetros, como la antigüedad y el tamaño de los vehículos, la exigencia y el periodo de promulgación de las normas legales de emisión, los patrones locales para conducir y las condiciones climáticas anuales. (Economopoulos, 2010).

Entre los datos e información publicada sobre los factores de emisión de los vehículos ligeros con motor de gasolina, destacan los de la Agencia

de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA, (1999) y los de la Comisión de las Comunidades Europeas, CCE, (1999). Sin embargo, los datos de la EPA no son representativos de los países en vías de desarrollo, ya que actualmente la mayoría de los vehículos de Estados Unidos emplea tecnologías con convertidores catalíticos, debido a que desde 1990 se han impuesto medidas estrictas, e incluye vehículos más grandes. En cambio, las normas de la CCE se actualizan periódicamente de acuerdo con la evolución del diseño del motor y, por consiguiente, reflejan las mejoras de las tecnologías convencionales (no catalíticas). Solo a partir de 1998, las normas de la CCE han exigido el uso de tecnologías catalíticas. Además, la flota europea comprende un porcentaje relativamente alto de vehículos pequeños, que son más adecuados para el tráfico congestionado de las ciudades europeas. (Economopoulos, 2010).

En el Perú la cantidad de vehículos se ha incrementado considerablemente, así para el año de 1985 se tenía 596 240 unidades y para el año 2012 se había incrementado a 2 999 223 vehículos. El tipo de vehículo que más se ha incrementado es el automóvil de 333 335 en 1985 a 1 268 049 unidades en el 2012, como se indica en la tabla N° 1.1.

La evaluación confiable de las cargas de contaminación del aire generadas por cada fuente o por grupos de fuentes similares en el área de estudio es esencial para poder identificar la naturaleza, magnitud y causas de los problemas de contaminación existentes, así como para formular estrategias para reducir estos problemas. (DIGESA, 2005)

Los métodos para obtener esta información incluyen el monitoreo directo de las descargas de residuos, la simulación automatizada de las fuentes, los sistemas de control relacionados y la técnica de evaluación rápida. Se debe de maximizar la precisión de los resultados del inventario para lograr su efectividad en función de los costos. El monitoreo directo de fuentes de residuos a través del muestreo y análisis es un enfoque claro y uno de los más usados y antiguos. (DIGESA, 2005).

**Tabla N° 1.1 Parque automotor nacional, por clase de vehículo, 1987 – 2012**

(Unidades)

Año	Total	Auto- móvil	Station wagon	Camio- Neta Pick up	Camio- Neta Rural	Camio- neta panel	Ómni- bus	Camión	Remol- Cador	Remolque y semi- remolque
1985	596 240	333 335	42 619	87 232	27 652	9 106	20 493	66 737	4 190	4 876
1986	603 741	333 339	43 857	92 199	28 873	8 982	20 323	66 536	4 440	5 192
1987	610 813	332 874	44 548	96 644	30 026	9 001	20 174	67 302	4 649	5 595
1988	616 578	332 158	44 643	100 002	30 947	8 895	20 613	68 280	4 993	6 047
1989	612 249	328 638	44 152	100 388	30 964	8 728	20 612	67 566	5 036	6 165
1990	605 550	324 440	43 715	99 733	30 702	8 564	20 605	66 567	5 036	6 188
1991	623 947	333 730	45 331	102 823	33 524	8 751	21 239	66 612	5 472	6 465
1992	672 957	352 912	49 439	106 672	47 111	9 183	27 270	67 648	5 902	6 820
1993	707 437	367 461	51 187	111 001	55 595	9 516	30 625	68 357	6 414	7 281
1994	760 810	389 439	54 732	117 515	67 060	10 178	35 124	71 312	7 359	8 091
1995	862 589	441 005	64 761	126 102	81 844	10 876	41 003	79 046	8 950	9 002
1996	936 501	483 413	73 629	133 704	88 283	11 179	43 154	83 084	9 936	10 119
1997	985 746	512 869	82 956	137 165	89 940	12 147	43 506	85 869	10 452	10 842
1998	1 055 745	544 421	101 513	140 917	95 804	15 094	43 366	91 380	11 423	11 827
1999	1 114 191	565 821	118 712	142 819	101 342	18 040	44 192	97 259	12 630	13 376
2000	1 162 859	580 710	136 221	143 871	108 184	19 498	44 820	100 845	13 790	14 920
2001 a/	1 209 006	597 306	153 304	144 353	115 002	20 408	44 752	102 901	14 565	16 415
2002 b/	1 342 173	650 775	183 441	155 731	127 958	24 996	49 011	112 454	18 181	19 626
2003	1 461 878	695 362	211 205	170 106	138 330	27 321	51 939	122 133	20 371	25 111
2004	1 507 263	709 065	227 001	174 398	143 989	29 309	52 647	123 801	20 945	26 108
2005	1 613 694	747 731	248 318	188 142	156 030	31 847	55 685	133 021	21 669	31 251
2006	1 675 694	767 275	262 602	194 912	167 895	33 822	56 874	136 614	22 810	32 890
2007	1 766 178	794 550	280 308	206 323	184 972	36 012	58 662	143 569	25 844	35 938
2008	1 904 719	845 538	295 240	222 481	213 718	39 573	61 149	155 182	30 434	41 404
2009	2 030 320	890 075	313 060	235 908	241 228	42 034	64 018	166 461	32 611	44 925
2010	2 183 278	947 146	328 675	254 923	275 486	44 877	68 096	179 740	35 492	48 843
2011	2 616 637	1 111 911	383 811	306 991	354 743	51 861	82 747	220 517	44 325	59 731
2012	2 999 223	1 268 049	423 230	349 732	432 978	57 606	93 860	252 493	52 338	68 937

a/ La serie hasta el año 2001 corresponde al Ministerio de Transportes y Comunicaciones y considera el número de bajas.

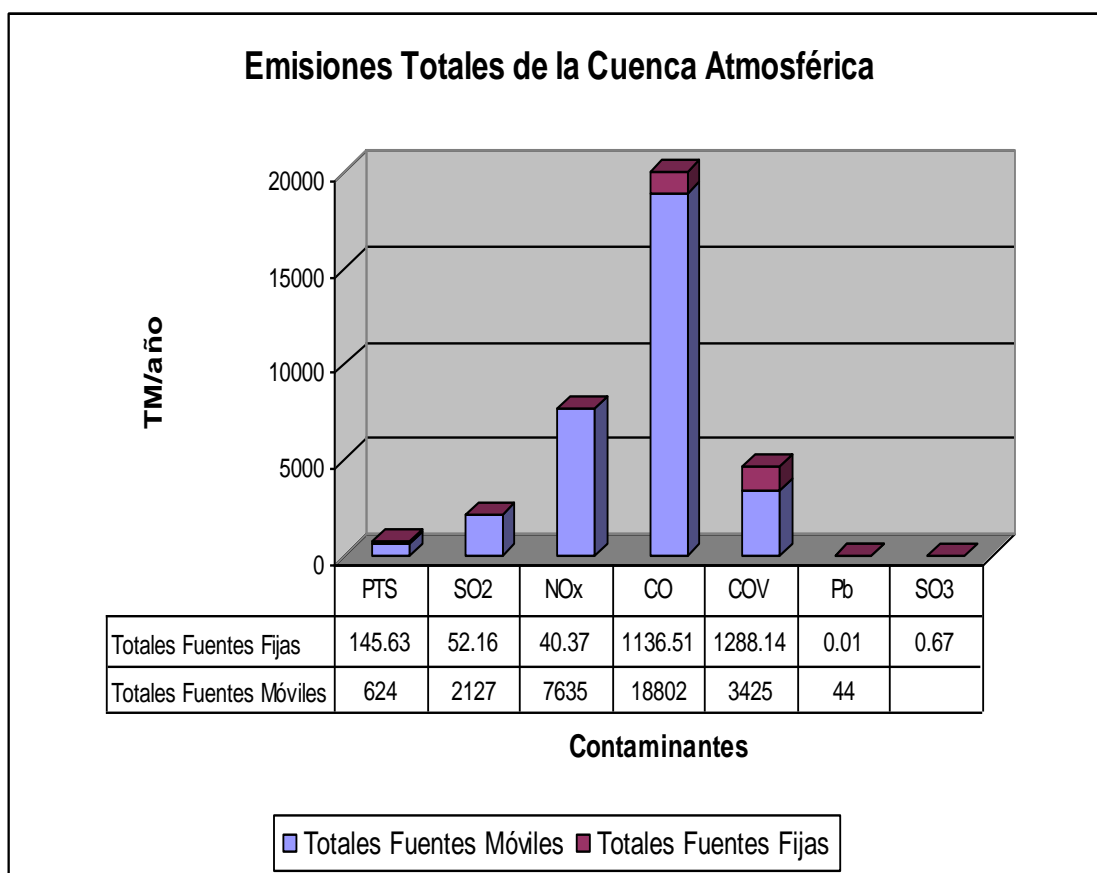
b/ A partir del año 2002 la serie corresponde al registro de placas asignadas, efectuado por la (SUNARP).

**Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.**

**Superintendencia Nacional de los Registros Públicos - (SUNARP).**

En muchos casos, el monitoreo directo es indispensable, principalmente cuando es necesario vigilar cuidadosamente las descargas de residuos de grandes fuentes o cuando se debe verificar si los servicios ambientales operan de conformidad con las normas aplicables a los efluentes líquidos y a las emisiones al aire. (DIGESA, 2005).

La casi totalidad (35 320 TM/año) de los contaminantes emitidos en la cuenca atmosférica de Huancayo son generados por el parque automotor (32 656 TM/año), y en particular por los automóviles (10 816 TM/año), camiones (9 354 TM/año) y omnibuses (4 353 TM/año). Es importante, pues, enfocar investigaciones futuras hacia estas fuentes. La contribución de las fuentes fijas (2 663 TM/año), tanto puntuales (250 TM/año) como de área (2 414 TM/año), es muy pequeña comparativamente a la de las fuentes móviles. (DIGESA, 2005).



**Gráfico Nº 1.1 Emisiones por tipo de fuente en Huancayo**  
Fuente: (DIGESA, 2005).



El contaminante que las fuentes móviles emiten en mayor volumen es el Monóxido de Carbono (CO) que alcanza las 18 802 toneladas métricas por año. Esto es fácilmente explicable, ya que el contenido de oxígeno (necesario para la combustión completa) a 3 270 metros sobre el nivel del mar a los que se encuentra Huancayo es considerablemente menor por volumen de aire que al nivel del mar. Además, cuando el suministro de oxígeno es suficiente, la combustión hace que todo el carbono presente en un combustible se convierta en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Entonces, con un aire pobre en oxígeno, se requiere volúmenes mucho mayores y la combustión no es completa, es decir parte del carbono se convierte en monóxido de carbono (CO). (DIGESA, 2005).

Es un hecho indiscutible la existencia actual de una crisis ambiental a nivel mundial. Las causas a la misma tienen origen en el tipo de sociedad que se ha construido. Se ha establecido como dogma de comportamiento el crecimiento y consumo ilimitado de bienes, aceptando sin discusión la premisa de que un grado de desarrollo elevado es sinónimo de un alto consumo; en esta mismo apartado se puede reflexionar sobre el tipo de bienes que consumimos, e interrogarnos sobre si es o no adecuado el crecimiento de la utilización de artículos de corta vida útil al que estamos asistiendo. La forma de vida que hemos adoptado implica la concentración de la población, y por tanto de las actividades propias de ésta, incluida la industria en zonas muy reducidas; el fenómeno del crecimiento urbano es un hecho innegable en nuestros días, y este crecimiento ha originado un incremento de los problemas ambientales, derivados de la necesidad de establecer formas de vida acordes con el mismo; así el aumento del transporte ligado al desplazamiento hasta el lugar del trabajo de las personas en las ciudades es una de las causas principales de contaminación atmosférica en las zonas urbanas. (Orozco, Perez, Gonzales, & Rodriguez, 2003).

De manera genérica se puede definir como contaminante, toda materia o sustancia, sus combinaciones o sus derivados químicos y biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos desperdicios y

cualquier otro agente que al incorporarse o adicionarse al ambiente, puedan alterar o modificar sus características naturales. Las fuentes de contaminación atmosférica se clasifican en naturales y antropogénicas; las naturales siempre han existido, mientras que las antropogénicas son causadas por las actividades humanas, este tipo de fuentes se dividen en fuentes móviles y fuentes fijas; las móviles incluyen vehículos, aviones, barcos y trenes; las fijas incluyen plantas energéticas, comerciales, refinerías e industrias de proceso; en las ciudades las que más contaminan son las fuentes fijas. (Bravo & Sosa, 2010).

Como se observa en los dos párrafos anteriores los diversos autores sobre contaminación atmosférica coinciden que las fuentes fijas son las que más contaminan en una ciudad y hay que tener especial consideración; además en la información proporcionada por la Dirección General de Salud Ambiental; indica que la casi totalidad de los contaminantes emitidos en la cuenca atmosférica de Huancayo son generados por las fuentes móviles y en particular por los automóviles y los omnibuses; el porcentaje de emisiones generados por las fuentes fijas no es muy significativo; razón por la cual para el trabajo de investigación se consideró sólo a las fuentes móviles que circulan en la ciudad de Huancayo.

En los últimos años se ha tenido un incremento considerable de vehículos en la ciudad de Huancayo lo que hace presagiar que se tiene niveles muy altos de concentración de contaminantes. En el departamento de Junín en el año 2001 se tenía en total 67 010 vehículos para el año 2012 se habían incrementado a 168 427 unidades, datos oficiales proporcionados por la Dirección General de Transportes y comunicaciones Junín, y para el año 2014 la cantidad de vehículos superará los 185 000 vehículos. La variación de la cantidad de vehículos en estos últimos años se muestra en la tabla N° 1.2.

**Tabla Nº 1.2 Parque automotor del departamento de Junín 2001-2012 por clase de vehículo**

CLASE	Año											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AUTOMOVIL	16835	17038	17193	17287	17432	17696	18124	18962	19586	22169	24898	27781
CAMION	13562	13655	13707	13774	13832	14085	14460	14741	15042	17497	19499	20962
CMTA PANEL	260	275	291	302	316	331	345	357	369	408	454	487
CMTA PICKUP	9444	9477	9549	9622	9724	9906	10158	10530	10842	12370	13972	15158
CMTA RURAL	6658	6795	6817	6873	6946	7072	7259	7583	7921	10009	11737	13388
OMNIBUS	3426	3429	3439	3445	3456	3480	3604	3616	3630	4037	4453	4680
REMOLCADOR	1043	1074	1097	1122	1163	1202	1314	1350	1370	1609	1836	1970
REMOLQUE	620	660	671	674	674	682	686	688	693	751	801	847
SEMIREMOLQUE	425	466	481	504	515	554	635	753	819	1101	1321	1474
STAT. WAGON	6638	7627	8250	8752	9363	10115	11080	11754	12694	16260	18954	20882
VEH. AUT. MEN.	8099	8542	9150	9894	10796	12513	15363	20875	26762	35941	49480	60798
TOTAL	67010	69038	70645	72249	74217	77636	83028	91209	99728	122152	147405	168427

Fuente: Superintendencia Nacional de Registros Públicos - Junín

## **1.2 Formulación del problema.**

Para el trabajo de investigación se ha considerado tres problemas específicos y un problema general.

### **1.2.1 Problema general.**

¿La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire?

### **1.2.2 Problemas específicos.**

- a) ¿La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gasolina superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire?
- b) ¿La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores diésel superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire?
- c) ¿La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gas superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire?

## **1.3 Objetivos.**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Estimar la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles para comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- a) Estimar la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gasolina para comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

- b) Estimar la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores diésel para comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
- c) Estimar la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gas para comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

#### **1.4 Importancia y alcances de la investigación.**

##### **1.4.1 Importancia del tema de investigación.**

La evaluación confiable de las cargas de contaminación del aire generadas por cada fuente o por grupos de fuentes similares en el área de estudio es esencial para poder identificar la naturaleza, magnitud y causas de los problemas de contaminación existentes, así como para formular estrategias para reducir estos problemas.

Los métodos para obtener esta información incluyen el monitoreo directo de las descargas de residuos, la simulación automatizada de las fuentes, los sistemas de control relacionados y la técnica de evaluación rápida. Se debe de maximizar la precisión de los resultados del inventario para lograr su efectividad en función de los costos.

El monitoreo directo de fuentes de residuos a través del muestreo y análisis es un enfoque claro y uno de los más usados y antiguos. En muchos casos, este método es indispensable, principalmente cuando es necesario vigilar cuidadosamente las descargas de residuos de grandes fuentes o cuando se debe verificar si los servicios ambientales operan de conformidad con las normas aplicables a los efluentes líquidos y a las emisiones al aire.

La principal ventaja del método de monitoreo directo de residuos es la precisión de los resultados del inventario. No obstante, en el

contexto de los estudios de manejo ambiental, este método puede demandar demasiado tiempo y recursos e incluso ser poco práctico para áreas de estudio más complejas.

El monitoreo de las emisiones liberadas por el tubo de escape de los vehículos es difícil, ya que la tasa depende de parámetros como la velocidad del vehículo, la carga del motor y el estado de pre- calentamiento, que hacen que la tasa de contaminación sea variable. Además, gran parte de las emisiones, la que se evapora, no se libera a través del tubo de escape y la mayor parte ni siquiera es liberada mientras el vehículo está en marcha. En este caso, es difícil realizar una medición constante de las emisiones, aunque se trate de un solo vehículo y, obviamente, es aún menos práctico si se tratara de una flota de vehículos. Por lo tanto se desarrollará por la metodología de evaluación rápida que permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación del aire generadas por cada fuente o grupos de fuentes similares dentro de una determinada área de estudio. También permite evaluar la efectividad de las opciones alternativas para controlar la contaminación. Este método se basa en experiencias previas documentadas sobre la naturaleza y la cantidad de contaminantes generados por cada tipo de fuente, ya sea con y sin sistemas de control. (Economopoulos, 2010).

En las últimas décadas, los aumentos del tráfico vehicular y del comercio han incrementado significativamente las emisiones a la atmósfera en la ciudad de Huancayo acentuando el problema de la contaminación del aire. Así, la rápida intensificación de las emisiones y su gran variedad en especies, sumado a la falta de estudios científicos sistemáticos para la detección, comprensión y solución de la contaminación, han agravado la situación. Las autoridades disponen hoy de escasa información y pocas técnicas para realizar una gestión ambiental adecuada. Teniendo información sobre las fuentes móviles y la de concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo, se pueden proponer algunas medidas

correctivas para paliar este problema. El control de la contaminación ambiental es necesario en casi todas las comunidades y países para proteger la salud de la población.

#### **1.4.2 Alcances de la investigación.**

La contaminación ambiental afecta el aire que respiramos, el agua que bebemos y los alimentos que consumimos. También afecta la producción de alimentos, la calidad general de nuestro ambiente circundante y puede poner en riesgo nuestra salud y bienestar. La pregunta importante que se debe responder en cada situación es qué contaminantes se deben controlar, cómo y hasta qué punto.

Para la mayoría de los países en desarrollo, donde los problemas ambientales a menudo son críticos y los recursos disponibles escasos, los enfoques de gestión ambiental basados en la mejor tecnología de control disponible tienden a ser demasiado costosos, mientras que los que dependen de la imposición de controles selectivos por parte de los inspectores locales y están basados en la retroalimentación de la opinión pública tienden a ser poco prácticos por la falta de competencia de los inspectores, requisitos de la infraestructura, el largo tiempo que toman las respuestas, etc. La evaluación de la contaminación ambiental y la creación de estrategias de control no deben verse como un solo esfuerzo, sino como un proceso permanente. Después de que se haya realizado el inventario de cargas de contaminación en un área o país determinado, deberá actualizarse y mejorar su exactitud constantemente. De igual manera, se deberá examinar la efectividad y costo de las estrategias de control, mientras que las medidas implementadas requerirán monitoreo y comparación con predicciones a fin de proporcionar directrices para el futuro. La asignación de estas responsabilidades de seguimiento a un departamento específico del gobierno es necesaria, pero se debe alentar la participación de otros expertos del gobierno que

proporcionarían datos y apoyo al esfuerzo total. Esos expertos serían los especialistas en salud pública y ambiental, los meteorólogos e hidrólogos, especialistas en planeamiento regional y nacional. Esa red de expertos podría, con un espíritu de cooperación fructífera, convertirse en un organismo de planificación altamente competente con un impacto de gran alcance.

Pero para tomar algunas medidas se debe de conocer como se está en cuanto a la contaminación, en este caso particular la contaminación atmosférica. Entonces para poder hablar sobre la contaminación del aire en la ciudad de Huancayo, se debe tocar necesariamente el problema de la emisión de contaminantes generado por los vehículos que son la fuente de contaminación móvil. En el desarrollo de la investigación se ha considerado estimar la concentración de contaminantes generados por los vehículos que circulan en la ciudad de Huancayo, para un mejor estudio se ha dividido en vehículos con motores a gasolina, vehículos con motores diésel y vehículos con motores a gas; la delimitación geográfica corresponde a la ciudad de Huancayo incluido sus distritos metropolitanos de El Tambo y Chilca, la delimitación social también corresponde a la ciudad de Huancayo y en especial a los conductores de los vehículos porque a ellos es que se han realizado las encuestas de acuerdo a la operacionalización de variables que se ha elaborado. Como se ha visto la información proporcionada por la Dirección General de Salud Ambiental; la casi totalidad de los contaminantes emitidos en la cuenca atmosférica de Huancayo son generados por las fuentes móviles y un pequeño porcentaje de sólo 7,4% es generado por las fuentes fijas. Teniendo el estimado de la concentración de los contaminantes del aire de la ciudad de Huancayo se puede comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire viendo estos resultados se puede proponer algunas medidas para mitigar este álgido problema.



La contaminación del medio ambiente es un problema mundial de ahí que uno de los objetivos del milenio es garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. La contaminación atmosférica tiene efectos nocivos sobre la salud humana. En el siguiente cuadro se muestra los efectos del monóxido de carbono sobre la salud humana.

**Tabla Nº 1.3 Efectos para la salud humana asociado a niveles de exposición de CO**

<b>Concentración de carboxihemoglobina (%)</b>	<b>Efectos</b>
2.3 – 4.3	Disminución estadísticamente significativa (3-7%) en la relación entre el tiempo de trabajo y el agotamiento en hombres jóvenes sanos bajo ejercicio
2.9 – 4.5	Disminución estadísticamente significativa de la capacidad de ejercicio físico. En pacientes con angina de pecho y aumento de la duración de los ataques de angina.
5 - 5.5	Disminución estadísticamente significativa del consumo máximo de oxígeno y del tiempo de ejercicio en adultos jóvenes sanos durante ejercicio extenuante.
5 – 7.6	Alteración estadísticamente significativa de las tareas de vigilancia en individuos experimentalmente sanos.
5 – 17	Disminución estadísticamente significativa de la percepción visual, destreza manual, habilidad para aprender, o funcionamiento en tareas sensomotoras complejas.
7 – 20	Decremento estadísticamente significativo en el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio extenuante en hombres jóvenes sanos.

Fuente: OMS 2006.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación.**

Es preciso reconocer que el estado de los conocimientos respecto a los efectos patológicos del PM atmosférico sobre el organismo humano y sobre el sistema pulmonar y cardiovascular en particular, es aún incompleto y discutible. Uno de los aspectos problema se refiere al rol prominente o secundario que corresponde a los gases presentes en el aire contaminado de la atmósfera, como el ozono, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y otros compuestos volátiles. Otro aspecto controvertido es la validez de los estudios epidemiológicos en relación a los estudios de poblaciones bien caracterizadas y expuestas a PM definido. Ya hemos mencionado las diferencias observadas entre PM grande o PM<sub>10</sub> y material fino MP<sub>2.5</sub>. En resumen, si bien numerosos estudios experimentales en el ser humano demuestran que el PM atmosférico puede determinar daño orgánico, tanto pulmonar como cardio-vascular y muy probablemente en otros parénquimas; es necesario reconocer que se necesitan nuevos estudios, especialmente con centros centinelas, para validar y reforzar las observaciones que hemos analizado. (Román & Prieto, 2004).

La ciudad de Huancayo se encuentra en un valle bastante amplio con una buena circulación de aire y marcadas precipitaciones durante el año, no presenta problemas severos de contaminación atmosférica. Sin embargo,

cabe destacar que algunos contaminantes como el caso específico de las partículas totales en suspensión (PTS) ya han pasado los estándares de calidad en una oportunidad (2003-2004), así mismo indica que hay falta de cultura ambiental y ciudadana, desconocimiento sobre los daños que ocasionan a la salud las emisiones producidas por el parque automotor, el funcionamiento de incineradores, calderos, pollerías y las industrias en general; estos factores agudizan el problema de la contaminación atmosférica. Además presenta el diseño de un plan de contingencias para el control de la contaminación atmosférica por emisión de gases del parque automotor. (Salazar, 2006).

Nadie duda que el parque automotor de una zona urbana es uno de los principales factores de contaminación atmosférica. La ausencia de políticas tanto ambientales como de diseño del transporte urbano de pasajeros, sumado al incremento del uso individual del automóvil, todos ellos junto a la no existencia de incentivos económicos respecto al aire de una ciudad, generan el deterioro de la calidad de la atmósfera urbana con las consecuencias que todos conocemos. Este trabajo presenta un modelo de Dinámica de Sistemas y forma parte de una Tesis para acceder al grado de Magíster en Gestión Ambiental en la Facultad en Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina. Si bien fue pensado para la ciudad de Santa Fe de la Vera Cruz, Argentina, puede serle útil a cualquier área urbana en donde la influencia de las fuentes fijas sea despreciable frente a las móviles, como es en este caso. (Enrique, 2005).

El análisis de la crisis ambiental considerada como parte de un proceso socio histórico de evolución incierta, cuyos orígenes se remontan a los albores del proyecto moderno y debe rastrearse en un cúmulo de circunstancias que expresan las contradicciones de un modelo socioeconómico identificado con el crecimiento sostenido de la producción y las magnitudes económicas. Acorde con esta posición y considerando la naturaleza socialmente construida de la problemática ambiental, se propone abordar la relación entre saber sociológico y crisis ambiental, a partir del abordaje de las contribuciones de la teoría social crítica a la comprensión de las causas profundas de la crisis

ambiental y de sus elementos constitutivos. Ello desde una perspectiva desde la cual se considera que investigar las raíces del problema y examinar sus alternativas históricas forma parte de los propósitos de una pedagogía ambiental crítica, que analice la sociedad a la luz de sus capacidades o incapacidades para resolver la problemática ambiental. (Agoglia, 2010).

La evaluación ambiental estratégica es, conceptualmente, un instrumento preventivo de gestión ambiental que se utiliza para evaluar la sostenibilidad de la planificación de actividades de desarrollo. Legalmente se hace operativa, en Europa y en aquellos países que han adoptado el modelo europeo, a través de un procedimiento administrativo para la evaluación ambiental de ciertos tipos de planes y programas. Los profesionales del campo de la consultoría y de la ingeniería ambiental de esta generación, empapados en la evaluación de impacto ambiental (EIA), tienen el riesgo de trivializar la evaluación ambiental estratégica dándole un tratamiento similar al EIA, enfoque que es tan cómodo como incorrecto. Asimismo tendemos a pensar que la evaluación ambiental estratégica ha surgido como una evolución de la EIA y ello porque las directivas que regula ésta ha precedido en casi 20 años a aquella; sin embargo investigadores de más edad, pioneros en la “cuestión ambiental” en la época moderna, enseñan que la sensibilidad y el compromiso ambiental se incorporó al desarrollo en los años 70, precisamente utilizando el enfoque de planificación, que es el que corresponde a la evaluación ambiental estratégica. (Gomez, 2010).

En Cuba la minería constituye uno de los principales renglones de la economía, por lo importante desde el punto de vista económico, las autoridades también dedican especial atención a la relación de ésta con el medio ambiente, indica también que, el impacto ambiental es la alteración que se produce en el ambiente cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad. Las obras públicas, la construcción de una carretera, un pantano o un puerto deportivo; las ciudades, las industrias, una zona de recreo para pasear por el campo o hacer escalada, una granja o un campo de cultivo o como en nuestro caso la minería tiene un impacto sobre el medio. La alteración no siempre es negativa y es bien conocido que existen muchas

actuaciones que son favorables para el medio. Una evaluación de impacto ambiental puede entenderse como el procedimiento adoptado para valorar en qué medida un determinado proyecto es o no compatible con el medio ambiente y por lo tanto determinar si debe o no ejecutarse; en caso de ser aceptado las condiciones que deben seguirse en su ejecución, y en caso de ser rechazado que cambios lo hacen aceptable. (Sánchez, 2008).

## **2.2 Bases teóricas.**

### **2.2.1 Contaminación.**

La contaminación es la presencia en el aire de olores desagradables y de materiales nocivos, en cantidades lo suficiente grandes como para producir efectos nocivos en la salud, la ecología y la infraestructura.

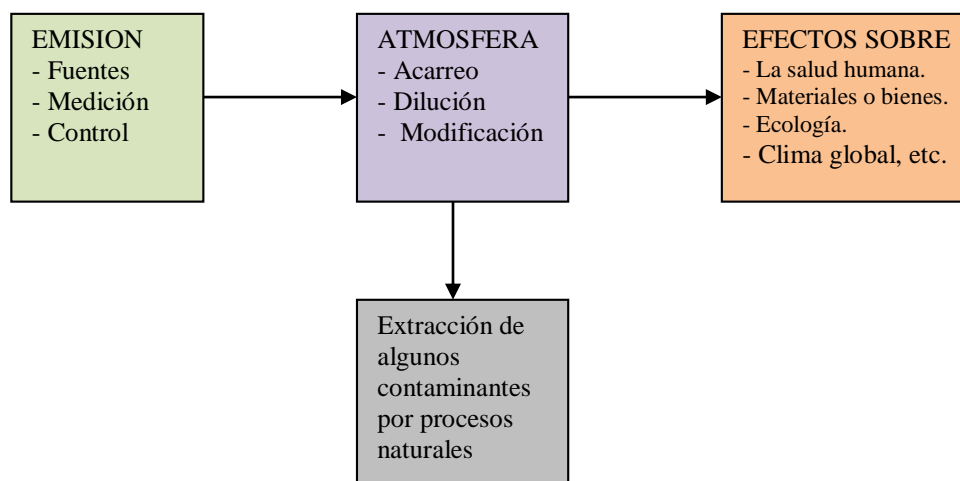
La contaminación no es un problema es más bien un conjunto de problemas relacionados entre sí, con efectos también diversos, el cual varía de acuerdo al tiempo de exposición al aire contaminado, siendo este el que determina su efecto nocivo por lo que cuando se habla de los agentes o materiales contaminantes se debe mencionar la cantidad y tiempo para evaluar sus efectos. Así mismo la contaminación es propagada o dispersada por la circulación de las masas de aire, los cuales son arrastrados por los vientos a grandes distancias. (De Nevers, 2008).

Los grandes avances tecnológicos, industriales y en cierta forma los sociales, han tenido un alto costo para la humanidad; aunados a la explosión demográfica, dichos logros han causado daños graves y alteraciones en la mayor parte de los ecosistemas. Considera que hay contaminación ambiental cuando por causas diversas de origen físico o químico se presenta una alteración o desequilibrio en los ecosistemas terrestres; para los físicos sería más bien un fenómeno de entropía, o sea, un desorden en el entorno. Todas las formas de contaminación preocupan y angustian, actualmente cuando los contaminantes tóxicos alcanzan niveles de extrema gravedad, ya sea

en el aire atmosférico, el agua de lagos, ríos o del mar y en el suelo urbano o de cultivo. Sin embargo indudablemente la polución atmosférica reviste una trascendencia relevante en virtud de que para poder vivir, el hombre necesita aire limpio. La polución atmosférica es un fenómeno sobresaliente e inquietante del que diariamente se dan informes en las grandes urbes contaminadas tratando de evitar que se repitan los graves episodios de mortalidad que ocurrieron en varios países de Europa años atrás. Las alteraciones que se originan en un ecosistema altamente contaminado, puede ser a escala global o solamente local, según la extensión dañada. (Gordillo, 1995).

#### 2.2.1.1 Principio de la contaminación.

Los contaminantes son emitidos a la atmósfera, siendo en estas arreadas, diluidos y/o modificados química o físicamente en la atmósfera, llegando hasta los receptores en donde dañan la salud, los bienes, etc. Algunos de los contaminantes son extraídos de la atmósfera por los procesos naturales de modo que nunca ocasionan daño. (De Nevers, 2008).



**Gráfico Nº 2.1 Esquema de la contaminación del aire**

Fuente: De Nevers Noel 2008.

### **2.2.1.2 Efectos de la contaminación del aire.**

Se controla la contaminación del aire porque causa efectos nocivos sobre la salud humana, los bienes, la estética y el clima global. A continuación se hará un resumen acerca de estos efectos sobre la salud humana y los bienes, así como sobre la visibilidad. (Gerard, 1999).

#### **a) Sobre la salud humana.**

El interés actual en la contaminación del aire y la salud está dirigido en su mayor parte a exposiciones a bajas concentraciones y de larga duración, las cuales conducen a efectos crónicos. Las exposiciones a altas concentraciones y de corta duración, las cuales conducen a efectos agudos, sólo ocurren en los accidentes industriales.

Del gran número de sustancias en las emisiones vehiculares las que provocan efectos son las siguientes:

##### **a.1 Monóxido de carbono.**

El monóxido de carbono es absorbido rápidamente por los pulmones y transportado en la sangre en donde se une con la hemoglobina (HB) formando carboxihemoglobina (COHB), alterando de esta forma la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, la disociación de la oxihemoglobina también se altera por la presencia de COHB en la sangre, dificultando de esa manera la oxigenación a los tejidos. Los principales factores que condicionan el ingreso del CO es su concentración en el aire inhalado, la generación endógena de CO, la intensidad del esfuerzo físico, la talla corporal, la condición de los pulmones y la presión barométrica. En la siguiente tabla se presentan los niveles esperados de COHB después de la exposición a concentraciones desde 11.5 hasta 115 mg/m<sup>3</sup> durante diferentes tipos de actividad física. (Gerard, 1999).

A continuación se presenta una tabla de los niveles esperados de carboxihemoglobina proporcionados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006).

**Tabla Nº 2.1 Niveles esperados de carboxihemoglobina**

Concentración de monóxido de carbono		Tiempo de exposición	Nivel esperado de COHB para los individuos ocupados en:		
Ppm	mg/m <sup>3</sup>		Trabajo sedentario	Trabajo ligero	Trabajo pesado
100	115	15 min	1.2	2.0	2.8
50	57	30 min	1.1	1.9	2.6
25	29	1 hora	1.1	1.7	2.2
10	11.5	8 horas	1.5	1.7	1.7

Fuente: OMS, 2006.

El principal efecto del CO es la disminución del transporte de oxígeno a los tejidos. Los órganos que dependen de un aporte considerable de oxígeno son los que se encuentran en mayor riesgo, en particular el corazón y el sistema nervioso central. (Gerard, 1999).

Los síntomas clásicos de la intoxicación por monóxido de carbono son mareo y dolor de cabeza a niveles de 10 a 30 por ciento de COHB; y serio dolor de cabeza, síntomas cardiovasculares y mal estado general a niveles superiores a 30 por ciento. Por arriba del 40 por ciento existe un riesgo considerable de coma y muerte.

La exposición al CO también puede afectar directamente al feto a causa del déficit de oxígeno.



## **a.2 Óxidos de nitrógeno.**

El bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un gas irritante que se absorbe a través de la mucosa de las vías respiratorias. En la inhalación se puede absorber entre 80 – 90 por ciento, aunque esta proporción difiere según sea respiración oral o nasal. La dosis máxima para el tejido pulmonar es la unión entre las vías aéreas y la región del intercambio pulmonar. Como el NO<sub>2</sub> no es muy soluble en las superficies húmedas las vías aéreas superiores retienen solamente una pequeña fracción de los óxidos de nitrógeno inhalado (OMS,2006).

Los niveles de bióxido de nitrógeno que no deben ser excedidos son respectivamente 400 µg/m<sup>3</sup> (0.21 ppm) durante una hora y 150 µg/m<sup>3</sup> (0.08ppm) durante 24 horas (OMS, 2006).

**Tabla N° 2.2 Efectos para la salud humana por los NO<sub>x</sub>**

<b>Efecto para la salud</b>	<b>Mecanismo</b>
Aumento de la incidencia de infecciones respiratorias.	Disminución de la eficacia de las defensas pulmonares.
Aumento de la gravedad de las infecciones respiratorias.	Disminución de la eficacia de las defensas pulmonares.
Síntomas respiratorios.	Lesión de las vías aéreas.
Reducción de la función pulmonar.	Lesión alveolar y de las vías respiratorias.
Empeoramiento del estado clínico de las personas con asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica o de alguna otra alteración respiratoria.	Lesión de las vías aéreas.

Fuente: OMS, 2006.

En algunas ocupaciones los trabajadores están expuestos de manera intermitente a altas concentraciones de óxidos de nitrógeno, particularmente NO y NO<sub>2</sub>. El espectro de los efectos patológicos en el pulmón que resultan de la exposición ocupacional a los óxidos de nitrógeno oscilan desde una respuesta inflamatoria leve en la mucosa del árbol traqueobronquial por bajas concentraciones hasta bronquitis bronconeumonía y edema pulmonar agudo por altas concentraciones (OMS, 2006).

### **a.3 Hidrocarburos.**

Los hidrocarburos policíclicos aromáticos son un grupo de sustancias químicas que resultan de la combustión incompleta de la madera y el combustible. Las emisiones vehiculares contienen bajas concentraciones de algunos contaminantes gaseosos, pero mayores concentraciones de partículas con extractos orgánicos, incluyendo hidrocarburos. Otras fuentes de los hidrocarburos son la producción de carbón mineral, la calefacción con carbón y el humo del cigarro. Los compuestos de los hidrocarburos son absorbidos en el pulmón y en el intestino y son metabolizados vía el sistema oxidasa de función mixta, se considera que los segundos metabolitos son los carcinógenos finales (OMS, 2006).

Las evidencias de los estudios experimentales muestran que muchos de estos hidrocarburos son mutagénicos y carcinógenos. Estudios epidemiológicos en trabajadores de hornos a base de carbón mineral y de individuos que trabajan con gas y carbón sugieren un aumento de cáncer pulmonar en relación a la exposición de hidrocarburos. (Gerard, 1999).

## **b) Sobre los bienes.**

En la historia inicial del control de la contaminación del aire se dio mucha atención al daño que producía la contaminación del aire sobre los bienes. En la actualidad se piensa poco en ello. La razón para este cambio es que hace 50 años había contaminantes que causaban daño visible a las plantas y a los animales. Los propietarios de estas plantas y animales demandaron por daños y perjuicios a los emisores, y de este modo contribuyeron al desarrollo inicial de la ciencia y la ingeniería de la contaminación del aire. Ahora existen pocas de esas fuentes, debido a que se han impuesto controles estrictos sobre ellas para proteger la salud humana.

Los metales se corroen con mayor rapidez en los medios ambientes contaminados de nuestras ciudades que en los medios más limpios. Las pinturas no duran tanto en los medios ambientes contaminados como en los limpios; los neumáticos y otros artículos de caucho fallan por agrietamiento causado por el ozono atmosférico, sino se generan con aditivos antioxidantes (los cuales la mayor parte los tienen). Como es de esperar el daño sobre los bienes y servicios depende de la concentración y de la duración de la exposición. La gente ha absorbido muchos costos por daño a los bienes: los habitantes de las ciudades esperan pintar sus casas con mayor frecuencia que los del campo y se ha acostumbrado a pagar un poco más por neumáticos que contengan antioxidantes. Las partículas que tienen sustancias químicas conductoras se depositan en el material aislantes de los postes y generan fugas de corriente en cables eléctricos de alto voltaje, en algunas ciudades el material aislante se lava a presión durante los períodos de sequía prolongados para impedir las fugas, pero en condiciones extremas se han generado incendios en la parte superior de los postes de madera donde los brazos

transversales están sujetos a los postes. Un tipo de daño a los bienes de gran interés es el generado a los monumentos históricos. La contaminación del aire, principalmente la precipitación acidógena, está dañando las estatuas y los monumentos de arenisca y de mármol de diferentes ciudades como las de Europa y del noreste de Estados Unidos.

Estudios ocasionales han estimado el aumento en los costos por todos estos daños descritos y las cantidades calculadas son de importancia porque son del orden de miles de millones de dólares. (De Nevers, 2008).

**c) Sobre la visibilidad.**

La mayor parte de los contaminantes gaseosos del aire son por completo transparentes. La única excepción común es el  $\text{NO}_2$ , el cual es de color café.

El flúor, cloro, bromo y yodo también tienen color ya que algunos son vapores orgánicos, pero esto rara vez se emiten a la atmósfera en cantidades significantes. Algunos esmogs urbanos se ven de color café debido a que contienen  $\text{NO}_2$ . La mayor parte de los efectos visibles de la contaminación del aire son causados por la interacción de la luz con las partículas suspendidas.

Las propiedades de dispersión y absorción de la luz se usan como una manera de estimar las emisiones de partículas en las columnas de humo de las chimeneas y otras fuentes. Este fenómeno se analiza como opacidad.

En las ciudades, estas brumas pueden resultar benéficas porque alertan al público respecto al hecho de que es probable que también estén presentes contaminantes invisibles. (De Nevers, 2008).

### **2.2.2 Fuentes de contaminación atmosférica.**

Las fuentes de contaminación atmosférica se clasifican en naturales y antropogénicas. Las naturales siempre han existido, mientras que las antropogénicas, como su nombre lo indica, son causadas por las actividades humanas. Las fuentes antropogénicas están concentradas en zonas urbanas y es por lo tanto en estas áreas en donde su contribución es dominante. (Bravo & Sosa, 2010)

#### **2.2.2.1 Fuentes naturales.**

Una erupción volcánica emite partículas y contaminantes gaseosos, tales como bióxido de azufre, ácido sulfhídrico y metano. Estas emisiones, así como el daño al ambiente, pueden ser de gran magnitud y alcanzar distancias considerables; las nubes de partículas y gases originados por los volcanes han permanecido en la atmósfera durante largo períodos. (Bravo & Sosa, 2010).

Los incendios forestales son usualmente clasificados como fuentes naturales, aunque puedan ser originados por actividades humanas. En este caso se genera gran cantidad de contaminantes en la forma de humo, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y cenizas. (Bravo & Sosa, 2010).

Las tolvaneras contienen grandes cantidades de partículas y constituyen una fuente natural común de contaminación atmosférica en muchas partes del mundo. La reducción de la visibilidad durante las tolvaneras es, frecuentemente, causa de accidentes de tránsito y puede afectar el tránsito aéreo. (Bravo & Sosa, 2010).

Los océanos emiten continuamente aerosoles a la atmósfera en la forma de partículas de sal, las cuales son corrosivas para los metales y las pinturas. La acción de las olas reduce el material rocoso a arena, la cual puede pasar eventualmente a la atmósfera. (Bravo & Sosa, 2010)

### **2.2.2.2 Fuentes antropogénicas.**

Las fuentes antropogénicas de contaminantes atmosféricos se dividen en fuentes móviles y fuentes fijas. Las móviles incluyen vehículos, aviones, barcos y trenes. Las fijas incluyen plantas energéticas, comerciales y domésticas, refinerías e industrias de proceso. (Bravo & Sosa, 2010).

Las fuentes que involucran una combinación de fuentes móviles y fuentes fijas, como son las zonas urbanas, se denominan fuentes compuestas. Las fuentes que representan una concentración apreciable de fuentes móviles asociada con su operación se denominan fuentes indirectas, entre las cuales podemos mencionar carreteras, centros comerciales, complejos deportivos, etc. Algunas fuentes indirectas pueden incluir emisiones de fuentes fijas. Los aeropuertos por ejemplo tienen fuentes fijas asociadas con las operaciones de carga de combustible así como con la calefacción. Además las propias operaciones de los aviones contribuyen a las emisiones totales. Los aeropuertos son casos de fuentes indirectas compuestas. (Bravo & Sosa, 2010).

### **2.2.3 Modelos de concentración de los contaminantes del aire.**

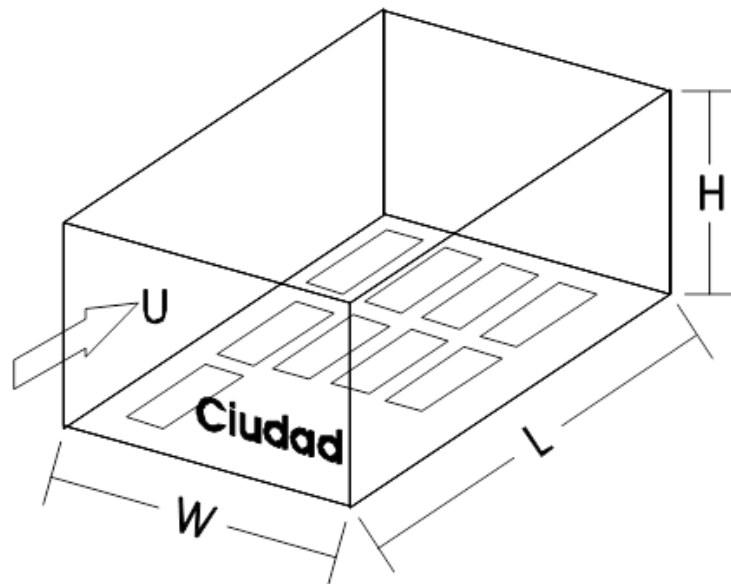
El modelo perfecto de concentración de contaminantes del aire permitiría predecir las concentraciones que resultarían de cualquier conjunto especificado de emisiones de contaminantes, para cualquier condición meteorológica especificada en cualquier lugar, durante cualquier periodo, con total confianza en la predicción. Los mejores modelos con los que se cuenta en la actualidad se encuentran lejos de éste ideal. Todos los modelos son simplificaciones de la realidad, lo que conduce a creer que todos los modelos tienen ciertos errores; los modelos que se presentan a continuación son útiles. (De Nevers, 2008).

### 2.2.3.1 Modelo de caja fija.

Se considera una ciudad rectangular, con la finalidad de calcular la concentración del contaminante del aire, con aplicación de la siguiente fórmula:

$$\begin{array}{cccccc} \text{Velocidad} & & \text{Todos los} & \text{Todos los} & \text{Velocidad} & \text{Velocidad} \\ \text{de} & = & \text{gastos de} & - \text{gastos de} & + \text{de} & - \text{de} \\ \text{Acumulación} & & \text{entrada} & \text{salida} & \text{creación} & \text{destrucción} \end{array}$$

El siguiente gráfico muestra la forma cómo debería de considerarse a la ciudad y los principales datos que se utilizan.



**Gráfico N° 2.2 Esquema de la ciudad rectangular**

Fuente: De Nevers Noel 2008.

Se establecen importantes hipótesis simplificadoras, de las cuales resaltan: (De Nevers, 2008).

- La ciudad es un rectángulo con dimensiones  $W$  y  $L$ , y con uno de sus lados paralelos a la dirección del viento.

- La turbulencia atmosférica produce el mezclado completo y total de los contaminantes hasta la altura del mezclado H, y no hay mezclado por encima de esta altura.
- Esta turbulencia es bastante fuerte en la dirección contra el viento, de modo que la concentración del contaminante es uniforme en el volumen completo de aire que está sobre la ciudad, y no a más altura, en el lado de la dirección del viento y en el lado contra el viento.
- El viento sopla en la dirección paralela a uno de los lados de la ciudad con velocidad U. Esta velocidad es constante e independiente del tiempo, lugar o elevación por encima del suelo.
- La concentración del contaminante en el aire que entra a la ciudad es constante. En este modelo las concentraciones suelen darse en  $\text{g/m}^3$  o microgramos/ $\text{m}^3$  (la equivalencia, 1 microgramo= $10^{-6}\text{g}$ ).
- El índice de emisiones del contaminante del aire de la ciudad es Q (normalmente expresado en g/s). Lo normal es que éste se de cómo un índice de emisiones por unidad de área q, en g/s.  $\text{m}^2$ . Se puede uno en el otro por medio de la relación  $Q=qA$ . En donde A es el área de la ciudad (W.L). Este índice de emisiones es constante y no cambia con el tiempo.
- Ningún contaminante sale o entra por la parte superior de la caja, ni por los lados que no sean paralelos a la dirección del viento.
- El contaminante en cuestión tiene una duración suficiente en la atmósfera como para que la velocidad de destrucción de la ecuación indicada inicialmente sea cero.

Con éstas hipótesis se evalúan los términos de la ecuación. Se elige el volumen WLH como el sistema. Debido a que todas las hipótesis indican que los flujos y los índices de emisiones son



independientes del tiempo, se ve que esta es una situación de estado estacionario en la que nada está cambiando con el tiempo. Para cualquier situación de estado estacionario, en cualquier aplicación de la ecuación general, la velocidad de acumulación es cero, de modo que el término a la izquierda del signo igual es cero. Se puede tratar el índice de emisiones  $Q$  como un índice de creación o como un flujo hacia el interior de la caja a través de su cara inferior. Cualquiera de las dos concepciones da exactamente el mismo resultado de modo que la ecuación inicial planteada se simplifica a:

$$0 = \text{gastos de entrada} - \text{gastos de salida}$$

$$0 = UWHb + qWL - UWHc$$

$$c = b + qL/UH$$

Donde  $b$  es la concentración del contaminante en el aire que entra en la ciudad y  $c$  es la concentración completa del contaminante en el aire de la ciudad. (De Nevers, 2008).

#### **2.2.3.2 Modelos de difusión.**

En la mayor parte de los modelos de difusión se aplica la idea gaussiana de la columna de humo, que también es un modelo de balance de materiales. En él, se considera una fuente puntual, como la chimenea de una fábrica (que en realidad no es un punto, sino un área pequeña que se puede considerar satisfactoriamente en forma aproximada como si fuera un punto), y se intenta calcular la concentración en la dirección del viento que resulta de la misma.

Para deducir la fórmula de la columna de humo gaussiana, en primer lugar se toma el punto de vista de una persona que viaja junto con el aire, el punto de vista lagrangiano. Desde este punto de vista, la tierra parece estar pasando por debajo, de modo muy semejante a como parece que la tierra pasa por debajo de una persona que va en un avión.

Los modelos de la columna de humo gaussiana se utilizan con amplitud para las fuentes puntuales. Se apoyan en fuertes hipótesis simplificadoras, pero han tenido un éxito razonable en la predicción de resultados experimentales para fuentes únicas y elevadas. (De Nevers, 2008).

La ecuación básica de la columna de humo gaussiana predice una columna que sea simétrica verticalmente y horizontalmente. Los coeficientes de dispersión vertical ( $\sigma_y$ ) y horizontal ( $\sigma_z$ ) tienen valores diferentes, lo más frecuente es que la dispersión vertical sea mayor que la dispersión horizontal, de modo que en un contorno de concentración constante tiene el aspecto de una elipse, con el eje mayor horizontal. H es la altura, Q está dado en g/s y la concentración de contaminante (c) de columnas de humo a distancias considerables por encima del suelo está dado por:

$$c = \frac{Q}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

La ecuación mostrada es la ecuación básica de la columna de humo gaussiana. Este nombre proviene del hecho de que los términos exponenciales tienen la misma forma que la función de distribución normal de Gauss, que se aplica con amplitud en estadística, (De Nevers, 2008).

### **2.2.3.3 Modelo de celdas múltiples.**

El espacio de aire que se encuentra sobre una ciudad o región se divide en celdas múltiples. Cada celda se trata en forma separada de las otras. Este tipo de modelo se utiliza principalmente para el ozono, pero podría usarse para otros contaminantes secundarios generados en la atmósfera. Las celdas tienen tamaños uniformes de rejillas, normalmente de 2 a 5 Km. en cada dirección para toda la ciudad. En la dirección

vertical, por lo general se tiene de 4 a 6 capas, la mitad abajo de la altura de mezclado y la otra mitad arriba de ésta. Las fronteras de éstas se mueven hacia arriba o hacia abajo con las variaciones de la altura de mezclado durante el día, así como de lugar a lugar dentro de la ciudad.

También se utiliza la fórmula siguiente:

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{Velocidad} & & \text{Todos los} & & \text{Todos los} & & \text{Velocidad} & & \text{Velocidad} \\ \text{de} & = & \text{gastos de} & - & \text{gastos de} & + & \text{de} & - & \text{de} \\ \text{Acumulación} & & \text{entrada} & & \text{salida} & & \text{creación} & & \text{destrucción} \end{array}$$

Todos los términos de esta ecuación se conservan para cada celda. Una simulación modelo para una ciudad y algún periodo comienza con una distribución inicial supuesta de contaminantes y de precursores de contaminantes en todas las celdas. A continuación durante un intervalo de tiempo, típicamente de 3 a 6 minutos, el programa calcula el cambio en la concentración del contaminante que interesa y de sus precursores, en cada una de las celdas mediante la integración numérica de la ecuación. Para éste cálculo se requieren datos o un procedimiento de estimación para la velocidad y dirección del viento en el centro de cada celda, más estimaciones de las emisiones para cada una de las celdas a nivel del suelo, más un subprograma para calcular las transformaciones químicas durante el intervalo de tiempo en cualquier celda.

Los modelos de celdas múltiples demandan grandes cantidades de datos de entrada y tiempo de computadora, pero muchos expertos lo consideran como los únicos modelos que probablemente tengan éxito para los contaminantes fotoquímicos. (De Nevers, 2008).

#### **2.2.3.4 Modelos de emisiones en tubos de escape.**

Los vehículos ligeros con motor de gasolina son la fuente principal de las emisiones de NO<sub>x</sub>, CO y COV en la mayoría de

las grandes zonas urbanas. Estos tres contaminantes son precursores del *smog* fotoquímico que aparece con mayor frecuencia e intensidad en muchas regiones y afecta a gran parte de la población.

El *smog* fotoquímico (ozono, dióxido de nitrógeno, peroxiacetilnitrato y muchas otras sustancias en cantidades pequeñas) se forman a partir de los contaminantes principales NO<sub>x</sub>, CO y COV mediante reacciones atmosféricas por influencia de la luz solar y el calor. La velocidad de las reacciones que conducen a la formación del *smog* se incrementa significativamente en el verano, cuando la intensidad de la luz solar y las temperaturas se elevan. (Economopoulos, 2010).

Los factores de emisión de NO<sub>x</sub>, CO y COV dependen en gran medida de la temperatura media diaria y de los patrones de conducción de vehículos (velocidad promedio, porcentaje de arranques del motor en frío y longitud media de cada viaje). Durante los meses pico de ozono dichos parámetros pueden desviarse considerablemente de sus promedios anuales (la temperatura es más alta y los patrones de conducción a menudo se ven afectados por las vacaciones y el turismo) e incluso pueden desviarse más de las condiciones típicas en las que se basó la derivación de los factores de emisión. A pesar de ello, la estimación de las emisiones estacionales puede ser importante si se va a abordar el problema de la contaminación fotoquímica. Debido a la particular influencia de las emisiones de vehículos ligeros con motor de gasolina (LMG) en la contaminación urbana, su significativa variabilidad estacional y regional, y su especial importancia durante los meses de máximo ozono, se presentan dos modelos que permiten a los usuarios adecuar los factores de emisión a las condiciones ambientales estacionales y locales y a los patrones de conducción. El primer modelo se centra en las emisiones de tubos de escape, mientras que el

segundo modelo en las emisiones por evaporación de los COV. (Economopoulos, 2010).

El modelo es capaz de predecir emisiones para todo tipo de vehículos LMG, se usa en el análisis de la dependencia funcional de las emisiones de tubos de escape sobre los parámetros conocidos por ejercer un efecto importante (temperatura media diaria o estacional, velocidad promedio del vehículo, la fracción de arranques del motor en frío y la longitud media de cada viaje, la edad de un vehículo convencional o el tipo de sistema catalítico y el desplazamiento del cilindro respecto al motor). El producto final de este análisis se plasma en las tablas donde se indican los factores de emisión por cada tipo de contaminante. (Economopoulos, 2010).

La principal desventaja de los modelos es su dificultad para desarrollarlos debido a la gran variedad de fuentes existentes y sistemas de control y a la demanda de datos de la operación y del diseño del sistema de control, que muchas veces son difíciles de obtener durante las visitas de inspección a la fuente. (Economopoulos, 2010).

En realidad, la disponibilidad limitada de modelos y las dificultades de recopilar los datos requeridos durante el reconocimiento de campo restringen la aplicación del enfoque del modelado en los estudios de inventario de fuentes. En este libro, se usan estos modelos para predecir las emisiones de vehículos ligeros con motor de gasolina, el volumen de gas proveniente de fuentes externas de combustión y el descenso de temperatura de los gases de combustión emitidos a través de las chimeneas. Se consideró necesario elegir este uso para aumentar la precisión de los resultados del inventario de las emisiones al aire y para generar los datos requeridos para la aplicación de los modelos de calidad del aire. Cabe observar que las fuentes implicadas (vehículos ligeros y fuentes externas de

combustión) son los principales causantes de los problemas de contaminación del aire, principalmente en las áreas urbanas, donde generalmente desempeñan un papel dominante.

La validación de algunos modelos en circunstancias locales a través de programas balanceados de monitoreo de fuentes puede ser provechosa y, en algunos casos, necesaria, principalmente cuando se deben implementar medidas de gran escala. La verificación a través del modelo de emisión para vehículos ligeros es altamente recomendada cuando las mediciones o infraestructura locales permiten la generación de mediciones locales de monitoreo. Por otro lado, algunos modelos, como el de gas de combustión, no necesitan verificación porque dependen de relaciones estequiométricas. (Economopoulos, 2010)

#### **a) El procedimiento de evaluación rápida.**

La metodología de evaluación rápida permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación del aire generadas por cada fuente o grupos de fuentes similares dentro de una determinada área de estudio. También permite evaluar la efectividad de las opciones alternativas para controlar la contaminación. Este método se basa en experiencias previas documentadas sobre la naturaleza y la cantidad de contaminantes generados por cada tipo de fuente, ya sea con y sin sistemas de control, se hace uso constante de esta información para predecir las cargas de una determinada fuente. (Economopoulos, 2010).

Entre las ventajas que ofrece el enfoque de evaluación rápida se incluye la conveniencia del uso, que permite realizar inventarios integrales de las fuentes que contaminan el aire en situaciones altamente complejas, en un lapso de solo algunas semanas y con pocos recursos. Además, a pesar de la simplicidad del método, el resultado final muchas veces es

más confiable que el de los programas de monitoreo directo de las fuentes para los casos que demandan una acción rápida. Otra de las grandes ventajas del método es que permite estimar adecuadamente la efectividad de los esquemas alternativos de control en relación con su potencial para reducir la carga contaminante. Este último aspecto es un aporte principal para el proceso de formular estrategias racionales de control. (Economopoulos, 2010).

**b) Enfoques combinados.**

El enfoque de inventario de fuentes que presenta este libro combina el método de evaluación rápida con el uso selectivo del método de modelado. El objetivo final de tal combinación es aumentar la precisión de las predicciones a la vez que se mantiene la simplicidad general del enfoque. Los datos y la información del inventario de las fuentes, que se pueden generar fácilmente para cualquier área de estudio, pueden servir para planificar programas más efectivos de monitoreo de residuos y de la calidad del aire para aquellos casos en los que se dispone de recursos adicionales y cuando la información sea pertinente. El procedimiento de inventario de fuentes descrito en este libro permite obtener información sobre la naturaleza (parámetros contaminantes de mayor interés) y la magnitud de las cargas contaminantes de cada fuente. (Economopoulos, 2010).

Se infiere que una combinación cuidadosamente planificada del método de evaluación rápida con los enfoques de monitoreo permitiría maximizar la precisión de los resultados del inventario, dentro de las limitaciones de la disponibilidad de recursos. Los datos y la información obtenidos con el método de evaluación rápida y los modelos de calidad del aire podrían servir para planificar programas más efectivos de monitoreo del ambiente. Además, es fácil obtener datos sobre

los parámetros importantes que se deben medir y sobre la ubicación crítica de las plantas y podrían contribuir significativamente en el proceso de planificación de las redes de monitoreo. (Economopoulos, 2010).

## **2.3 Marco conceptual.**

### **2.3.1 Contaminación.**

La contaminación es la presencia en el aire de olores desagradables y de materiales nocivos, en cantidades lo suficiente grandes como para producir efectos nocivos en la salud, la ecología y la infraestructura. Muchos de estos materiales nocivos entran en la atmósfera proveniente de fuentes que, en la actualidad, se encuentran más allá del control humano. Sin embargo en las partes más densamente pobladas del globo, las fuentes principales de estos contaminantes son actividades humanas (Miranda, 1996).

### **2.3.2 Contaminantes del aire.**

De manera genérica se puede definir como contaminante, toda materia o sustancia, sus combinaciones o sus derivados químicos y biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos, desperdicios y cualesquiera otros agentes que al incorporarse o adicionarse al ambiente, puedan alterar o modificar sus características naturales; también se considera como un contaminante a toda forma de energía, como calor, radiactividad y ruido, que alteren el estado natural del ambiente. (Bravo & Sosa, 2010).

### **2.3.3 Concentración de contaminantes.**

Es la cantidad de contaminante por unidades de volumen. La concentración de los diversos agentes contaminantes en la atmósfera se expresan habitualmente en dos tupos de unidades:

- Unidades volumen/volumen:  $\text{cm}^3/\text{m}^3$  (ppm) o  $\text{mm}^3/\text{m}^3$  (ppb).
- Unidades de masa/volumen:  $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Es preciso tener siempre presente que para convertir unas unidades en otras es necesario recurrir a la ecuación de estado de los gases



ideales por lo que habrá que tener en cuenta además del peso molecular del contaminante considerado, la presión y la temperatura a las que se han efectuado las medidas. (Orozco, Perez, Gonzales, & Rodriguez, 2003)

#### **2.3.4 Fuentes móviles.**

Las fuentes móviles son las que más contaminan en las zonas urbanas, éstas incluyen los vehículos, los aviones, los barcos y los trenes, es decir los medios de transporte motorizados. (Bravo & Sosa, 2010).

#### **2.3.5 Emisión de gases.**

La emisión de gases es el resultado de una combustión de unas sustancias denominadas de forma genérica combustibles. (Miranda, 1996).

#### **2.3.6 Combustión.**

La combustión es una reacción química que consiste en la combinación de la sustancia combustible con el oxígeno que puede ser puro o bien formando parte del aire, con generación de calor y formación de una masa de gases incandescentes que recibe el nombre de llama. (Miranda, 1996).

#### **2.3.7 Emisión.**

La emisión es la concentración de contaminantes que vierte un foco determinado, se mide a la salida del foco emisor. (Orozco, Perez, Gonzales, & Rodriguez, 2003).

#### **2.3.8 Inmisión.**

La inmisión es la concentración de contaminantes presente en el seno de una atmósfera determinada, y por tanto, es a estos valores a los que están expuestos los seres vivos y los materiales cuya actividad se desarrolla en esta atmósfera concreta. (Orozco, Perez, Gonzales, & Rodriguez, 2003).

### **2.3.9 Motor a gasolina.**

Es un motor que utiliza como combustible la gasolina. Este motor, también llamado motor Otto, es junto al motor diésel, el más utilizado hoy en día para mover vehículos autónomos de transporte de mercancías y personas. El combustible se inyecta pulverizado y mezclado con el gas (habitualmente aire u oxígeno) dentro de un cilindro. Una vez dentro del cilindro la mezcla es comprimida. Al llegar al punto de máxima compresión (punto muerto superior o PMS) se hace saltar una chispa, producida por una bujía, que genera la explosión del combustible. Los gases encerrados en el cilindro se expanden empujando un pistón que se desliza dentro del cilindro (expansión teóricamente adiabática de los gases). La energía liberada en esta explosión es transformada en movimiento lineal del pistón, el cual, a través de una biela y el cigüeñal, es convertido en movimiento giratorio. La inercia de este movimiento giratorio hace que el motor no se detenga y que el pistón vuelva a empujar el gas, expulsándolo por la válvula correspondiente, ahora abierta. Por último el pistón retrocede de nuevo permitiendo la entrada de una nueva mezcla de combustible. (Arias Paz, 2005).

### **2.3.10 Gasolina.**

Es un combustible el cual se obtiene mediante la destilación fraccionada del petróleo, fue descubierta en 1857. Más adelante, en 1860, Jean Joseph Etienne Lenoir creó el primer motor de combustión interna quemando gas dentro de un cilindro. Pero habría que esperar hasta 1876 para que Nikolaus August Otto construyera el primer motor de gasolina de la historia, de cuatro tiempos, que fue la base para todos los motores posteriores de combustión interna. En 1886 Karl Benz comienza a utilizar motores de gasolina en sus primeros prototipos de automóviles. (Arias Paz, 2005).

### **2.3.11 Motor diésel.**

Es un motor térmico de combustión interna en el cual el encendido del combustible (llamado gasoil o gasóleo, diésel o simplemente petróleo) se logra como consecuencia de la alta temperatura del aire en el interior del cilindro al ser comprimido por el pistón. Su inventor fue Rudolph Diésel en 1882, por lo que este motor recibió su nombre. El motor diésel usó originalmente un combustible biológico (biocombustible) como el aceite de palma de coco, curiosamente el propio inventor aseguró en su patente que su motor también funcionaba con polvo de carbón, el cual casi nunca se utilizó como combustible por ser muy abrasivo. Un motor diésel funciona mediante el encendido de la mezcla aire combustible sin la necesidad de una chispa; esto es posible gracias a la alta temperatura del aire en el cilindro la cual alcanza ese nivel solo por el aumento de la presión durante el tiempo de la compresión, es decir, en el segundo tiempo motor. (Gutierrez M., 2007).

### **2.3.12 Diésel.**

El diésel o gasóleo, también denominado gasoil, es un hidrocarburo líquido de densidad sobre  $832 \text{ kg/m}^3$  ( $0,832 \text{ g/cm}^3$ ), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en calefacción y en motores diésel. Su poder calorífico inferior es de  $35,86 \text{ MJ/l}$  ( $43,1 \text{ MJ/kg}$ ) que depende de su composición comercial. La palabra “diésel” también es apropiada la escritura dísel, tal y como se indica en la última Ortografía académica publicada, se deriva del nombre del inventor alemán Rudolph Christian Diesel que en 1892 inventó el motor diésel. (Gutierrez M., 2007).

### **2.3.13 Motor a gas.**

Es un motor térmico de combustión interna que utiliza como combustible el gas licuado de petróleo. El gas licuado del petróleo (GLP) es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disuelto en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a

temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de licuar, de ahí su nombre. En la práctica, se puede decir que los GLP son una mezcla de propano y butano. El propano y butano están presentes en el petróleo crudo y el gas natural, aunque una parte se obtiene durante el refinado de petróleo, sobre todo como subproducto de la destilación fraccionada catalítica (FCC, por sus siglas en inglés Fluid Catalytic Cracking). (Enrique, 2005).

#### **2.3.14 Cilindro.**

El cilindro es parte muy importante del motor de un vehículo, en su interior se generan los cuatro tiempos del ciclo y dentro de él se desliza el pistón con un movimiento alternativo entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior, por lo que las paredes del cilindro tienen un acabado de cuidado pero sin llegar a tener un pulimento de espejo, en la actualidad los cilindros se dejan con un “rayado” final en el pulimento, para que las paredes retengan las partículas de aceite, necesarias para una buena lubricación. (Arias Paz, 2005).

#### **2.3.15 Pistón.**

El pistón es un elemento que está dentro del cilindro, tiene forma de vaso invertido; la parte superior, que recibe la presión originada por la explosión, se llama fondo o cabeza del pistón, cuya forma depende de la cámara de combustión, de la relación volumétrica y del recorrido de las válvulas. En la falda (pared delgada que sirve para guiar al pistón en el cilindro), hay un orificio que lo atraviesa y sirve para alojar el pasador o eje de pistón, llamado bulón, al que se sujeta el pie de biela. (Gutierrez M., 2007).

#### **2.3.16 Cilindrada.**

La cilindrada de un motor de un cilindro es el volumen o espacio que queda comprendido entre el punto muerto superior e inferior de recorrido del pistón; o sea, que es lo que “respira el motor”. En los motores de varios cilindros, por ser todos iguales, se obtiene multiplicando la de uno por el número de ellos. Se expresa en litros o en centímetros cúbicos (cc). La carrera del pistón (recorrido desde el

punto muerto superior al punto muerto inferior) y el calibre (diámetro del cilindro) se mide en milímetros. (Arias Paz, 2005).

## **2.4 Marco legal.**

Está dado por la Ley General del Ambiente. Ley N° 28611 que fue promulgada en octubre del 2005. Que en su artículo 1 del título preliminar de derechos y principios dice: “toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como de sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”. El título preliminar de derechos y principios consta de 11 artículos. El título I de política nacional del ambiente y gestión ambiental consta de 4 capítulos que son los siguientes: capítulo 1 de aspectos generales consta de 7 artículos, el capítulo 2 de política nacional del ambiente consta de 5 artículos; el capítulo 3 de Gestión ambiental consta de 28 artículos; el capítulo 4 de acceso a la información ambiental y participación ciudadana consta de 10 artículos. (Ley General del Ambiente. Ley N° 28611).

En el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM se aprueba el Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire, el cual consta de 5 títulos, 28 artículos, nueve disposiciones complementarias, tres disposiciones transitorias y 5 anexos. El objetivo es el de proteger la salud, y los lineamientos de estrategia se deberán alcanzar progresivamente. Para ello considera los siguientes principios generales. (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM).

- a) La protección de la calidad del aire es obligación de todos
- b) Las medidas de mejoramiento de la calidad del aire se basan en análisis costo - beneficio

- c) La información y educación a la población respecto de las prácticas que mejoran o deterioran la calidad del aire serán constantes, confiables y oportunas. (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM)

A continuación se presentan los valores máximos permisibles que indica este Decretos Supremo y que está dado en microgramos por metro cubico.

**Tabla N° 2.3 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire**

(Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico. NE significa no exceder)

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR	
		VALOR	FORMATO
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año
PM-2,5	Anual	15	Media aritmética anual del anexo 3
	24 horas	65	NE más de 3 veces/año del anexo 3
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio móvil
	1 hora	30000	NE más de 1 vez/año
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año
Plomo	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año

Fuente: Decreto Supremo N° 074-2001-PCM

El Decreto Supremo N° 003-2008 del Ministerio del Ambiente de fecha 21 de agosto del año 2008 aprueba que los Estándares de Calidad del Aire establecidos para el dióxido de azufre en el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM solo tendrán una vigencia hasta el 31 de diciembre de 2008 y se establecen los nuevos Estándares de Calidad del Aire para el dióxido de

azufre que entrarán en vigencia a partir del primero de enero del 2009. (Decreto Supremo N° 003-2008 MINAM).

A continuación se presenta la tabla con los nuevos valores

**Tabla N° 2.4 Estándares de Calidad Ambiental para el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) hidrocarburos y material particulado**

Parámetro	Período	Valor µg/m <sup>3</sup>	Vigencia	Formato	Método de Análisis
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	80 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2009	Media Aritmética	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	20 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2014		
Hidrocarburos Totales (HT)	24 horas	100 mg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética	Ionización de la llama de hidrógeno
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
	24 horas	25 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2014	Media aritmética	

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2008 MINAM

## 2.5 Sistema de hipótesis.

### 2.6.1 Hipótesis general.

La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

### 2.6.2 Hipótesis específicas.

- La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gasolina superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
- La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores diésel superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

- c) La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gas superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

## **2.6 Sistema de variables.**

### **2.6.1 Definición conceptual.**

La variable independiente es las fuentes móviles de contaminación de la ciudad de Huancayo.

#### **2.6.1.1 Fuentes móviles de contaminación.**

Es la cantidad de vehículos que circulan en la ciudad de Huancayo y están categorizadas por tipos de vehículos los cuales son:

- Automóvil
- Station Wagon
- Camioneta Pick Up
- Camioneta Rural
- Camioneta Panel
- Omnibus
- Camión
- Remolcador
- Remolque
- Vehículos Menores

Esta variable independiente tiene los siguientes indicadores:

- $X_1$  Tipo de vehículo.
- $X_2$  Tipo de combustible.
- $X_3$  Kilometraje promedio de recorrido.
- $X_4$  Cilindrada del motor.
- $X_5$  Año de fabricación del vehículo
- $X_6$  Peso del vehículo.
- $X_7$  Número de vehículos por tipo.



La variable dependiente es la concentración de contaminantes de la ciudad de Huancayo.

#### **2.6.1.2 Concentración de contaminantes.**

Es la cantidad de contaminantes que se encuentran en el aire que se respira produciendo contaminación y la contaminación es la presencia en el aire de olores desagradables y de materiales nocivos, en cantidades lo suficiente grandes como para producir efectos nocivos en la salud, la ecología y la infraestructura.

Esta variable dependiente tiene los siguientes indicadores:

- Y<sub>1</sub> Monóxido de Carbono (CO)
- Y<sub>2</sub> Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Y<sub>3</sub> Partículas totales en suspensión (PTS)
- Y<sub>4</sub> Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Y<sub>5</sub> Compuestos orgánicos volátiles (COV)
- Y<sub>6</sub> Plomo (Pb)

#### **2.6.2 Operacionalización de variables.**

Como se indicó en las definiciones conceptuales, la variable independiente que es fuentes móviles de contaminación tiene siete indicadores y la variable dependiente seis indicadores, En las tablas siguientes se muestran las matrices de operacionalización de las variables.

**Tabla N° 2.5 Matriz de operacionalización de la variable independiente**

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS
Variable independiente (Xi) FUENTES MÓVILES DE CONTAMINACIÓN	Es la cantidad de vehículos que circulan en la ciudad de Huancayo y están categorizadas por tipos de vehículos	Vehículos con combustible a gasolina	X <sub>1</sub> Tipo de vehículo	1. ¿Qué tipo de vehículo conduces?
			X <sub>2</sub> Tipo de combustible	2. ¿Cuál es el tipo de combustible que utilizas?
			X <sub>3</sub> Kilometraje promedio de recorrido	3. ¿Cuál es el kilometraje promedio que recorres?
			X <sub>4</sub> Cilindrada del motor	4. ¿Cuál es la cilindrada del motor?
			X <sub>5</sub> Año de fabricación del vehículo	5. ¿Cuál es el año de fabricación del vehículo?
			X <sub>6</sub> Peso del vehículo	6. ¿Cuál es el peso del vehículo?
			X <sub>7</sub> Número de vehículos por tipo	7. Se encuentra en la SUNARP Junín
		Vehículos con combustible diésel	X <sub>1</sub> Tipo de vehículo	1. ¿Qué tipo de vehículo conduces?
			X <sub>2</sub> Tipo de combustible	2. ¿Cuál es el tipo de combustible que utilizas?
			X <sub>3</sub> Kilometraje promedio de recorrido	3. ¿Cuál es el kilometraje promedio que recorres?
			X <sub>4</sub> Cilindrada del motor	4. ¿Cuál es la cilindrada del motor?
			X <sub>5</sub> Año de fabricación del vehículo	5. ¿Cuál es el año de fabricación del vehículo?
			X <sub>6</sub> Peso del vehículo	6. ¿Cuál es el peso del vehículo?
			X <sub>7</sub> Número de vehículos por tipo	7. Se encuentra en la SUNARP Junín
		Vehículos con combustible a gas	X <sub>1</sub> Tipo de vehículo	1. ¿Qué tipo de vehículo conduces?
			X <sub>2</sub> Tipo de combustible	2. ¿Cuál es el tipo de combustible que utilizas?
			X <sub>3</sub> Kilometraje promedio de recorrido	3. ¿Cuál es el kilometraje promedio que recorres?
			X <sub>4</sub> Cilindrada del motor	4. ¿Cuál es la cilindrada del motor?
			X <sub>5</sub> Año de fabricación del vehículo	5. ¿Cuál es el año de fabricación del vehículo?
			X <sub>6</sub> Peso del vehículo	6. ¿Cuál es el peso del vehículo?
			X <sub>7</sub> Número de vehículos por tipo	7. Se encuentra en la SUNARP Junín

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 2.6 Matriz de operacionalización de la variable dependiente**

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS
Variable dependiente (Yi) CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES	Es la cantidad de contaminantes que se encuentran en el aire que se respira produciendo contaminación	Contaminantes con presencia de oxígeno	Y <sub>1</sub> Monóxido de Carbono (CO)	$Y_1 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
			Y <sub>2</sub> Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	$Y_2 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
			Y <sub>4</sub> Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	$Y_4 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
		Contaminantes sin presencia de oxígeno	Y <sub>3</sub> Partículas totales en suspensión (PTS)	$Y_3 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
			Y <sub>5</sub> Compuestos orgánicos volátiles (COV)	$Y_5 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
			Y <sub>6</sub> Plomo (Pb)	$Y_6 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la cantidad de tipo de contaminante se toma en consideración los seis primeros indicadores  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$  datos que se consiguieron a través de las encuestas; el indicador  $X_7$  se encuentra en la SUNARP Junín. Con los datos de los indicadores  $X_1, X_2, X_4, X_5, X_6$  se va a las tablas validadas en el libro de Economopoulos, A. P. (2010). "Evaluación de fuentes de contaminación del aire. USA"; para conseguir los factores de cálculo. Con los factores de cálculo y los datos de los indicadores  $X_3$  y  $X_7$  se determina la cantidad de concentración de contaminante por año para cada tipo de contaminante (los seis indicadores de la variable dependiente).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de investigación.**

Se realizó un tipo de investigación no experimental sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trató de estudios donde no se hace variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

La investigación no experimental o ex post facto es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o las condiciones. De hecho no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad.

En un estudio no experimental no se construye ninguna situación si no que se observa situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador. En la investigación no experimental las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, el investigador no tiene control directo sobre dichas variables, no puede influir sobre ellas porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

En el trabajo de investigación desarrollado se ha realizado un estudio no experimental porque no se ha construido deliberadamente una situación a la que son expuestos las unidades de análisis, ni se han realizado estímulos, ni condiciones bajo determinadas circunstancias. Directamente se han tomado los datos de los vehículos que circulan en la ciudad de Huancayo para luego realizar las estimaciones por cada tipo de contaminante.

### **3.2 Nivel de investigación.**

El Nivel de Investigación es de una investigación “Descriptiva” en un primer instante, donde se va a describir lo que se observa en un determinado momento, y está orientada al conocimiento de la realidad, para luego continuar como “Explicativo”, explicar lo que la variable independiente ocasiona en la dependiente y finalmente con los estimaciones realizadas por cada tipo de contaminante comparar con los límites permisibles de los Estándares de Calidad Ambiental.

Los estudios correlacionales se distinguen de los descriptivos principalmente en que, mientras éstos se centran en medir con precisión las variables individuales (varias de las cuales se pueden medir con independencia en una sola investigación), los estudios correlacionales evalúan el grado de relación entre dos variables, pudiéndose incluir varios pares de evaluaciones de esta naturaleza.

### **3.3 Método de investigación.**

La investigación emplea el método de análisis – síntesis – estadístico. A través de este método se determina y conoce la naturaleza de una situación en la medida en que ella existe en el tiempo del estudio. Apunta a estudiar el fenómeno en su estado actual y en su forma natural. Se utilizó el análisis para determinar las características y los indicadores de las fuentes móviles de contaminación de la ciudad de Huancayo a través de los cuales se ha realizado el estimado de la concentración de los contaminantes del aire que soporta la ciudad incontrastable del centro del país; la síntesis ha permitido encontrar las relaciones que existen entre las fuentes móviles representados

por los diferentes tipos de vehículos con diferentes combustibles y la concentración de contaminantes a través de la estadística.

El análisis es una operación intelectual que posibilita descomponer mentalmente un todo complejo en sus partes y cualidades, en sus múltiples relaciones y componentes. La síntesis es la operación inversa al análisis, que establece mentalmente la unión entre las partes previamente analizadas y posibilita descubrir relaciones y características generales entre los elementos de la realidad. Análisis y síntesis no existen de manera independiente. El análisis se produce mediante la síntesis; el análisis de los elementos se realiza relacionándolos entre sí y vinculándolos como un todo. A su vez la síntesis se produce sobre la base de los resultados dados previamente por el análisis (Velasquez Fernández, 2006).

### **3.4 Diseño de la investigación.**

Se realizó un diseño no experimental debido a que no se manipularon las variables, de la forma transeccional (se recolectaron los datos en un solo momento, en un tiempo único) luego de la recolección de datos se procedió a estimar la concentración de cada uno de los seis tipos de contaminantes que generan las fuentes móviles; con estos resultados se realizó la comparación con los Estándares Nacionales de Calidad ambiental del Aire para determinar si ya se pasó los límites permisibles.

El diseño no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de investigación donde no se hace variar intencionalmente las variables independientes. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. La investigación no experimental o ex post facto es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o las condiciones. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

En un estudio no experimental no se construye ninguna situación si no que se observa situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el

investigador. En la investigación no experimental las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, el investigador no tiene control directo sobre dichas variables, no puede influir sobre ellas porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

Los diseños no experimentales se pueden clasificar en transeccionales y longitudinales. Para el estudio se consideró la forma transeccional comparativa.

Por tratarse de una investigación comparativa corresponde al diseño descriptivo comparativo. Se recoge información de varias muestras sobre un mismo objeto de investigación luego se realiza la comparación.

Puede ser diagramado de la siguiente manera:

Diagrama:

$$\begin{array}{l}
 M1 \rightarrow O1 \\
 M2 \rightarrow O2 \\
 M3 \rightarrow O3 \\
 Mn \rightarrow On
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \approx \quad \approx \quad \approx \\
 O_1 = O_2 = O_3 = O_n \\
 \neq \quad \neq \quad \neq
 \end{array}$$

Donde:

M1, M2, M3, Mn: Cada una de las muestras del estudio

O1, O2, O3, On: Observación de las muestras para recoger información relevante.

Comparación entre cada una de las muestras, pudiendo ser semejantes ( $\approx$ ), iguales (=) o diferentes ( $\neq$ ).

Para el trabajo desarrollado se ha considerado solo dos muestras M1 que se ha estimado y representa la concentración de los contaminantes y las observaciones vienen a ser los tipos de contaminantes; y M2 que son los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire y cada una de las observaciones, los valores permisibles por tipo de contaminante.

### 3.5 Población y muestra.

#### 3.5.1 Población.

Una población estadística es el conjunto de elementos que poseen alguna característica, acerca de los cuales se tiene cierto interés y se desea obtener información. Dichos elementos se denominan unidades de análisis. Para definir una población estadística debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: unidades de análisis, lugar y periodo de referencia. La delimitación de las características de la población no solo depende de los objetivos del estudio, sino de otras razones prácticas, un estudio no será mejor por tener una población más grande; la calidad de un trabajo estriba en delimitar claramente la población con base en los objetivos del estudio.

Para el estudio desarrollado, la población de las fuentes móviles está constituida por el parque automotor de la ciudad de Huancayo. Se utiliza la última información que se tiene de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones Junín - Oficina de Planificación y Presupuesto que indica que en la ciudad de Huancayo circula el 65% de los vehículos que tiene el departamento de Junín. La cantidad total de vehículos que transitaban en el año 2012 en el departamento de Junín fue de 166 106 y el 65% que transitó en la ciudad de Huancayo fue de 107 969. Como se tiene la clasificación por tipo de vehículo se puede presentar la siguiente tabla.

**Tabla Nº 3.1 Parque automotor del departamento de Junín por tipo de combustible 2012.**

COMBUSTIBLE	POBLACION	
	DEPARTAMENTAL	HUANCAYO
GASOLINA	81940	53257
DIÉSEL	55197	35882
GAS	28969	18830
TOTAL	166106	<b>107969</b>

Fuente: Superintendencia Nacional de Registros Públicos Junín.



No se considera el remolque y semirremolque porque no contaminan. Estos tipos de vehículos son jalados por los remolcadores.

### 3.5.2 Muestra.

La muestra es una parte representativa de una población estadística. La representatividad de la muestra comprende el aspecto cualitativo y cuantitativo. La representatividad cualitativa se logra con la participación de los elementos o valores sustantivos de la población en la muestra. La representatividad cuantitativa se consigue con la aplicación de técnicas probabilísticas de selección de muestras.

Básicamente se categorizan las muestras en dos grandes ramas: las muestras no probabilísticas y las muestras probabilísticas. En estas últimas todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser escogidos. Esto se obtiene definiendo las características de la población, el tamaño de la muestra y a través de una selección aleatoria y/o mecánica de las unidades de análisis. En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características del investigador o del que hace la muestra.

Para determinar el tamaño de la muestra conociendo la población se utiliza la siguiente relación:

$$n = \frac{Z^2 p q x N}{Z^2 p q + (N-1) E^2} \dots\dots\dots (3.1)$$

Donde:

n : Es el tamaño de la muestra.

N : Es el tamaño de la población.

p : Es la proporción de la población que tiene la característica de interés, si no es calculable se asume 0,50.

q : Proporción del población que no tiene la característica (q=1-p).

E: Es el máximo error permisible lo determina el investigador.

Z : Es el valor de la distribución normal estandarizada correspondiente al nivel de confianza escogido.

Para fines prácticos existen tablas estadísticas que nos dan el valor de Z, así tenemos los siguientes valores:

**Tabla N° 3.2 Valores de Z para diferentes grados de confianza**

NIVEL DE CONFIANZA	A	Z
99.73%	0,9973	3
99%	0,99	2,58
98%	0,98	2,33
96%	0,96	2,05
95.45%	0,9545	2
95%	0,95	1,96
90%	0,90	1,65

Fuente: Velásquez Fernández.

Para el presente estudio se consideró un nivel de confianza del 98% y un error máximo permisible del 5%, entonces los datos que se tienen son los siguientes:

n : Tamaño de la muestra a calcular

N : 107969

p : 0,50

q : 0,50

E : 0,05

Z : 2,33

Estos valores reemplazamos en la ecuación (3.1) y tendremos:

$$n = \frac{(2,33)^2 \times 0,5 \times 0,5 \times 107969}{(2,33)^2 \times 0,5 \times 0,5 + (107969 - 1) \times (0,05)^2}$$

$$n = 539$$

El tamaño de la muestra es de 539 vehículos, pero como se indicó en la tabla N° 3.1 del parque automotor de la ciudad de Huancayo, el estudio se realizó por tipo de combustible del vehículo, por lo que se debe

realizar una muestra probabilística estratificada. Para calcular la muestra de cada grupo por tipo de combustible, se debe multiplicar la cantidad de vehículos por combustible por un factor constante. Este factor constante es el resultado de dividir el tamaño de la muestra entre la población.

$$fc = \frac{n}{N} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

fc : Factor constante.

n : Tamaño de la muestra (539).

N : Tamaño de la población (107969).

Reemplazando datos en la fórmula (2) tenemos:

$$fc = \frac{539}{107969}$$

$$fc = 0,004992$$

Entonces, el factor constante por el que se debe multiplicar cada una de los grupos por tipo de combustible mostradas en la tabla N° 3.1 es 0,004992. Así tenemos para el primer grupo que son los vehículos con motor a gasolina tienen una población de 53257, este valor es multiplicado por el factor constante calculado que es de 0,004992 dando como resultado 265,87 lo cual se redondea a 266, este último valor viene a ser la muestra para el primer grupo. El cálculo mencionado se repite para el segundo y tercer grupo dando como resultado la tabla siguiente:

**Tabla 3.3 Muestra por tipo de combustible**

COMBUSTIBLE	POBLACION HUANCAYO	MUESTRA HUANCAYO
GASOLINA	53257	266
DIÉSEL	35882	179
GAS	18830	94
TOTAL	107969	<b>539</b>

Fuente: Elaboración propia.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

#### **3.6.1 Técnicas de recolección de datos.**

Las técnicas de recolección de datos organiza la investigación para obtener el nuevo conocimiento. La técnica desarrolla las siguientes actividades:

- Ordenar las etapas de la investigación.
- Elaborar los instrumentos de medición.
- Efectuar un control de los datos.
- Guiar la obtención de conocimientos.

Existen dos técnicas generales de recolección de datos la técnica documental y la técnica empírica. La técnica documental está formada por documentos de diferente tipo: revistas, memorias, actas, registros, datos e información estadísticas y cualquier documento de instituciones y empresas que registran datos de su funcionamiento. La técnica empírica permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permitan confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad que puede ser a través de la observación, la entrevista, la encuesta o el cuestionario.

Para desarrollar el presente trabajo se emplearon las dos técnicas de recolección de datos; la técnica documental para encontrar datos del indicador siete, que es el número de vehículos por tipo, se encontraron en la Superintendencia Nacional de Registros Públicos Junín. Para los demás indicadores se utilizó la técnica empírica a través de la encuesta.

#### **3.6.2 Instrumentos de recolección de datos.**

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron fueron dos; uno para el indicador siete que es el número de vehículos por tipo o categoría se utilizó el formato que se muestra en la tabla siguiente.

Para los demás indicadores se utilizó la encuesta con el cuestionario correspondiente, esta encuesta se realizó en diferentes puntos de la

ciudad de Huancayo para cumplir con la cantidad de la muestra estratificada ya calculada anteriormente.

**Tabla Nº 3.4 Número de vehículos según categoría**

TIPO DE VEHÍCULO	AÑO			
	2004	2005	....	2012
AUTOMOVIL				
CAMION				
CMTA PANEL				
CMTA PICKUP				
CMTA RURAL				
OMNIBUS				
REMOLCADOR				
STAT. WAGON				
VEH. AUT. MEN.				

Fuente: Elaboración propia.

Para los demás indicadores se utilizó la encuesta con el cuestionario que se presenta en el anexo 1.

Las fuentes de información son secundarias porque se recurrió a textos, instituciones del ramo, revistas especializadas y a trabajos similares realizados anteriormente. y fuentes primarias cuando se sacaron datos de los vehículos elegidos aleatoriamente.

### **3.7 Procedimiento de recolección de datos.**

Las encuestas se desarrollaron de la siguiente manera.

#### **Primera fecha:**

1. En el paradero de vehículos colectivos del distrito de San Agustín de Cajas.
2. En el paradero de vehículos colectivos del distrito de Sicaya.
3. En el paradero de vehículos colectivos de la provincia de Chupaca.

#### **Segunda fecha:**

1. En el paradero de vehículos colectivos Cantuta del distrito de El Tambo.

2. En el paradero de vehículos colectivos de Sebastián Lorente del distrito de El Tambo.
3. En el paradero de vehículos colectivos de la urbanización La Rivera de Huancayo.

**Tercera fecha:**

1. En el paradero de vehículos colectivos de Auquimarca del distrito de Chilca.
2. En el paradero de vehículos colectivos de Azapampa del distrito de Chilca.
3. En el paradero de vehículos colectivos del Parque Peñaloza del distrito de Chilca.

**Cuarta fecha:**

1. En el paradero de vehículos colectivos de Ocopilla en Huancayo.
2. En el paradero de vehículos colectivos de Palián en Huancayo.
3. En el paradero de vehículos colectivos de Umuto en el distrito de El Tambo.

**Quinta fecha:**

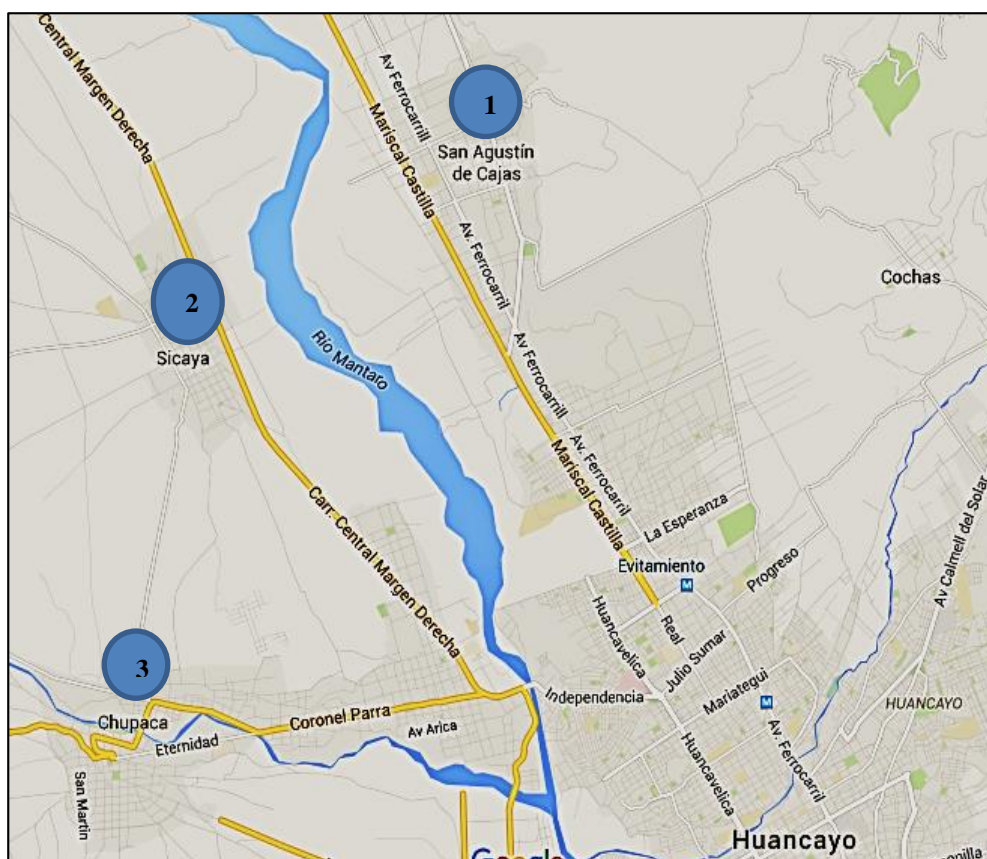
1. En el paradero de vehículos pesados del Mercado Mayorista de Huancayo.
2. En el terminal terrestre “Los Andes” de Huancayo.
3. En el mercado del distrito de El Tambo.
4. En el terminal terrestre “Evitamiento” del distrito de El tambo.

**3.7.1 Croquis de la recolección de datos.**

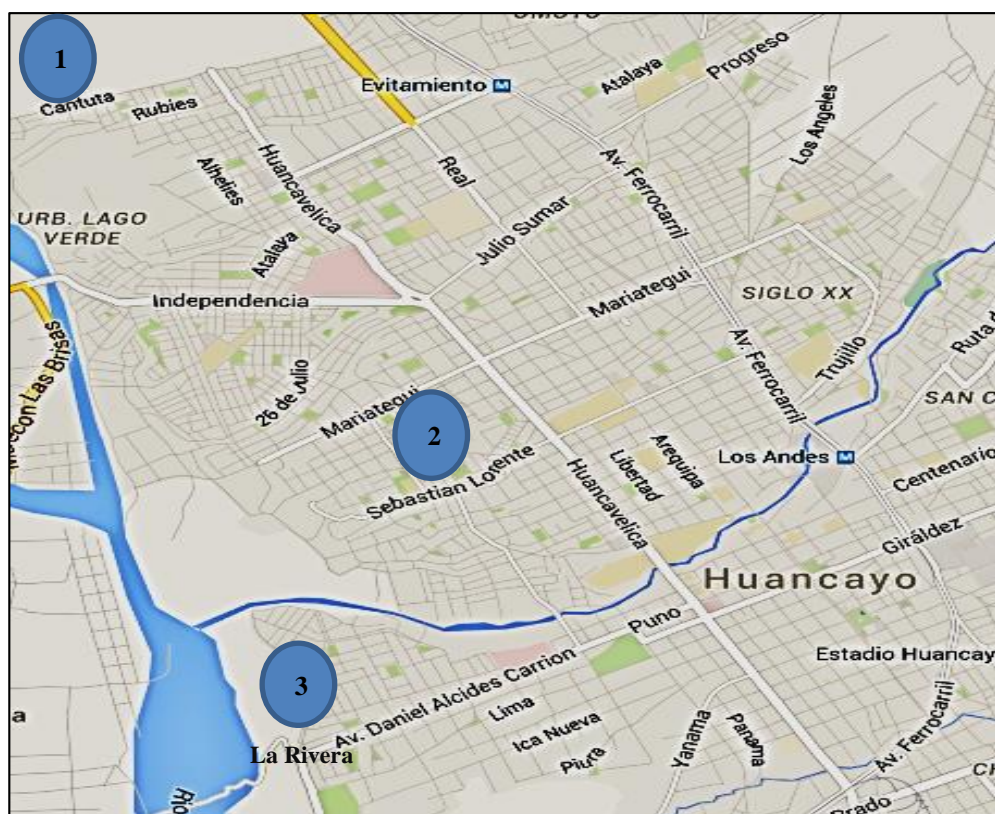
A continuación se muestran los croquis de recolección de cada una de las fechas programadas.

**Primera fecha:**

1. En el paradero de vehículos colectivos del distrito de San Agustín de Cajas.
2. En el paradero de vehículos colectivos del distrito de Sicaya.
3. En el paradero de vehículos colectivos de la provincia de Chupaca.



**Gráfico N° 3.1 Croquis de recolección de datos de la primera fecha**  
Fuente: Datos de mapa©2014 Google.



**Gráfico N° 3.2 Croquis de recolección de datos de la segunda fecha**  
Fuente: Datos de mapa©2014 Google.

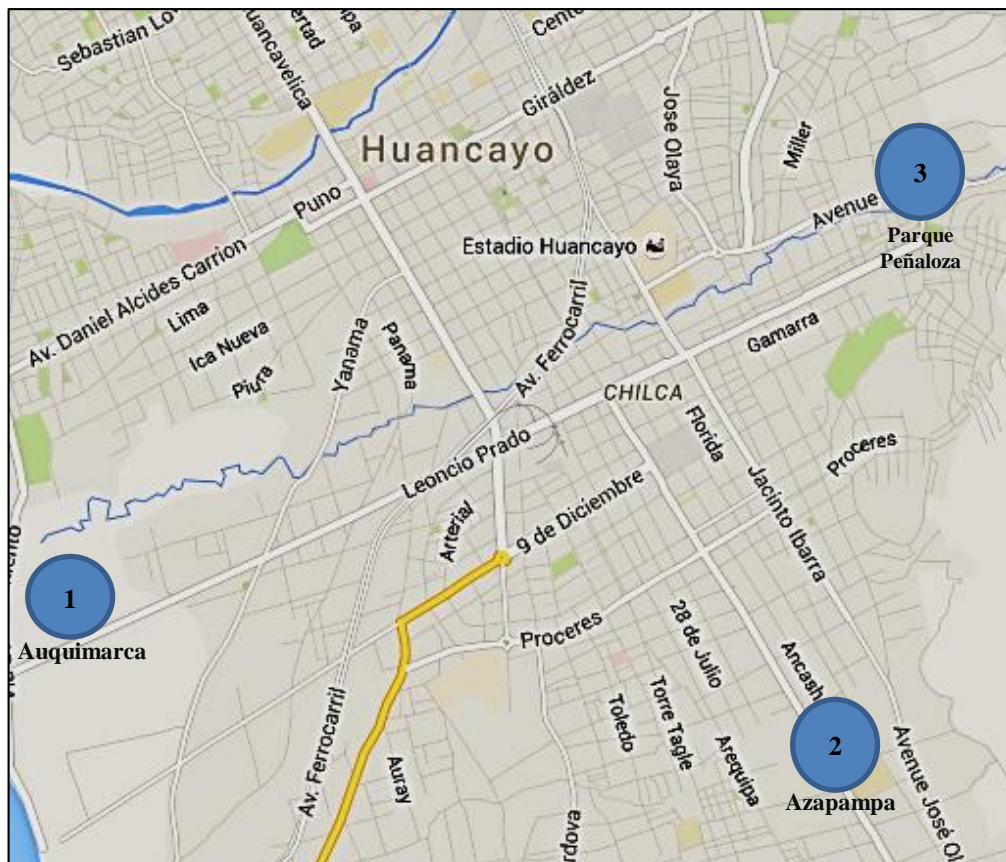


### Segunda fecha:

1. En el paradero de vehículos colectivos Cantuta del distrito de El Tambo.
2. En el paradero de vehículos colectivos de Sebastián Lorente del distrito de El Tambo.
3. En el paradero de vehículos colectivos de la urbanización La Rivera de Huancayo.

### Tercera fecha:

1. En el paradero de vehículos colectivos de Auquimarca del distrito de Chilca.
2. En el paradero de vehículos colectivos de Azapampa del distrito de Chilca.
3. En el paradero de vehículos colectivos del Parque Peñaloza del distrito de Chilca.



**Gráfico N° 3.3 Croquis recolección datos de la tercera fecha**

Fuente: Datos de mapa©2014 Google.



#### **Cuarta fecha:**

1. En el paradero de vehículos colectivos de Ocopilla en Huancayo.
2. En el paradero de vehículos colectivos de Palián en Huancayo.
3. En el paradero de vehículos colectivos de Umuto en el distrito de El Tambo.

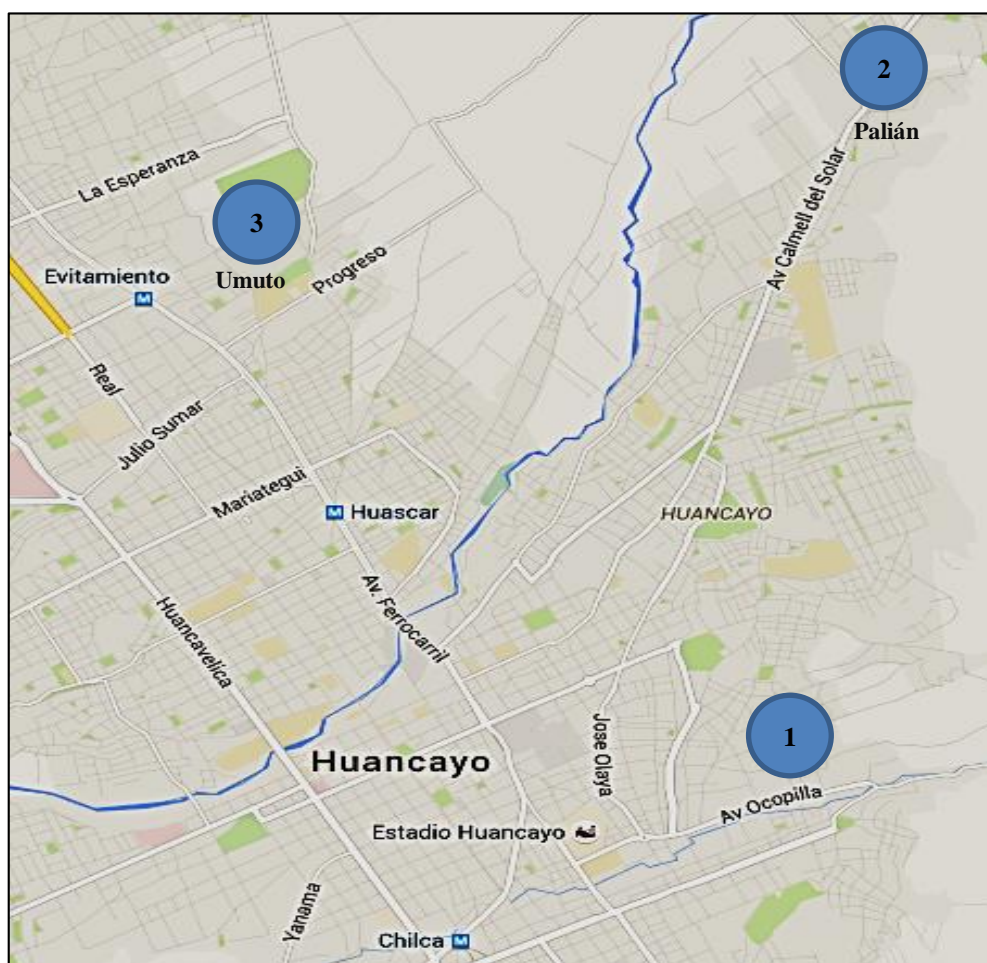
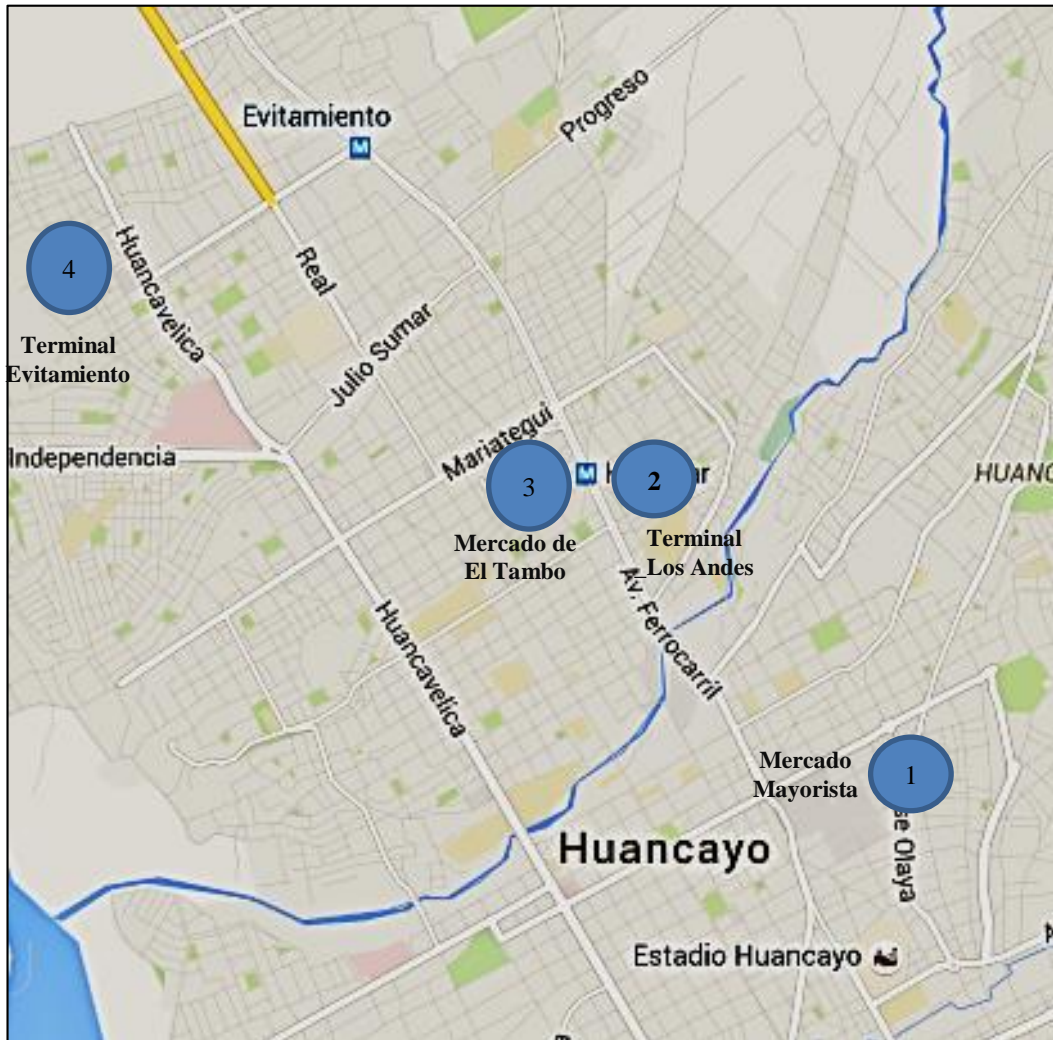


GRÁFICO N° 3.4 CROQUIS RECOLECCION DATOS DE LA CUARTA FECHA  
Fuente: Datos de mapa©2014 Google.

#### **Quinta fecha:**

1. En el paradero de vehículos pesados del Mercado Mayorista de Huancayo.
2. En el terminal terrestre “Los Andes” de Huancayo.

3. En el mercado del distrito de El Tambo.
4. En el terminal terrestre “Evitamiento” del distrito de El tambo.



**Gráfico N° 3.5 Croquis recolección datos de la quinta fecha**

Fuente: Datos de mapa©2014 Google.

Cada uno de los puntos enumerados indica los lugares donde se hizo la recolección de datos en la última fecha.

### 3.8 Procesamiento de datos.

Una vez que se consiguieron los datos se realizaron cuadros resúmenes por cada tipo de categoría de vehículos. Para los vehículos con pesos menores a 3,5 toneladas se utilizó el formato que se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla Nº 3.5 Formato de resumen de datos de la muestra por tipo de  
vehículo menores a 3,5 toneladas**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. DE VEHICULOS	Km/DIA
De 1981 a 1984	Menor a 1400 cc	Gasolina		
		Diésel		
		Gas		
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina		
		Diésel		
		Gas		
De 1985 a 1992	Menor a 1400 cc	Gasolina		
		Diésel		
		Gas		
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina		
		Diésel		
		Gas		
De 1993 a 2000	Menor a 1400 cc	Gasolina		
		Diésel		
		Gas		
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina		
		Diésel		
		Gas		
De 2001 a más	Menor a 1400 cc	Gasolina		
		Diésel		
		Gas		
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina		
		Diésel		
		Gas		
TOTAL				

Fuente: Elaboración propia.

Para los vehículos con pesos mayores o iguales a 3,5 toneladas de peso se utilizó el formato de resúmenes de datos que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla Nº 3.6 Formato de resumen de datos de la muestra por tipo de vehículo mayores a 3,5 toneladas**

PESO	COMBUSTIBLE	NRO. VEHICULOS	Km/DIA
De 3,5 a 16 t	Gasolina		
	Diesel		
Mayores a 16 t	Gasolina		
	Diesel		
TOTAL			

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de la muestra se calcularon los promedios de los contaminantes por cada tipo de vehículo para luego realizar una inferencia y determinar la concentración de contaminantes que produce todo el parque automotor de la ciudad de Huancayo.

Con los datos de la estimación sobre la concentración de los seis contaminantes del aire de la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles, se procedió a comparar lo obtenido a través de la estimación con los datos proporcionados por los Estándares de Calidad Ambiental, como se indicó en el diseño de la investigación.

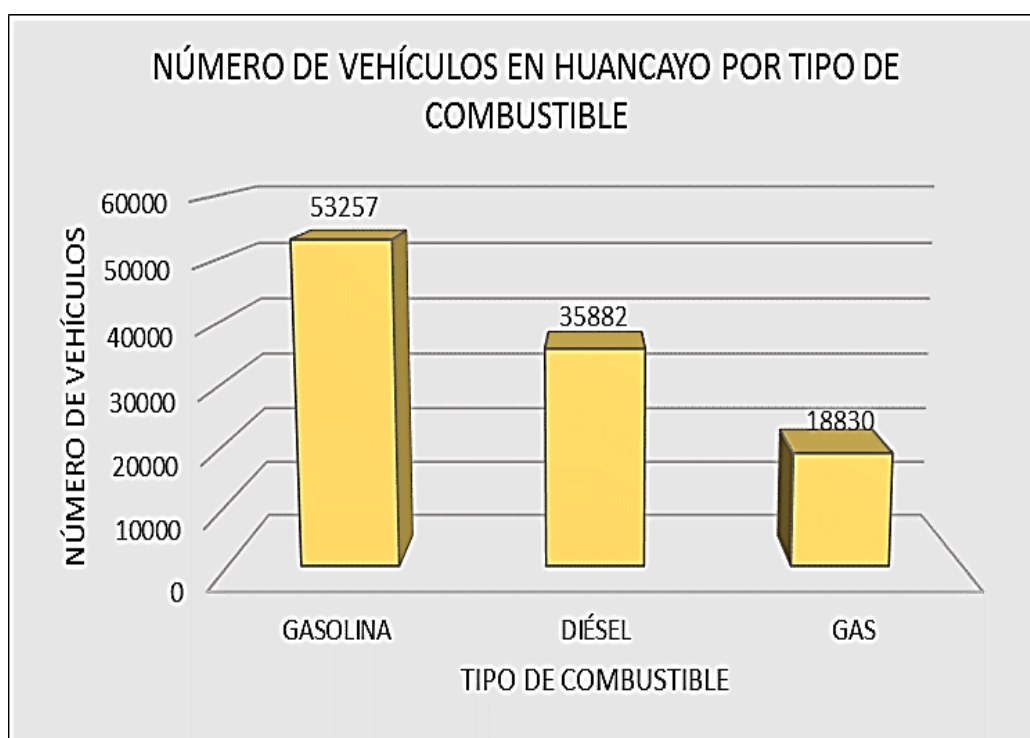
## CAPITULO IV

### CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE POR FUENTES MÓVILES

#### 4.1 Análisis y resultados de las fuentes móviles.

##### 4.1.1 Del parque automotor de la ciudad de Huancayo.

El parque automotor de la ciudad de Huancayo a Diciembre del 2012, estuvo constituido por 107 969 vehículos, sin considerar los remolques ni los semirremolques debido a que estos tipos de vehículos no contaminan, ya que solo son jalados por los remolcadores.



**Gráfico N° 4.1 Parque automotor de la ciudad de Huancayo en el año 2012**

En el gráfico N°4.1 se muestra que del total de 107 969 vehículos que circulan en la ciudad de Huancayo el año 2012; tienen motores a gasolina 53 257 y representan el 49,33%; 35 882 son vehículos con motores diésel y representan el 33,23%; finalmente 18 830 tiene motores a gas y representan el 18,83%.

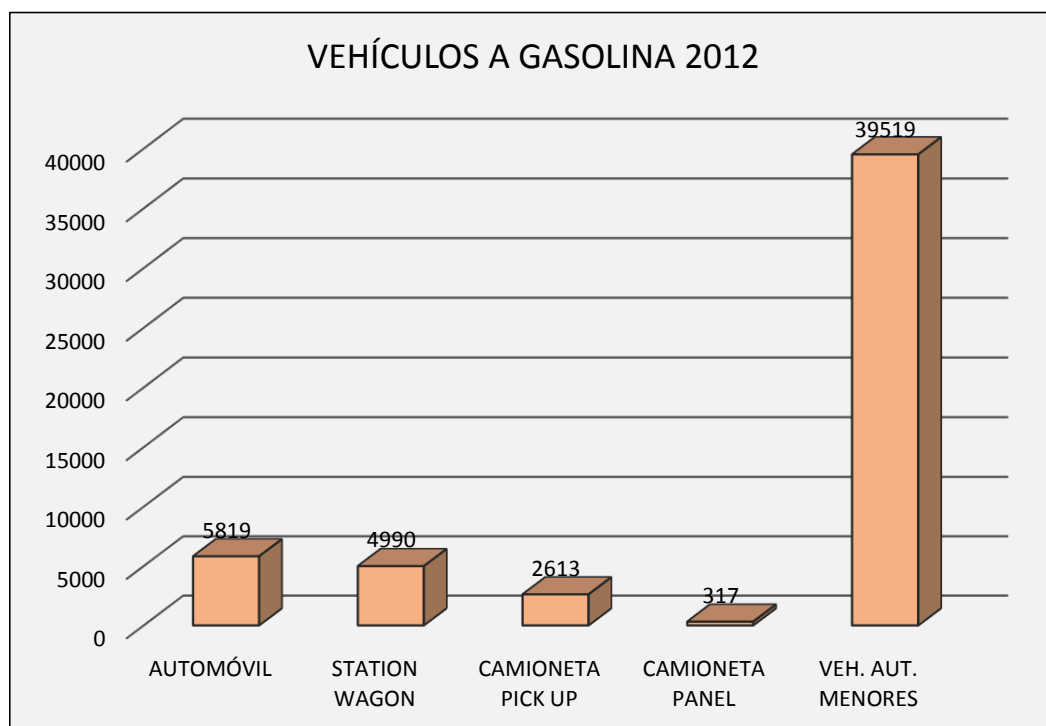
#### **4.1.2 De los vehículos con motor a gasolina.**

A Diciembre del 2012 Huancayo tenía un total de 107 969 vehículos que circulaban en sus calles, de este total 53 257 unidades son vehículos con combustible a gasolina que representa el 49,33%. La mayor cantidad de unidades de este grupo corresponden a la categoría de vehículos automotrices menores constituidos por motocicletas y moto taxis con 39 518 de los cuales 6 418 son menores de 50 cc de dos tiempos y 33 100 son menores de 50 cc de cuatro tiempos; en estos últimos años el crecimiento de la categoría de vehículos automotrices menores es vertiginoso. En seguida se encuentran los automóviles con 5 819 unidades de los cuales 2 207 unidades tienen un año de fabricación de 2001 a 2012. En la tabla N° 4.1 se muestran los datos del número de vehículos a gasolina por categoría, así se tiene que para la categoría automóvil se tienen 5 819 unidades para la categoría camioneta panel solo se tiene 317 unidades.

**Tabla N° 4.1 Numero de vehículos a gasolina**

VEHICULOS A GASOLINA	
CATEGORIA	UNIDADES
AUTOMÓVIL	5819
STATION WAGON	4990
CAMIONETA PICK UP	2613
CAMIONETA PANEL	317
VEH. AUT. MENORES	39518
TOTAL	53257

Fuente: elaboración propia.



**Gráfico N° 4.2 Cantidad de vehículos a gasolina en Huancayo año 2012**

#### **4.1.3 De los vehículos con motor diésel.**

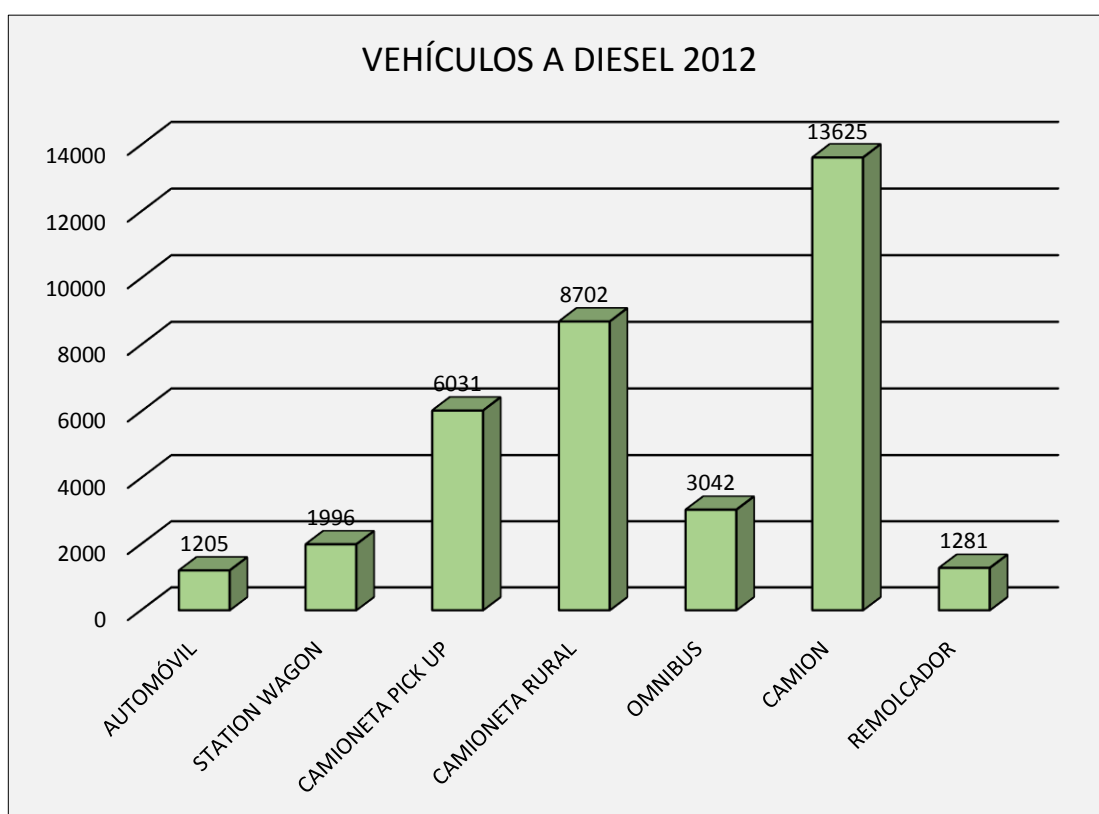
La cantidad de vehículos que circularon en la ciudad de Huancayo a Diciembre del 2012 es de 107 969 unidades, de este total 35 882 unidades son vehículos con combustible a petróleo o diésel que representa el 33,23%. La mayor cantidad de unidades de este grupo corresponden a la categoría de camiones con 13 625 unidades de los cuales 7 414 tienen un peso de 3,5 a 16 toneladas y 6 211 tienen un peso mayor de 16 toneladas. En seguida se encuentran las camionetas rurales con 8 702 unidades de los cuales 4 655 unidades tienen un año de fabricación de 2001 a 2012.

En la tabla N° 4.2 que corresponde al número de vehículos que utilizan al diésel como combustible se muestra que la mayor cantidad de vehículos son de la categoría camiones con 13 625 unidades y la menor cantidad de unidades de este grupo corresponden a la categoría de automóviles con solo 1 205 unidades.

**Tabla N° 4.2 Número de vehículos diésel**

VEHÍCULOS A DIÉSEL	
CATEGORIA	UNIDADES
AUTOMÓVIL	1205
STATION WAGON	1996
CAMIONETA PICK UP	6031
CAMIONETA RURAL	8702
OMNIBUS	3042
CAMION	13625
REMOLCADOR	1281
TOTAL	35882

Fuente: elaboración propia.



**Gráfico N° 4.3 Cantidad de vehículos a diésel en Huancayo año 2012**



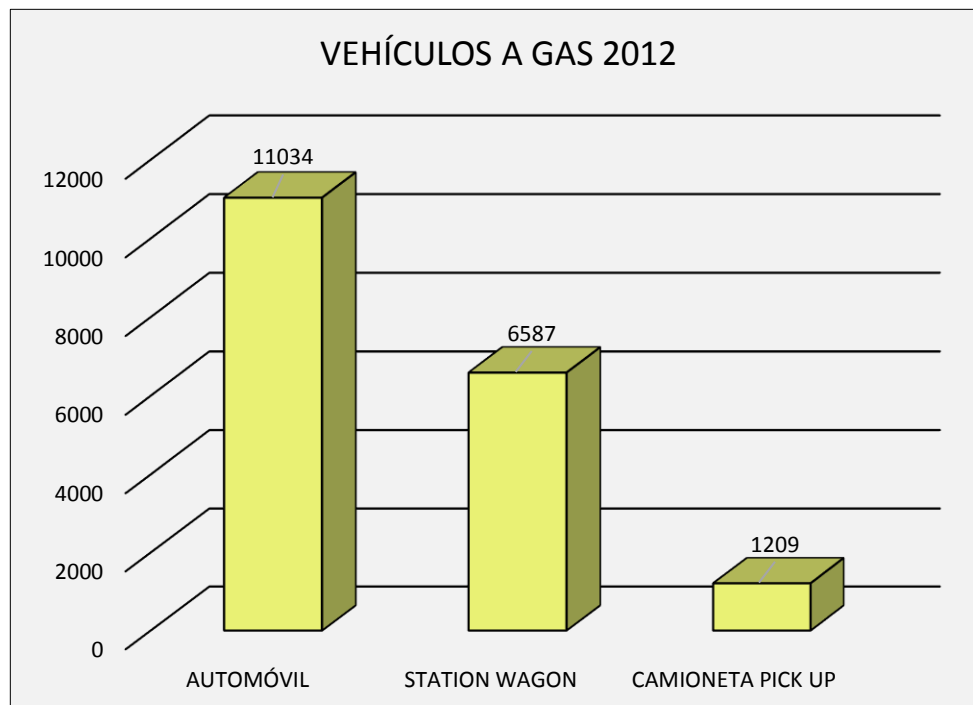
#### 4.1.4 De los vehículos con motor a gas.

En la ciudad de Huancayo circulan 18 830 vehículos con combustible a gas lo que representa un 17,44% del total de unidades que se tiene que es de 107 969. La mayor cantidad de unidades de este grupo corresponden a la categoría de automóviles con 11 034 unidades de los cuales 8 425 tienen un año de fabricación de 2001 al 2012 y tan solo 2 609 unidades tienen un año de fabricación menor al año 2011

**Tabla N° 4.3 Número de vehículos a gas**

VEHÍCULOS A GAS	
CATEGORIA	UNIDADES
AUTOMÓVIL	11034
STATION WAGON	6587
CAMIONETA PICK UP	1209
TOTAL	18830

Fuente: elaboración propia.



**Gráfico N° 4.4 Cantidad de vehículos a gas en Huancayo año 2012**

En seguida se encuentran los station wagons con 6 587 unidades de los cuales 2 794 unidades tienen un año de fabricación de 2001 a 2012; 2 795 unidades tienen un año de fabricación de 1993 a 2000 y 998 tienen un año de fabricación menores a 1993. Finalmente se encuentran las camionetas pick up con 1 209 unidades.

#### **4.2 Estimación de la concentración de contaminantes.**

Con los resúmenes de datos primeramente de la muestra, luego de la población para cada uno de los tipos de vehículos que se muestran en el anexo 3, se determina la cantidad de contaminantes generados por los vehículos de la ciudad de Huancayo.

El cálculo se realiza en toneladas métricas por año (TM/año). Para el cálculo de la emisión de los contaminantes por los tubos de escape se utilizan las fórmulas y los factores de emisión del libro “Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire” (Alexander P. Economopoulos 2010), que se describen en la tabla siguiente.

Los factores de emisión para cada uno de los contaminantes por tubos de escape, dependen de la categoría vehicular, período de producción del vehículo, cilindradas del motor y tipo de combustible. Los contaminantes cuantificados son: Partículas Totales en Suspensión (PTS), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Monóxido de Carbono (CO), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Plomo (Pb).

En la tabla N° 4.4 se presentan las fórmulas que se han utilizado para estimar la cantidad de cada uno de los seis contaminantes en estudio: Partículas Totales en Suspensión (PTS), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Monóxido de Carbono (CO), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Plomo (Pb) originados por los vehículos que circulan en la ciudad de Huancayo y que son emitidos a través de los tubos de escape de estas fuentes móviles.

**Tabla Nº 4.4 Fórmulas para calcular las emisiones por tubos de escape.**

<b>CONTAMINANTE CRITERIO</b>	<b>FORMULA</b>  Los resultados se obtienen en toneladas métricas por año (TM/año)
PTS	Número de vehículos * Distancia promedio anual de recorrido (Km/año) * Factor de emisión (Kg/1000Km) / 1000 (para obtener el valor en toneladas)
SO <sub>2</sub>	Número de vehículos * Distancia promedio anual de recorrido (Km/año) * Factor de emisión para SO <sub>2</sub> (Kg/1000 Km) * S / 1000 (para obtener el valor en toneladas)
NO <sub>x</sub>	Número de vehículos * Distancia promedio anual de recorrido (Km/año) * Factor de emisión para NO <sub>x</sub> (Kg/1000 Km) / 1000 (para obtener el valor en toneladas)
CO	Número de vehículos * Distancia promedio anual de recorrido (Km/año) * Factor de emisión para CO (Kg/1000 Km) / 1000 (para obtener el valor en toneladas)
COV	Número de vehículos * Distancia promedio anual de recorrido (Km/año) * Factor de emisión para COV (Kg/1000 Km) / 1000 (para obtener el valor en toneladas)
Pb	Número de vehículos * Distancia promedio anual de recorrido (Km/año) * Factor de emisión de Pb (Kg/1000 Km) * P / 1000

Fuente: (Economopoulos, 2010).

Donde S es el peso del % azufre en el combustible y P es el contenido medio de plomo en gramos por litro de combustible.

Con los resúmenes de datos de las tablas del anexo 3 obtenemos los factores de emisión por tubos de escape para cada tipo de contaminante en el libro de “Evaluación de Contaminantes del Aire” (Alexander P. Economopoulos 2010) ver anexo Nº 4. Así tenemos para la categoría de automóviles con año de fabricación de 1981 a 1984, cilindrada del motor menor a 1400 cc y gasolina como tipo de combustible, los siguientes factores de emisión.

**Tabla N° 4.5 Factores de emisión por tubos de escape para las condiciones dadas de automóviles**

PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
0,07	1,39S	1,58	23,4	2,84	0.09P

Fuente: (Economopoulos, 2010).

En la tabla S es el porcentaje de contenido de azufre para gasolinas es de 0,15 y para petróleo 0,40. El contenido de Pb promedio en la gasolina es de 0,31g/l y 0 para el petróleo.

Para el cálculo de cada uno de los contaminantes se utilizó las fórmulas presentadas en la tabla N° 4.4. Así tenemos para la primera categoría que son automóviles con un año de fabricación de 1981 a 1984, cilindrada del motor menor a 1400 cc los siguientes datos:

- Distancia recorrida anual: 28800 km/año
- Número de vehículos: 401
- Factor de Emisión PTS: 0,07 kg/1000km
- Factor de emisión SO<sub>2</sub>: 1,39S kg/1000km(S porcentaje de azufre en la gasolina: 0,15)
- Factor de emisión NO<sub>x</sub>: 1,58 kg/1000km
- Factor de emisión CO: 23,4 kg/1000km
- Factor de emisión COV: 2,84 kg/1000km
- Factor de emisión 0.09P kg/1000km (P contenido de plomo promedio:0,31g/l)

Aplicando las fórmulas de la tabla N° 4.4 tenemos:

$$PTS = (401 * 28800 \text{ km/año} * 0,07\text{kg}/1000\text{km}) / 1000 = 0,81 \text{ Ton/año}$$

$$SO_2 = (401 * 28800 \text{ km/año} * 1,39 * 0,15 \text{ kg}/100\text{km}) / 1000 = 2,41 \text{ Ton/año}$$

$$NO_x = (401 * 28800 \text{ km/año} * 1,58 \text{ kg}/1000\text{km}) / 1000 = 18,25 \text{ Ton/año}$$

$$CO = (401 * 28800 \text{ km/año} * 23,4 \text{ kg}/1000\text{km}) / 1000 = 270,24 \text{ Ton/año}$$

$$COV = (401 * 28800 \text{ km/año} * 2,84 \text{ kg}/1000\text{km}) / 1000 = 32,80 \text{ Ton/año}$$

$$Pb = (401 * 28800 \text{ km/año} * 0,09 * 0,31 \text{ kg}/1000\text{km}) / 1000 = 0,32 \text{ Ton/año}$$

Los cálculos anteriores son para vehículos a gasolina; si el combustible es diésel se tiene que considerar el peso del vehículo; así se tiene para la categoría de station wagons con año de fabricación de 1981 a 1984, cilindrada del motor menor a 1400 cc y peso menor que 3,5 toneladas, los siguientes factores de emisión.

**Tabla Nº 4.6 Factores de emisión por tubos de escape para las condiciones dadas de Station Wagon**

PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
0,02	1,16S	0,7	1	0,15	0.09P

Fuente: (Economopoulos, 2010).

En la tabla S es el porcentaje de contenido de azufre para gasolinas es de 0,15 y para petróleo 0,40. El contenido de Pb promedio en la gasolina es de 0,31g/l y 0 para el petróleo.

Para el cálculo de cada uno de los contaminantes se utilizó las fórmulas presentadas en la tabla Nº 4.4. Así se tiene para la categoría de los Station Wagons con un peso menor de 3,5 toneladas los siguientes datos:

- Distancia recorrida anual: 32400 km/año
- Número de vehículos: 399
- Factor de Emisión PTS: 0,02 kg/1000km
- Factor de emisión SO<sub>2</sub>: 1,16S kg/1000km (S porcentaje de azufre en el petróleo: 0,40)
- Factor de emisión NO<sub>x</sub>: 0,7 kg/1000km
- Factor de emisión CO: 1 kg/1000km
- Factor de emisión COV: 0.15 kg/1000km
- Factor de emisión 0.09P kg/1000km (P contenido de plomo promedio en diésel : 0,0g/l)

Aplicando las fórmulas de la tabla N° 4.20 tenemos:

$$\text{PTS} = (399 * 32400 \text{ km/año} * 0,02\text{kg}/1000\text{km}) / 1000 = 0,26 \text{ Ton/año}$$

$$\text{SO}_2 = (399 * 32400 \text{ km/año} * 1,16 * 0,40 \text{ kg}/100\text{km}) / 1000 = 6,00 \text{ Ton/año}$$

$$\text{NO}_x = (399 * 32400 \text{ km/año} * 0.7 \text{ kg}/1000\text{km}) / 1000 = 9,05 \text{ Ton/año}$$

$$\text{CO} = (399 * 32400 \text{ km/año} * 1 \text{ kg}/1000\text{km}) / 1000 = 12,93 \text{ Ton/año}$$

$$\text{COV} = (399 * 32400 \text{ km/año} * 0.15 \text{ kg}/1000\text{km}) / 1000 = 1,94 \text{ Ton/año}$$

$$\text{Pb} = (399 * 32400 \text{ km/año} * 0,09 * 0,0 \text{ kg}/1000\text{km}) / 1000 = 0,00 \text{ Ton/año}$$

El mismo procedimiento se repite para los otros rangos de años, los diferentes tipos de combustibles, diferentes pesos de vehículos y diferentes tipos de cilindrada. En las siguientes tablas se presenta en primer lugar los factores de emisión para los tubos de escape, luego las estimaciones realizadas de concentración de contaminantes para cada tipo de vehículo que circula en la ciudad de Huancayo.

**Tabla Nº 4.7 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría automóviles**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 1981 a 1984	Menor a 1400 cc	Gasolina	0,0700	0,2085	1,5800	23,4000	2,8400	0,0279
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	0,1000	0,1500	0,0000
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2520	1,9200	23,4000	2,8400	0,0341
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	0,1000	0,1500	0,0000
De 1985 a 1992	Menor a 1400 cc	Gasolina	0,0700	0,1905	1,5000	15,7300	2,2300	0,0279
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	0,1000	0,1500	0,0000
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2430	1,7800	15,7300	2,2300	0,0341
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	0,1000	0,1500	0,0000
De 1993 a 2000	Menor a 1400 cc	Gas	0,0000	0,0000	1,2400	3,3000	1,3500	0,0000
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,3075	1,1300	6,4600	0,6000	0,0217
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
		Gas	0,0000	0,0000	1,2400	3,3000	1,3500	0,0000
De 2001 a más	Menor a 1400 cc	Gasolina	0,0700	0,2415	0,2000	1,7100	0,2400	0,0031
		Gas	0,0000	0,0000	0,3000	1,9000	0,7000	0,0000
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2910	0,2500	1,4900	0,1900	0,0031
		Gas	0,0000	0,0000	0,3000	1,9000	0,7000	0,0000

Fuente: (Economopoulos, 2010).

**Tabla N° 4.8 Cantidad de contaminantes en TM/año generados por la categoría automóviles**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 1981 a 1984	Menor a 1400 cc	Gasolina	0,81	2,41	18,25	270,24	32,80	0,32
		Diésel	1,01	2,35	3,55	0,51	0,76	0,00
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1,82	6,55	49,93	608,55	73,86	0,89
		Diésel	1,45	3,36	5,07	0,72	1,09	0,00
De 1985 a 1992	Menor a 1400 cc	Gasolina	1,41	3,85	30,32	317,91	45,07	0,56
		Diésel	1,59	3,69	5,57	0,80	1,19	0,00
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,61	2,11	15,46	136,59	19,36	0,30
		Diésel	1,30	3,02	4,56	0,65	0,98	0,00
De 1993 a 2000	Menor a 1400 cc	Gas	0,00	0,00	51,98	138,32	56,59	0,00
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	2,08	9,16	33,65	192,35	17,87	0,65
		Diésel	5,92	13,73	20,72	29,59	4,44	0,00
		Gas	0,00	0,00	127,38	338,99	138,68	0,00
De 2001 a más	Menor a 1400 cc	Gasolina	4,49	15,49	12,83	109,69	15,40	0,20
		Gas	0,00	0,00	55,19	349,56	128,79	0,00
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	10,85	45,09	38,73	230,85	29,44	0,48
		Gas	0,00	0,00	136,49	864,46	318,48	0,00

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla Nº 4.9 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría station wagons**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 1981 a 1984	Menor a 1400 cc	Gasolina	0,0700	0,2085	1,5800	23,4000	2,8400	0,0279
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2520	1,9200	23,4000	2,8400	0,0341
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
De 1985 a 1992	Menor a 1400 cc	Gasolina	0,0700	0,1905	1,5000	15,7300	2,2300	0,0279
		Gas	0,0000	0,0000	1,2400	3,3000	1,3500	0,0000
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2430	1,7800	15,7300	2,2300	0,0341
		Gas	0,0000	0,0000	1,2400	3,3000	1,3500	0,0000
De 1993 a 2000	Menor a 1400 cc	Gasolina	0,0700	0,2610	1,3100	10,2400	1,2900	0,0031
		Gas	0,0000	0,0000	1,2400	3,3000	1,3500	0,0000
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,3075	1,1300	6,4600	0,6000	0,0031
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
		Gas	0,0000	0,0000	1,2400	3,3000	1,3500	0,0000
De 2001 a más	Menor a 1400 cc	Gasolina	0,0700	0,2415	0,2000	1,7100	0,2400	0,0031
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
		Gas	0,0000	0,0000	0,3000	1,9000	0,7000	0,0000
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2910	0,2500	1,4900	0,1900	0,0031
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
		Gas	0,0000	0,0000	0,3000	1,9000	0,7000	0,0000

Fuente: (Economopoulos, 2010).

**Tabla Nº 4.10 Cantidad de contaminantes en TM/año generados por la categoría station wagons**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 1981 a 1984	Menor a 1400 cc	Gasolina	0,90	2,70	20,43	302,51	36,71	0,36
		Diésel	1,44	3,34	5,04	7,20	1,08	0,00
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1,43	5,16	39,33	479,37	58,18	0,70
		Diésel	3,45	8,00	12,07	17,24	2,59	0,00
De 1985 a 1992	Menor a 1400 cc	Gasolina	1,36	3,70	29,11	305,28	43,28	0,54
		Gas	0,00	0,00	37,44	99,63	40,76	0,00
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1,21	4,19	30,71	271,36	38,47	0,59
		Gas	0,00	0,00	24,05	63,99	26,18	0,00
De 1993 a 2000	Menor a 1400 cc	Gasolina	2,31	8,62	43,28	338,30	42,62	0,10
		Gas	0,00	0,00	92,52	246,22	100,73	0,00
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,25	1,11	4,07	23,26	2,16	0,01
		Diésel	12,35	28,66	43,24	61,77	9,26	0,00
		Gas	0,00	0,00	144,01	383,24	156,78	0,00
De 2001 a más	Menor a 1400 cc	Gasolina	2,78	9,57	7,93	67,79	9,51	0,12
		Diésel	2,16	5,01	7,56	10,80	1,62	0,00
		Gas	0,00	0,00	13,79	87,33	32,18	0,00
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	5,06	21,01	18,05	107,60	13,72	0,22
		Diésel	2,59	6,00	9,05	12,93	1,94	0,00
		Gas	0,00	0,00	42,90	271,69	100,10	0,00

Fuente : Elaboración propia.

**Tabla Nº 4.11 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría camionetas pick up**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 1981 a 1984	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2520	1,9200	23,4000	2,8400	0,0341
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,3195	2,5700	23,4000	2,8400	0,0434
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
De 1985 a 1992	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2430	1,7800	15,7300	2,2300	0,0341
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2775	2,5100	15,7300	2,2300	0,0403
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,3075	1,1300	6,4600	0,6000	0,0031
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,3525	1,1300	6,4600	0,6000	0,0031
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
		Gas	0,0000	0,0000	1,2400	3,3000	1,3500	0,0000
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,3345	0,2500	1,4900	0,1900	0,0031
		Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
		Gas	0,0000	0,0000	0,3000	1,9000	0,7000	0,0000

Fuente: (Economopoulos, 2010).

**Tabla N° 4.12 Cantidad de contaminantes en TM/año generados por la categoría camionetas pick UP**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 1981 a 1984	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,61	2,19	16,67	203,19	24,66	0,30
		Diésel	1,59	3,69	5,57	7,96	1,19	0,00
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	0,91	4,16	33,47	304,78	36,99	0,57
		Diésel	4,34	10,07	15,20	21,71	3,26	0,00
De 1985 a 1992	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1,72	5,98	43,79	387,00	54,86	0,84
		Diésel	0,72	1,68	2,53	3,62	0,54	0,00
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	0,51	2,01	18,16	113,82	16,14	0,29
		Diésel	3,33	7,72	11,65	16,64	2,50	0,00
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,41	1,78	6,54	37,40	3,47	0,02
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	1,87	9,41	30,17	172,49	16,02	0,08
		Diésel	5,96	13,83	20,87	29,81	4,47	0,00
		Gas	0,00	0,00	14,43	38,40	15,71	0,00
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Diésel	1,74	4,03	6,08	8,68	1,30	0,00
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	1,57	7,50	5,61	33,42	4,26	0,07
		Diésel	36,48	84,63	127,68	182,40	27,36	0,00
		Gas	0,00	0,00	8,69	55,06	20,29	0,00

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla Nº 4.13 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría camionetas rurales**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV	Pb
De 1985 a 1992	De 1400 a 2000 cc	Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
	Mayores de 2000 cc	Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
	Mayores de 2000 cc	Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000
	Mayores de 2000 cc	Diésel	0,2000	0,4640	0,7000	1,0000	0,1500	0,0000

Fuente: (Economopoulos, 2010).

**Tabla Nº 4.14 Cantidad de contaminantes en TM/año generados por la categoría camionetas rurales**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV	Pb
De 1985 a 1992	De 1400 a 2000 cc	Diésel	4,67	10,82	16,33	23,33	3,50	0,00
	Mayores de 2000 cc	Diésel	13,12	30,43	45,90	65,58	9,84	0,00
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Diésel	12,06	27,97	42,20	60,29	9,04	0,00
	Mayores de 2000 cc	Diésel	30,42	70,57	106,46	152,09	22,81	0,00
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Diésel	9,33	21,65	32,66	46,66	7,00	0,00
	Mayores de 2000 cc	Diésel	60,90	141,30	213,17	304,52	45,68	0,00

Fuente : Elaboración propia.

**Tabla Nº 4.15 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría camionetas panel**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV	Pb
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,3075	1,1300	6,4600	0,6000	0,0031
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,0700	0,2910	0,2500	1,4900	0,1900	0,0031

Fuente: (Economopoulos, 2010).

**Tabla Nº 4.16 Cantidad de contaminantes en TM/año generados por la categoría camionetas panel**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV	Pb
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,40	1,75	6,43	36,74	3,41	0,02
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	0,48	2,00	1,72	10,23	1,31	0,02

Fuente : Elaboración propia.

**Tabla N° 4.17 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría omnibuses**

PESO	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 3,5 a 16 t	Diésel	0,9000	1,7160	11,8000	6,0000	2,6000	0,0000
Mayores a 16 t	Diésel	1,4000	2,6400	16,5000	6,6000	5,3000	0,0000

Fuente: (Economopoulos, 2010).

**Tabla N° 4.18 Cantidad de contaminantes en TM/año generados por la categoría omnibuses**

PESO	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 3,5 a 16 t	Diésel	24,44	46,59	320,40	162,91	70,60	0,00
Mayores a 16 t	Diésel	67,47	127,22	795,13	318,05	255,40	0,00

Fuente : Elaboración propia.

**Tabla Nº 4.19 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría camiones**

PESO	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 3,5 a 16 t	Diésel	0,9000	1,7160	11,8000	6,0000	2,6000	0,0000
Mayores a 16 t	Diésel	1,6000	2,9040	18,2000	7,3000	5,8000	0,0000

Fuente: (Economopoulos, 2010).

**Tabla Nº 4.20 Cantidad de contaminantes en TM/año generados por la categoría camiones**

PESO	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
De 3,5 a 16 t	Diésel	117,70	224,42	1543,24	784,70	340,04	0,00
Mayores a 16 t	Diésel	186,03	337,65	2116,11	848,77	674,37	0,00

Fuente : Elaboración propia.



**Tabla Nº 4.21 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría remolcadores**

PESO	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV	Pb
De 3,5 a 16 t	Diésel	0,9000	1,7160	11,8000	6,0000	2,6000	0,0000
Mayores a 16 t	Diésel	1,6000	2,9040	18,2000	7,3000	5,8000	0,0000

Fuente: (Economopoulos, 2010).

**Tabla Nº 4.22 Cantidad de contaminantes en TM/año generados por la categoría remolcadores**

PESO	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV	Pb
De 3,5 a 16 t	Diésel	6,09	11,61	79,81	40,58	17,59	0,00
Mayores a 16 t	Diésel	4,67	8,48	53,16	21,32	16,94	0,00

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla Nº 4.23 Factores de emisión por tubos de escape para la categoría vehículos menores**

CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV	Pb
Menores de 50 cc	Gasolina	0,1200	0,0540	0,0800	10,0000	6,0000	0,0021
Mayores de 50 cc	Gasolina	0,1200	0,0900	0,1200	22,0000	15,0000	0,0021

Fuente: (Economopoulos, 2010).

**Tabla Nº 4.24 Cantidad de contaminantes en TM/año generados por la categoría vehículos menores**

CILINDRADA	COMBUSTIBLE	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV	Pb
Menores de 50 cc	Gasolina	11,09	4,99	7,39	924,34	554,60	0,19
Mayores de 50 cc	Gasolina	100,09	75,07	100,09	18350,64	12511,80	1,75

Fuente : Elaboración propia.

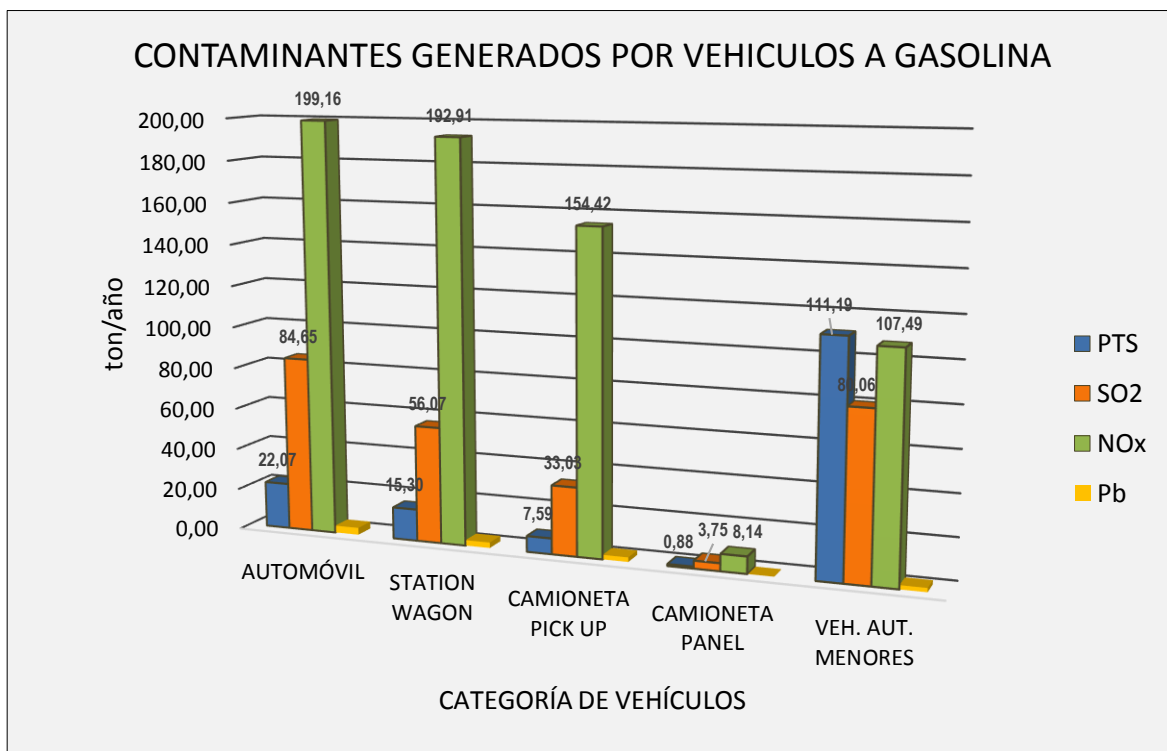
#### 4.2.1 Contaminantes generados por los vehículos a gasolina.

Los vehículos a gasolina son los que más contaminan en la ciudad de Huancayo, de un total de 56 286,14 toneladas que se ha emitido el año 2012, los vehículos a gasolina han generado 39 128,56 toneladas lo que representa un 69,52% del total.

**Tabla N° 4.25 Total de contaminantes generados por vehículos a gasolina**

CATEGORIA	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
AUTOMÓVIL	22,07	84,65	199,16	1866,18	233,79	3,39
STATION WAGON	15,30	56,07	192,91	1895,47	244,66	2,65
CAMIONETA PICK UP	7,59	33,03	154,42	1252,09	156,41	2,16
CAMIONETA PANEL	0,88	3,75	8,14	46,98	4,72	0,04
VEH. AUT. MENORES	111,19	80,06	107,49	19274,98	13066,40	1,95
TOTAL	157,03	257,56	662,12	24335,69	13705,97	10,19

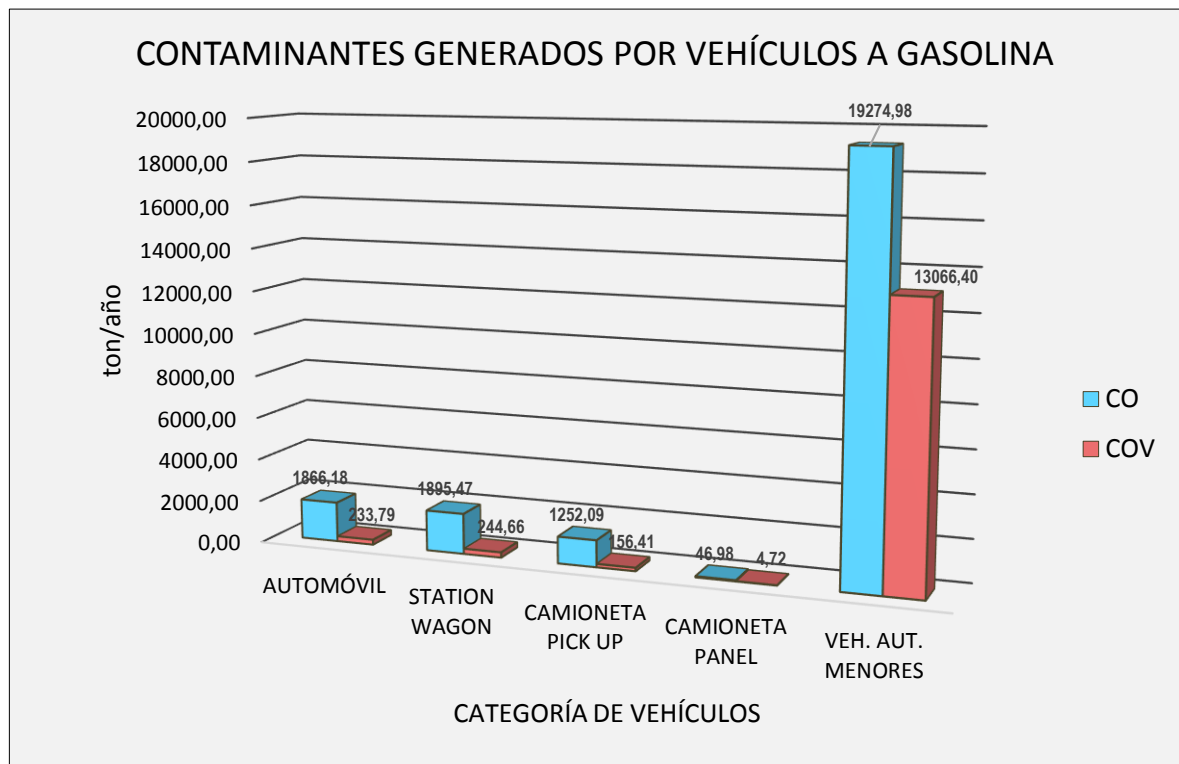
Fuente: elaboración propia.



**Gráfico N° 4.5 Contaminantes PTS, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y Pb generados por vehículos a gasolina**

De este grupo de vehículos los que más contaminantes son los vehículos automotrices menores que generan 32 642,06 toneladas al año siendo el contaminante más generado el monóxido de carbono (CO) con 19 274,98 seguido de los compuestos orgánicos volátiles con 13 066,40 toneladas. La categoría que le sigue son los automóviles con 2 409,25 toneladas de los cuales el contaminante que más produce es el monóxido de carbono (CO) con 1 866,18 toneladas.

De este grupo de vehículos a gasolina la categoría que menos contamina son las camionetas panel con solo 64,51 toneladas por año.



**Gráfico N° 4.6 Contaminantes CO y COV generados por vehículos a gasolina**

#### **4.2.2 Contaminantes generados por los vehículos diésel.**

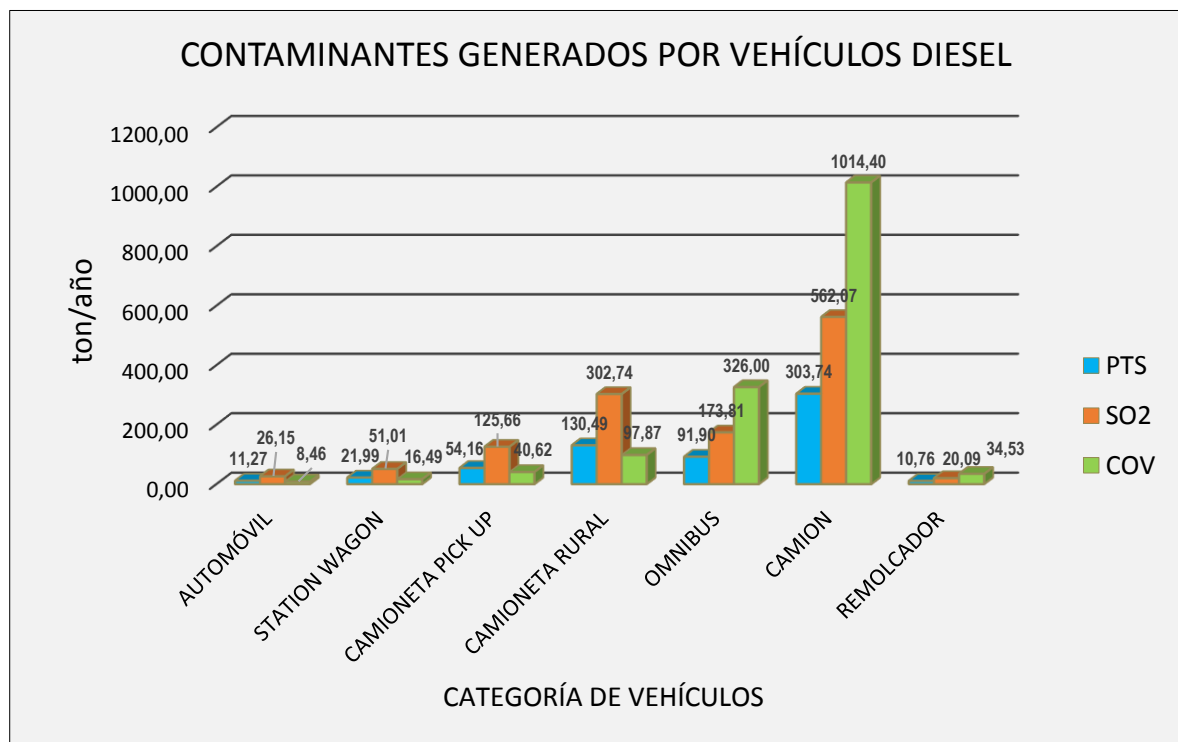
Luego de los vehículos a gasolina que son los que más contaminan en la ciudad de Huancayo en el año 2012, se encuentran los vehículos con combustible diésel que han emitido 12 336,59 toneladas lo que representa un 21,92% del total. De este grupo de vehículos los más contaminantes son los camiones que generan 7 173,03 toneladas al año siendo el contaminante más generado los óxidos de nitrógeno (NOx) con

3 659,35 le sigue el monóxido de carbono (CO) con 1 633,47 toneladas. La categoría que luego está son los ómnibus con 2 188,21 toneladas de los cuales el contaminante que más produce son los óxidos de nitrógeno (NOx) con 1 115,53 toneladas.

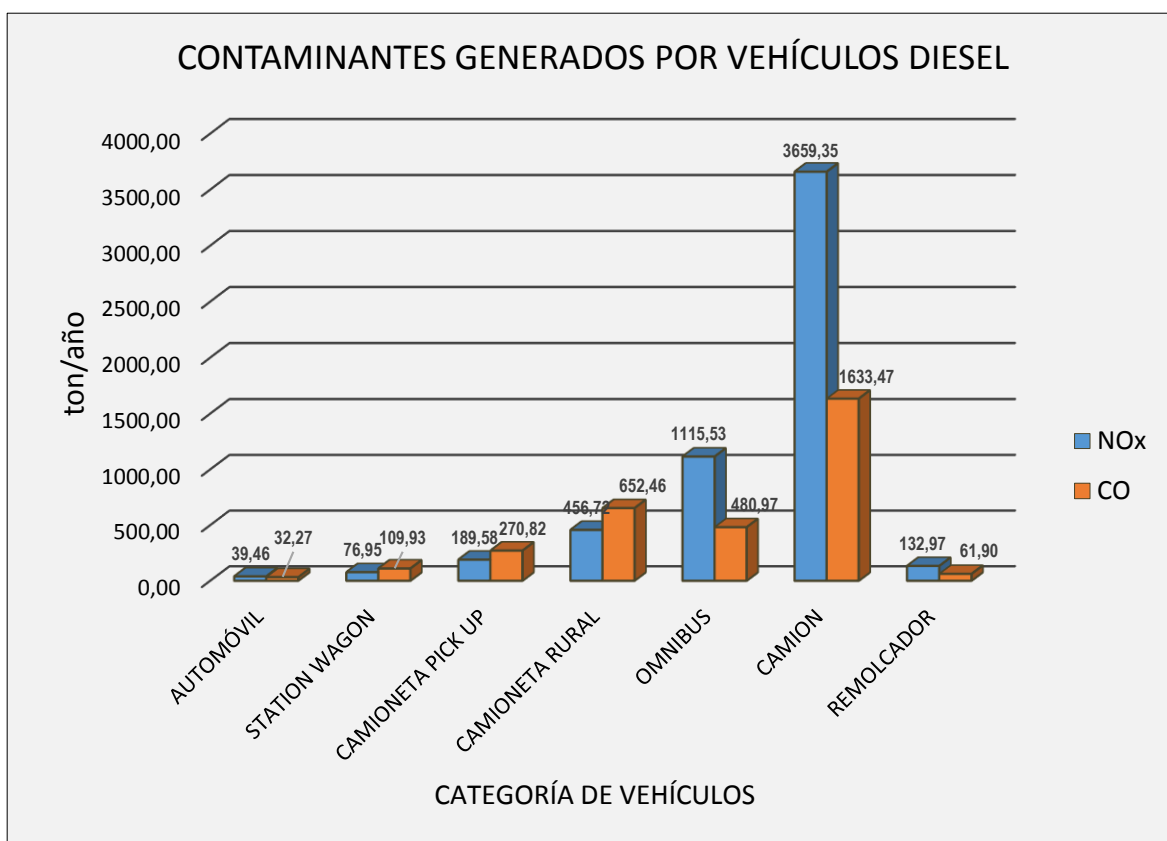
**Tabla N° 4.26 Total de contaminantes generados por vehículos diésel**

CATEGORIA	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV
AUTOMÓVIL	11,27	26,15	39,46	32,27	8,46
STATION WAGON	21,99	51,01	76,95	109,93	16,49
CAMIONETA PICK UP	54,16	125,66	189,58	270,82	40,62
CAMIONETA RURAL	130,49	302,74	456,72	652,46	97,87
OMNIBUS	91,90	173,81	1115,53	480,97	326,00
CAMION	303,74	562,07	3659,35	1633,47	1014,40
REMOLCADOR	10,76	20,09	132,97	61,90	34,53
TOTAL	624,32	1261,54	5670,55	3241,82	1538,36

Fuente: elaboración propia.



**Gráfico N° 4.7 Contaminantes PTS, SO<sub>2</sub> y COV generados por vehículos diésel**



**Gráfico N° 4.8 Contaminantes NOx y CO generados por vehículos diésel**

#### **4.2.3 Contaminantes generados por los vehículos a gas.**

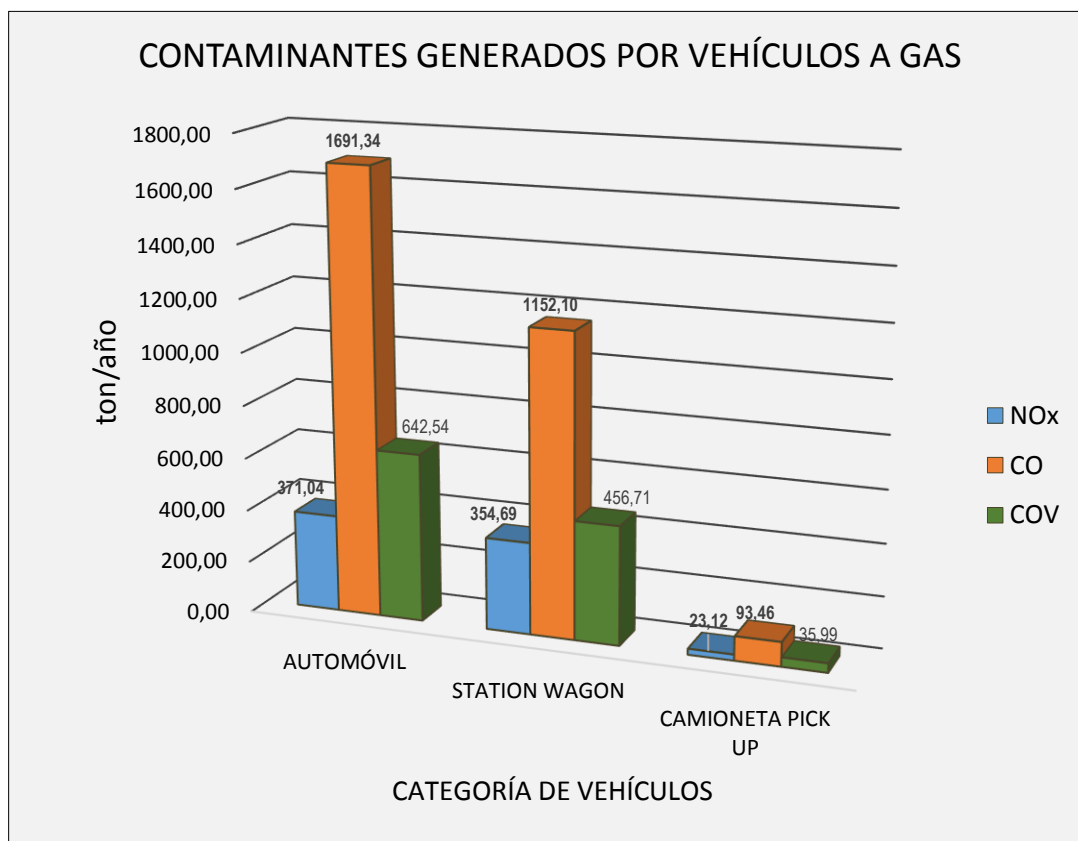
Los vehículos a gas son los que menos contaminan en la ciudad de Huancayo, de un total de 56 286,14 toneladas que se ha emitido el año 2012, los vehículos a gas solo han generados 4 820,99 toneladas lo que representa tan solo un 8,57% del total. De este grupo de vehículos los más contaminantes son los automóviles que generan 2 704,92 toneladas al año siendo el contaminante más generado el monóxido de carbono (CO) con 1 691,34 seguido de los compuestos orgánicos volátiles COV) con 642,54 toneladas. La categoría que le sigue son los station wagons con 1 963,50 toneladas de los cuales el contaminante que más produce es el monóxido de carbono (CO) con 1 152,10 toneladas. Finalmente se encuentran las camionetas pick up que solo generan 152,57 toneladas de los cuales el contaminante más generado es el monóxido de carbono (CO) con 93,46 toneladas por año.

**Tabla N° 4.27 Total de contaminantes generados por vehículos a gas**

CATEGORIA	NOx	CO	COV	TOTAL
AUTOMÓVIL	371,04	1691,34	642,54	2704,92
STATION WAGON	354,69	1152,10	456,71	1963,50
CAMIONETA PICK UP	23,12	93,46	35,99	152,57
TOTAL	748,86	2936,89	1135,24	4820,99

Fuente: elaboración propia.

Este grupo de vehículos no generan contaminantes como las partículas totales en suspensión (PTS), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) ni el plomo (Pb). En los últimos años se está incrementado considerablemente la cantidad de vehículos fundamentalmente por el tema económico debido a que los costos por galón de gas son más barato que la gasolina y que el petróleo.



**Gráfico N° 4.9 Contaminantes generados por vehículos a gas**

### **4.3 Prueba de hipótesis.**

Las hipótesis planteadas en el trabajo de investigación son:

#### **Hipótesis general.**

La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

#### **Hipótesis específicas.**

- a) La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gasolina superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
- b) La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores diésel superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
- c) La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gas superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

Por tratarse de una investigación comparativa corresponde al diseño descriptivo comparativo. Se identifican las variables que se desean comparar; las variables que se han de comparar son las concentraciones de contaminantes del aire de la ciudad de Huancayo conformada por seis diferentes tipos de contaminantes con los que se indican en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

#### **4.3.1 Prueba de hipótesis específica 1.**

La primera hipótesis específica es “la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gasolina superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”. Para probar esta hipótesis, las estimaciones obtenidas las convertimos en las mismas unidades que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, es decir en microgramos por metro cúbico.



**Tabla N° 4.28 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire actualizados**

(NE significa no exceder)

Parámetro	Período	Valor	Vigencia	Formato
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )*	24 horas	80 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2009	Media aritmética
	24 horas	20 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2014	
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )**	Anual	50 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética
	24 horas	150 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2014	NE más de 3 veces/año
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )*	24 horas	50 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética
	24 horas	25 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2014	Media aritmética
Monóxido de carbono**	8 horas	10000 µg/m <sup>3</sup>	23 de junio de 2001	Promedio móvil
	1 hora	30000 µg/m <sup>3</sup>		NE más de 1 vez/año
Dióxido de Nitrógeno**	Anual	100 µg/m <sup>3</sup>	23 de junio de 2001	Promedio aritmético anual
	1 hora	200 µg/m <sup>3</sup>		NE más de 24 veces/año
Plomo**	Mensual	1,5 µg/m <sup>3</sup>	23 de junio de 2001	NE más de 4 veces/año

Fuente: \* Decreto Supremo N° 003-2008 MINAM.

\*\* Decreto Supremo N° 074-2001-PCM.

Los valores Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire dados por el Decreto Supremo N° 003-2008 MINAM y el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM son para diferentes períodos, así se tiene 24 horas para el contaminante dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>); de 8 horas para el monóxido de carbono (CO); mensual para el plomo y así sucesivamente. Para llevar todos estos valores a un período anual, porque los estimados se han realizado para el año, se ha utilizado una regla de tres simple inversa con los datos proporcionados por los

decretos mencionados obteniéndose los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla N° 4.29 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire para períodos anuales**  
(NE significa no exceder)

Parámetro	Período	Valor	Formato
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )*	Anual	40 µg/m <sup>3</sup>	Media aritmética
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )**	Anual	50 µg/m <sup>3</sup>	Media aritmética
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )*	Anual	15 µg/m <sup>3</sup>	Media aritmética
Monóxido de carbono**	Anual	1110 µg/m <sup>3</sup>	Promedio móvil
Dióxido de Nitrógeno**	Anual	100 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético anual
Plomo**	Anual	0,75 µg/m <sup>3</sup>	NE más de 4 veces/año

Fuente: \* Decreto Supremo N° 003-2008 MINAM.

\*\* Decreto Supremo N° 074-2001-PCM.

Los valores proporcionados en la tabla se encuentran en microgramos por metro cúbico. Para comparar con las estimaciones obtenidas se debe realizar la conversión a estas unidades para lo cual falta sólo el volumen. Se utiliza el volumen, considerando la ciudad rectangular con cierta altura, la turbulencia atmosférica y el viento produce la dispersión, esta turbulencia y vientos más fuertes que evitan que la concentración del contaminante sea uniforme en el volumen completo de aire que está sobre la ciudad, está por encima de los 30 metros. Para realizar el cálculo y ser más rigurosos se considera el volumen con un largo de 4 km, un ancho de 2 km y una altura de 0,03 km (30 metros) que da un volumen de 0,24 km<sup>3</sup>.

Se utiliza las equivalencias 1 Tonelada métrica =  $10^{12}$  microgramos; 1 kilómetro al cubo =  $10^9$  metros cúbicos. Con estos datos se realizan los cálculos y se tienen las concentraciones estimadas en microgramos por metro cúbico. Así para el primer valor de 22,07 Toneladas métricas de PTS, que generan los 5 819 automóviles a gasolina; se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{22,07 \text{ m ton}}{(5819) 0,24 \text{ km}^3} = \frac{22,07 (10^{12}) \mu g}{(5819)(0,24)10^9 \text{ m}^3} = 15,80 \frac{\mu g}{\text{m}^3}$$

Para el siguiente valor de 15,30 toneladas métricas de PTS que generan los 4 990 Station Wagons a gasolina; se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{15,30 \text{ m ton}}{(4990) 0,24 \text{ km}^3} = \frac{15,30 (10^{12}) \mu g}{(4990)(0,24)10^9 \text{ m}^3} = 12,78 \frac{\mu g}{\text{m}^3}$$

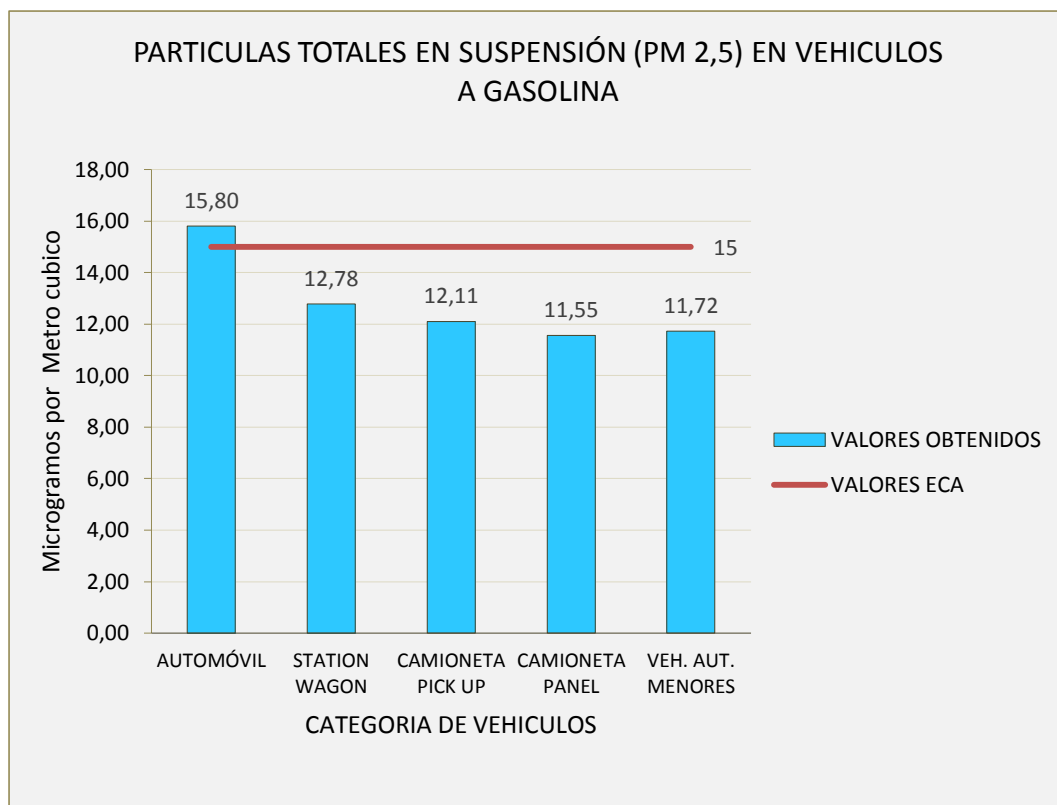
El mismo procedimiento se realiza para los demás valores que tienen los contaminantes generados por los vehículos a gasolina, considerándose el doble del volumen para el contaminante óxido de nitrógeno por el recorrido que hacen los vehículos. Obteniéndose:

**Tabla N° 4.30 Contaminantes generados por vehículos a gasolina en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

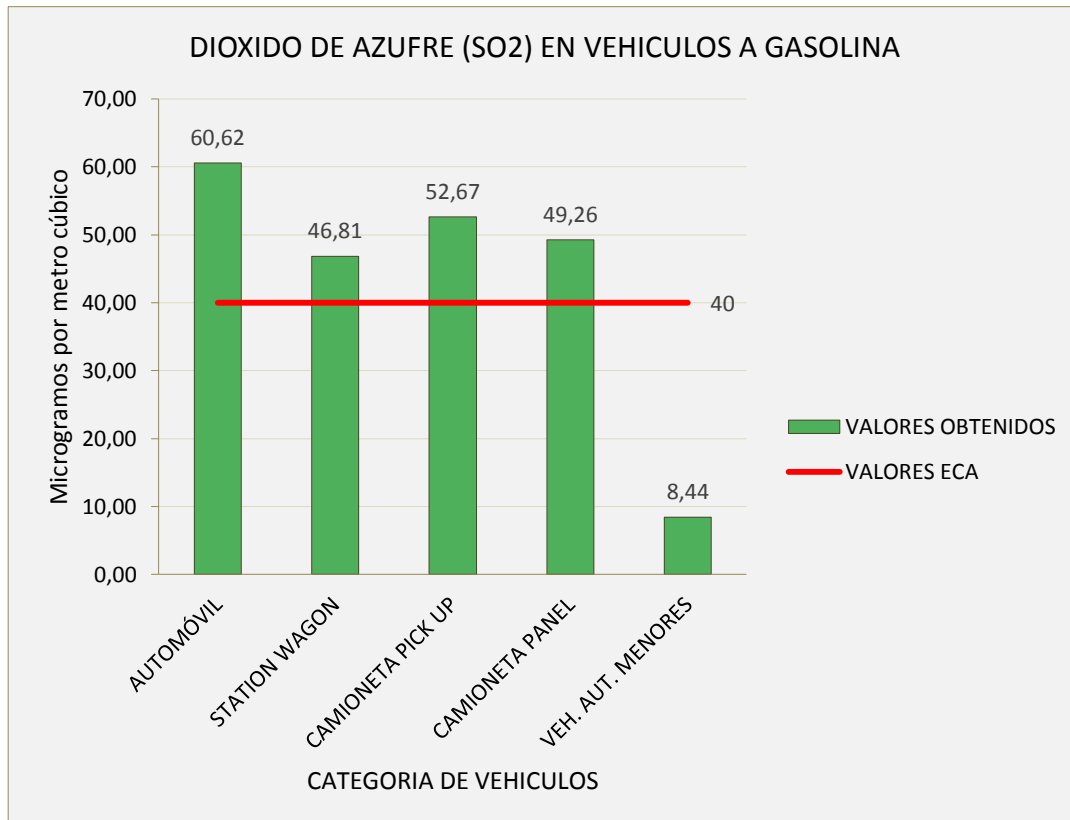
CATEGORIA	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	Pb
AUTOMÓVIL	15,80	60,62	71,30	1336,27	167,40	2,43
STATION WAGON	12,78	46,81	80,54	1582,72	204,29	2,21
CAMIONETA PICK UP	12,11	52,67	123,12	1996,58	249,40	3,45
CAMIONETA PANEL	11,55	49,26	53,53	617,50	62,01	0,51
VEH. AUT. MEN.	11,72	8,44	5,67	2032,30	1377,69	0,21

Fuente: Elaboración propia.

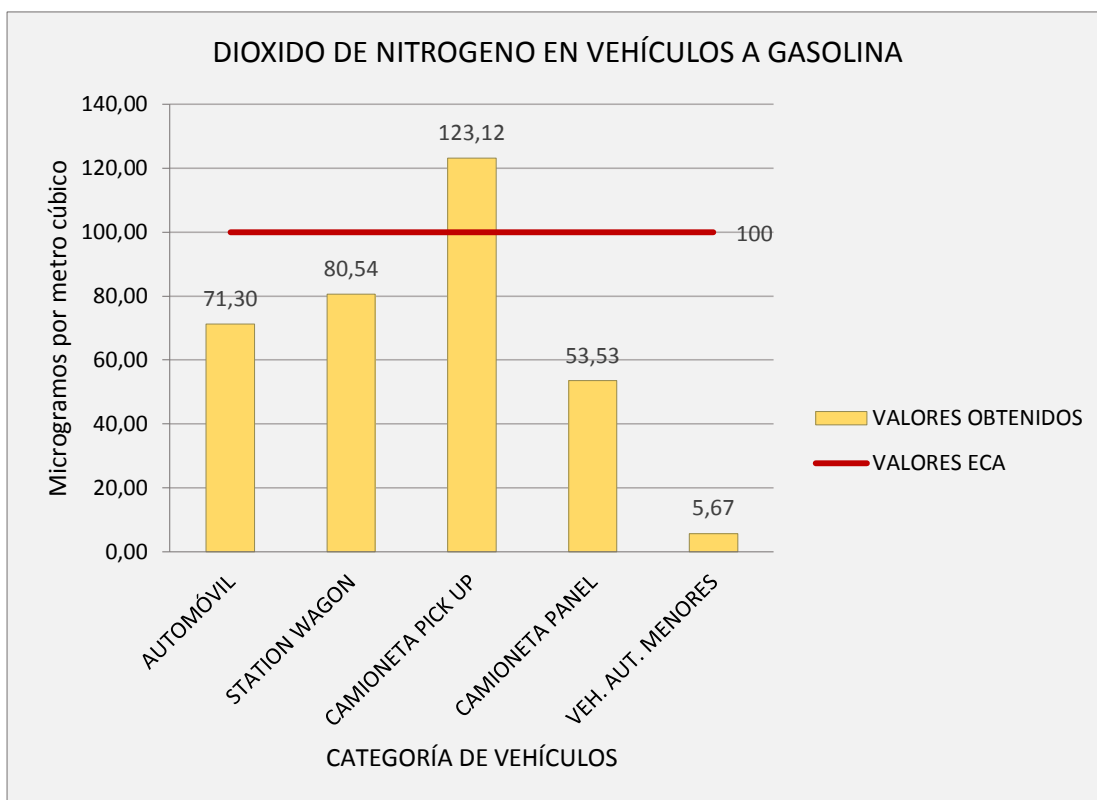
Para la primera hipótesis específica planteada, se compara los valores indicados en la tabla N° 4.29 con los valores obtenidos de la tabla 4.30. Para visualizar mejor la diferencia se realizan los siguientes gráficos.



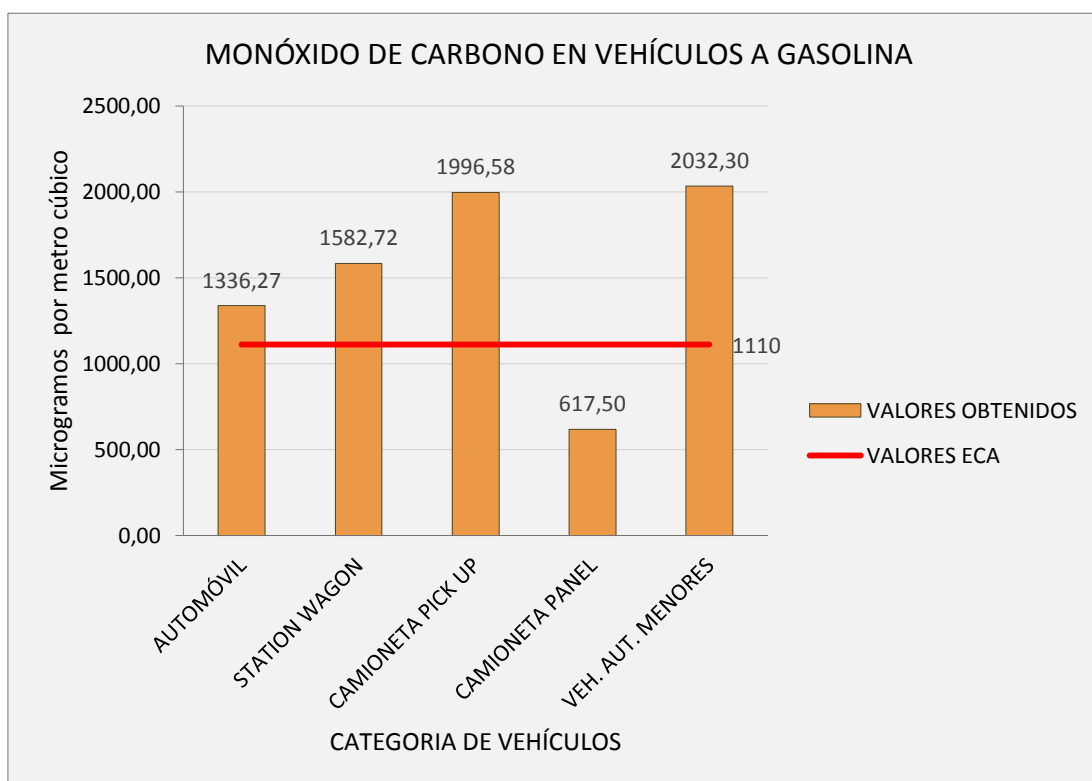
**Gráfico N° 4.10 PTS en vehículos a gasolina**



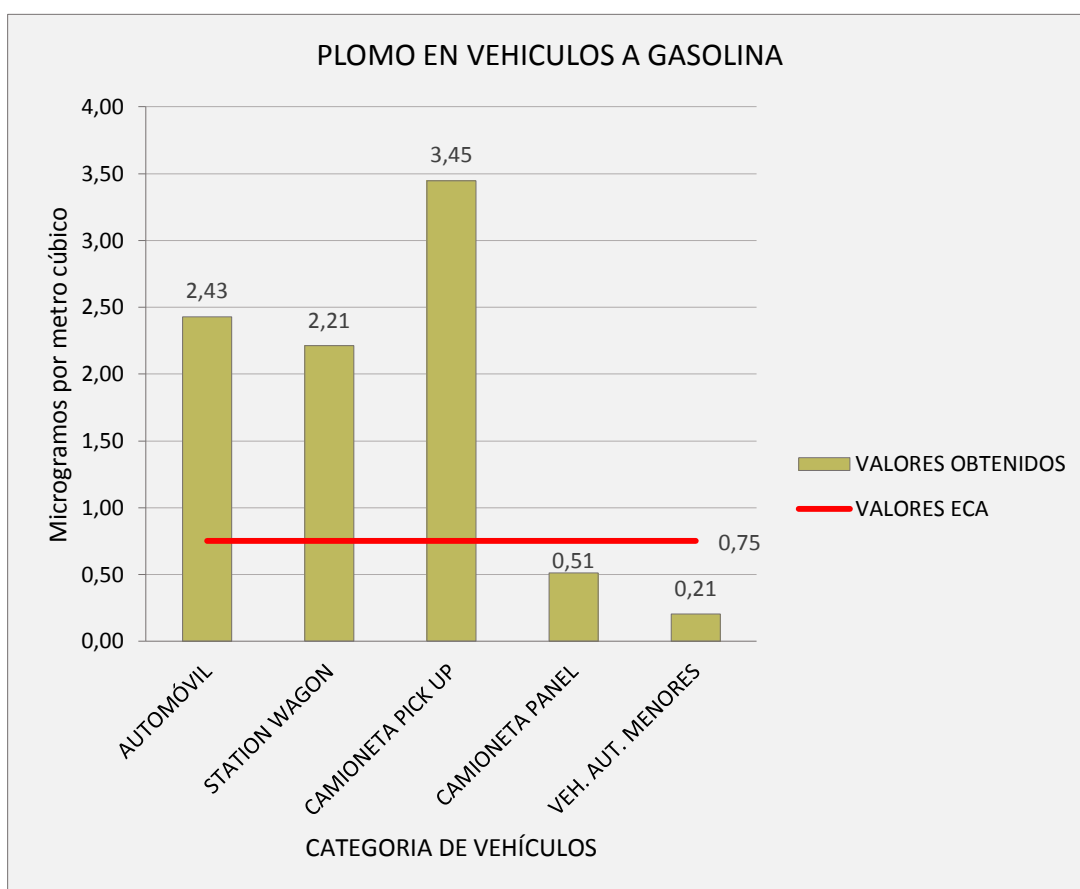
**Gráfico N° 4.11 Dióxido de azufre en vehículos a gasolina**



**Gráfico N° 4.12 Dióxido de nitrógeno en vehículos a gasolina**



**Gráfico N° 4.13 Monóxido de carbono en vehículos a gasolina**



**Gráfico N° 4.14 Plomo en vehículos a gasolina**

Del análisis de las tablas N° 4.29; N° 4.30 y de los gráficos N° 4.10 a N° 4.14 se puede concluir que se acepta la hipótesis 1 “la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gasolina superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” a excepción de los contaminantes partículas totales en suspensión.

#### **4.3.2 Prueba de hipótesis específica 2.**

La segunda hipótesis específica es “La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores diésel superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”. Para probar esta hipótesis se sigue el mismo procedimiento que para la primera hipótesis, las estimaciones

obtenidas se han convertido en las mismas unidades que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, es decir en microgramos por metro cúbico.

Se utiliza las equivalencias 1 Tonelada métrica =  $10^{12}$  microgramos; 1 kilómetro al cubo =  $10^9$  metros cúbicos. Con estos datos se realizan los cálculos y se tienen las concentraciones estimadas en microgramos por metro cúbico. Así para el primer valor de 11,27 Toneladas métricas de PTS, que generan los 1 205 automóviles diésel; se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{11,27 \text{ m ton}}{(1205) 0,24 \text{ km}^3} = \frac{11,27 (10^{12}) \mu g}{(1205)(0,24)10^9 \text{ m}^3} = 38,98 \frac{\mu g}{\text{m}^3}$$

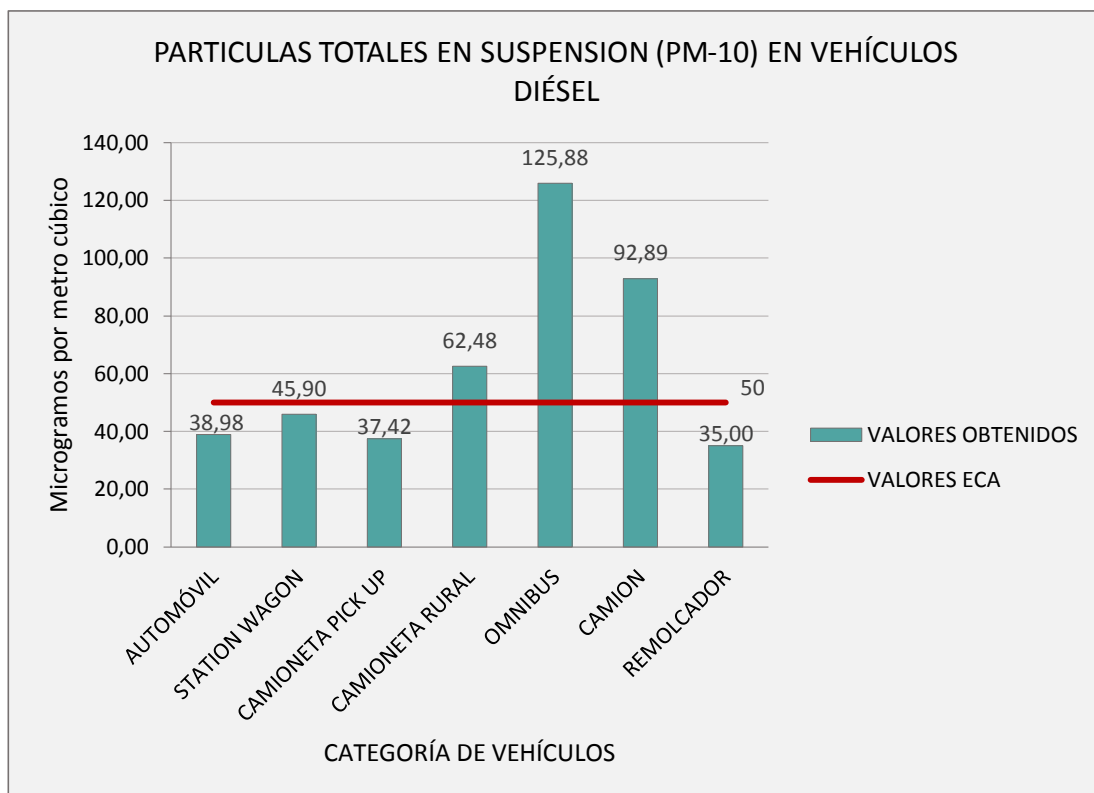
Se repite el mismo procedimiento indicado en el ítem 4.3.1. para los demás valores que tienen los contaminantes generados por los vehículos diésel, obteniéndose la siguiente tabla.

**Tabla N° 4.31 Contaminantes generados por vehículos diésel en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

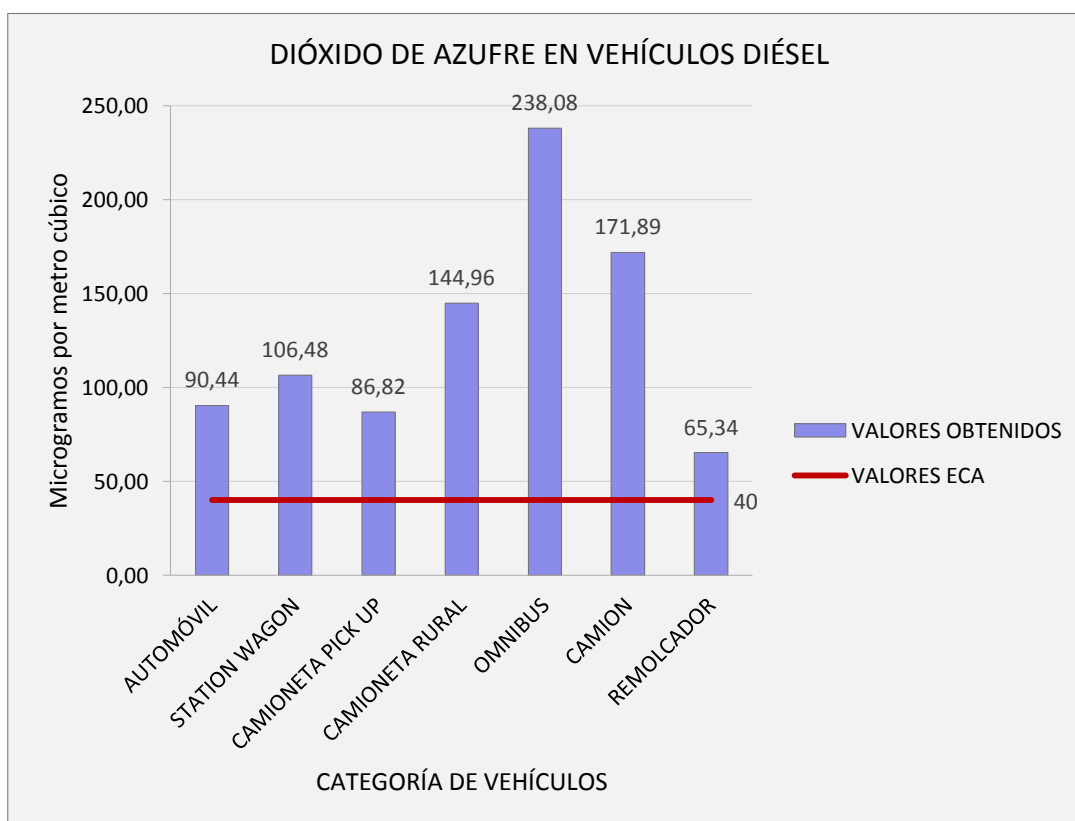
CATEGORIA	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV
AUTOMÓVIL	38,98	90,44	68,22	111,59	29,24
STATION WAGON	45,90	106,48	80,32	229,48	34,42
CAMIONETA PICK UP	37,42	86,82	65,49	187,10	28,07
CAMIONETA RURAL	62,48	144,96	109,34	312,41	46,86
OMNIBUS	125,88	238,08	509,32	658,78	446,53
CAMION	92,89	171,89	373,02	499,53	310,21
REMOLCADOR	35,00	65,34	144,17	201,35	112,30

Fuente: Elaboración propia.

Para la segunda hipótesis específica planteada, se compara los valores indicados en la tabla N° 4.29 con los valores obtenidos de la tabla 4.31. Para visualizar mejor la diferencia se realizan los siguientes gráficos.

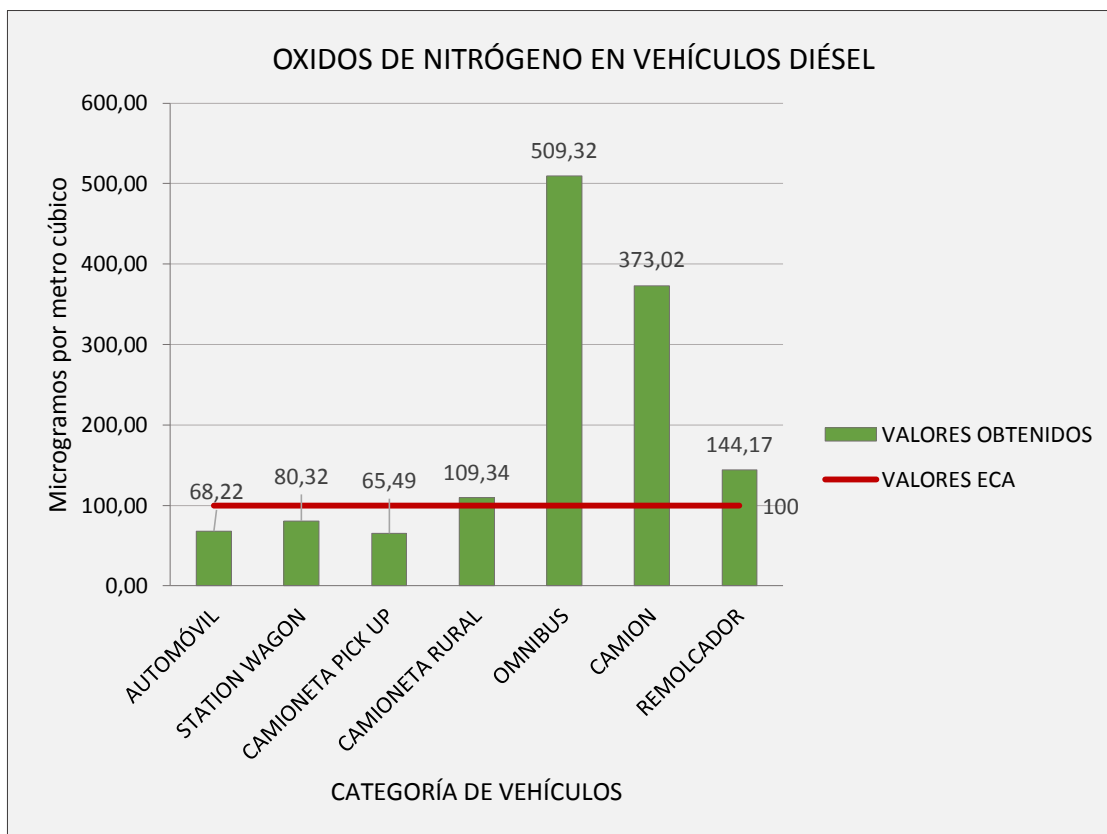


**Gráfico N° 4.15 PTS en vehículos diésel**

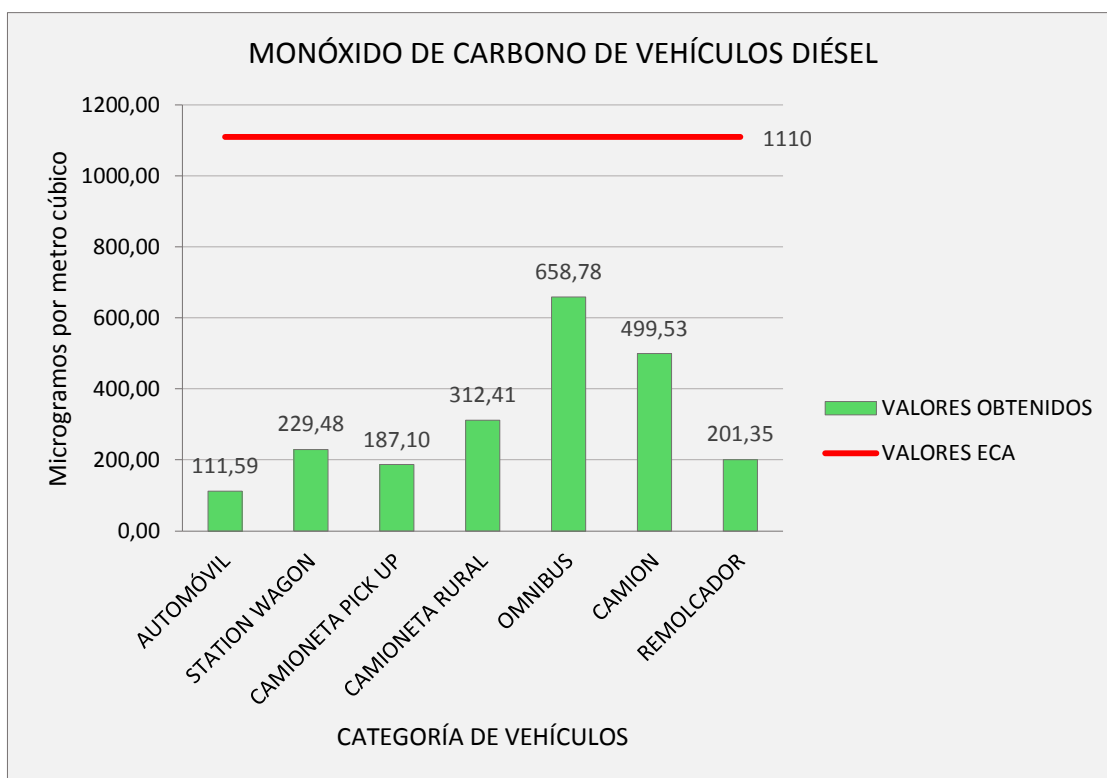


**Gráfico N° 4.16 Dióxido de azufre en vehículos diésel**





**Gráfico N° 4.17 Óxidos de nitrógeno en vehículos diésel**



**Gráfico N° 4.18 Monóxido de carbono en vehículos diésel**

Del análisis de las tablas N° 4.29; N° 4.31 y de los gráficos N° 4.15 a N° 4.18 se puede concluir que se acepta la hipótesis 2 “La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores diésel superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” a excepción del contaminante monóxido de carbono.

#### 4.3.3 Prueba de hipótesis específica 3.

La tercera hipótesis específica es “La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gas superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”. Para probar esta hipótesis, las estimaciones obtenidas se han convertido en las mismas unidades que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, es decir en microgramos por metro cúbico.

Se utiliza las equivalencias 1 Tonelada métrica =  $10^{12}$  microgramos; 1 kilómetro al cubo =  $10^9$  metros cúbicos. Con estos datos se realizan los cálculos y se tienen las concentraciones estimadas en microgramos por metro cúbico. Así para el primer valor de 371,04 Toneladas métricas de óxidos de nitrógeno, que generan los 11034 automóviles a gas; se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{371,04 \text{ m ton}}{(11034) 0,24 \text{ km}^3} = \frac{371,04 (10^{12}) \mu g}{(11034)(0,24)10^9 \text{ m}^3} = 140,11 \frac{\mu g}{\text{m}^3}$$

El mismo procedimiento se realiza para los demás valores que tienen los contaminantes generados por los vehículos a gasolina; obteniéndose la siguiente tabla.

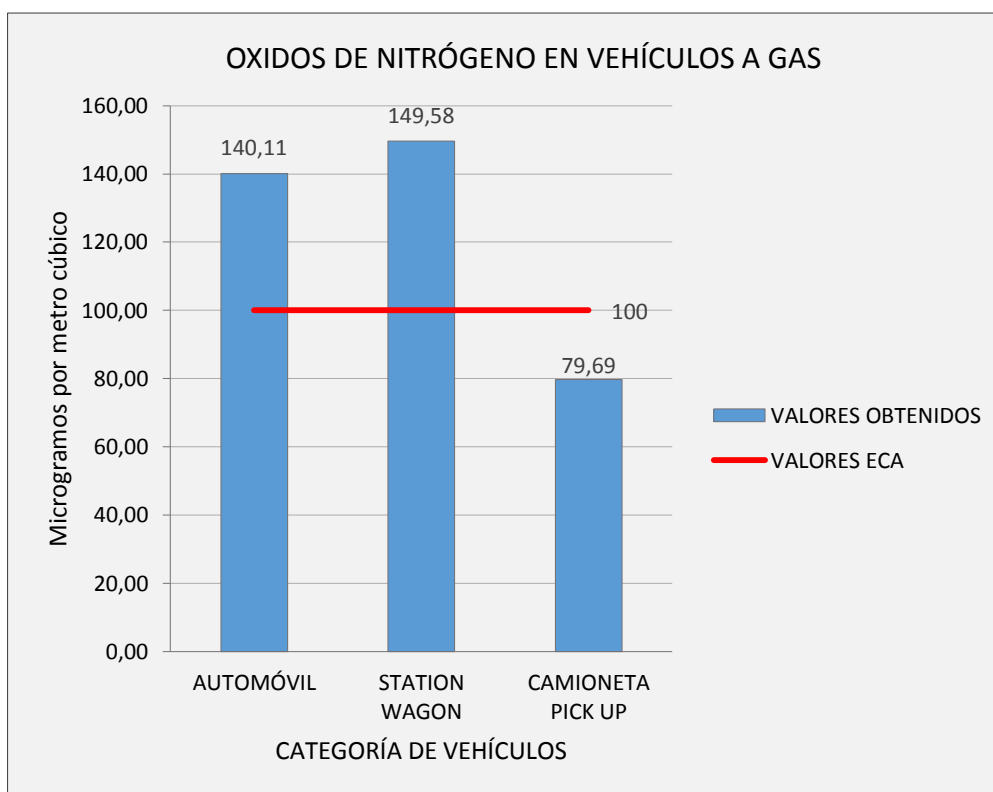
**Tabla N° 4.32 Contaminantes generados por vehículos a gas en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

CATEGORIA	NO <sub>x</sub>	CO	COV
AUTOMÓVIL	140,11	638,68	242,64
STATION WAGON	149,58	728,77	288,90
CAMIONETA PICK UP	79,69	322,09	124,05

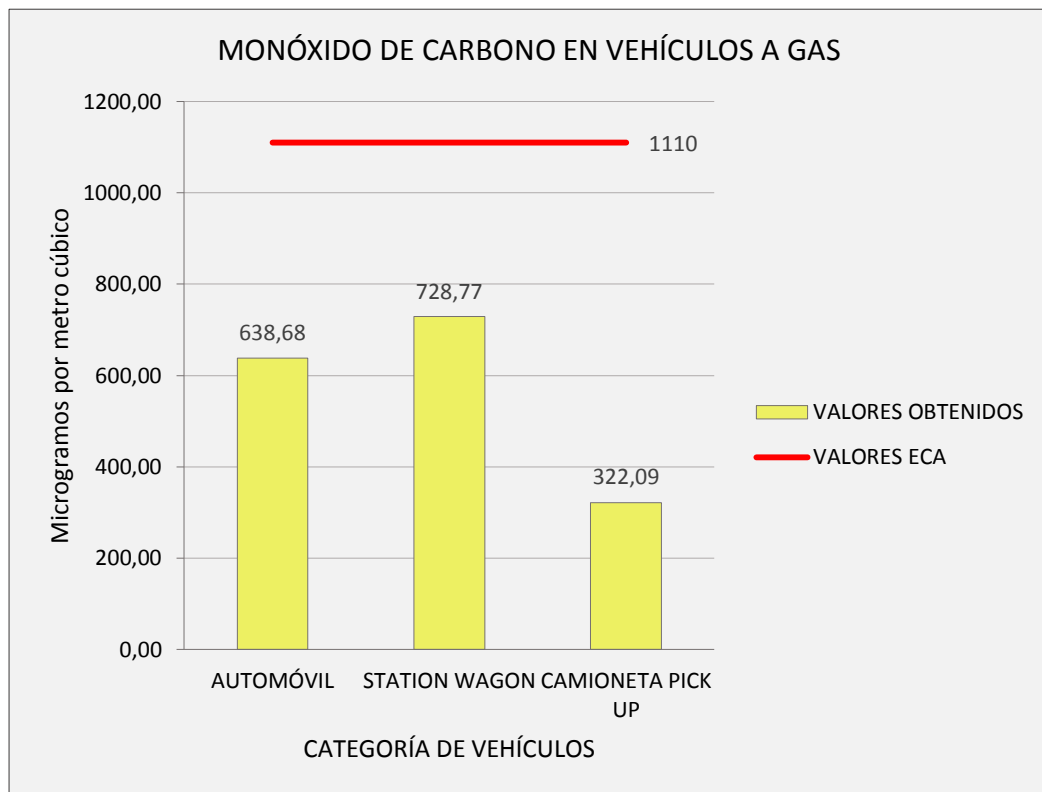
Fuente: Elaboración propia.

Para la tercera hipótesis específica planteada, se compara los valores indicados en la tabla N° 4.29 con los valores obtenidos de la tabla 4.32.

Para visualizar mejor la diferencia se realizan los siguientes gráficos.



**Gráfico N° 4.19 Óxidos de nitrógeno en vehículos a gas**



**Gráfico N° 4.20 Monóxido de carbono en vehículos a gas**

Del análisis de las tablas N° 4.29; N° 4.32 y de los gráficos N° 4.19 y N° 4.20 se puede concluir que se acepta la hipótesis 3 “La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gas superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” a excepción del contaminante monóxido de carbono.

**Tabla N° 4.33 Concentración de contaminantes por tipo de combustible en µg/m³**

CONTAMINANTE	GASOLINA	DIÉSEL	GAS
PTS	12,29	72,50	0,00
SO <sub>2</sub>	20,15	146,49	0,00
NO <sub>x</sub>	51,80	658,47	165,71
CO	1903,95	376,44	649,87
COV	1072,31	178,64	251,20
Pb	0,80	0,00	0,00

Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra el resumen de la concentración de contaminantes por tipo de combustible que generan los vehículos que transitan en la ciudad de Huancayo. Se muestra que una mayor concentración de los contaminantes PTS, SO<sub>2</sub> y NOX son generados por los vehículos a motor diésel; la mayor concentración de contaminantes CO y COV son generados por los vehículos a gasolina. Los vehículos a gas son los que generan una menor concentración de contaminantes.

#### 4.3.4 Prueba de hipótesis general.

La hipótesis general es “La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”. Para probar esta hipótesis, las estimaciones obtenidas las convertimos en las mismas unidades que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, es decir en microgramos por metro cúbico.

Se utiliza las equivalencias 1 Tonelada métrica = 10<sup>12</sup> microgramos; 1 kilómetro al cubo = 10<sup>9</sup> metros cúbicos. Con estos datos se realizan los cálculos y se tienen las concentraciones estimadas en microgramos por metro cúbico. Así para el primer valor de 781,34 toneladas métricas de PTS, que generan los 89 139 vehículos (los vehículos a gasolina y los vehículos diésel); se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{781,34 \text{ m ton}}{(89139) 0,24 \text{ km}^3} = \frac{781,34 (10^{12}) \mu g}{(89139)(0,24)10^9 \text{ m}^3} = 36,52 \frac{\mu g}{\text{m}^3}$$

Para el siguiente valor de 1 519,10 toneladas métricas de SO<sub>2</sub> que generan los 89 139 vehículos; se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{1519,10 \text{ m ton}}{(89139) 0,24 \text{ km}^3} = \frac{1519,10 (10^{12}) \mu g}{(89139)(0,24)10^9 \text{ m}^3} = 71,01 \frac{\mu g}{\text{m}^3}$$

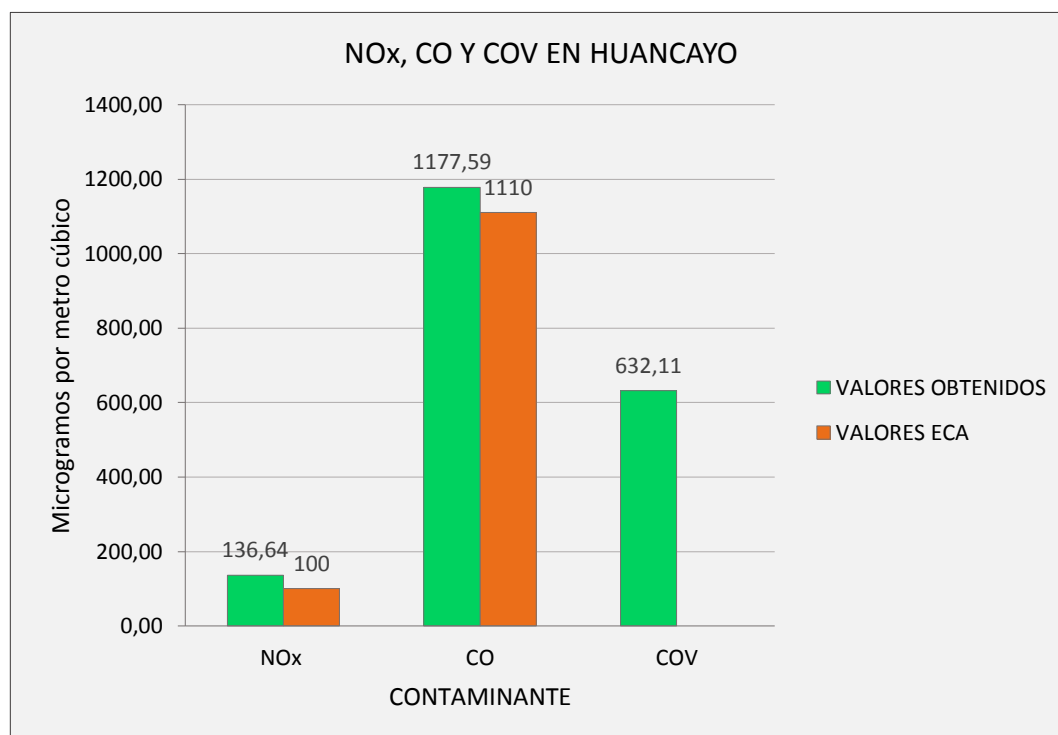
El mismo procedimiento se realiza para los demás valores que tienen los contaminantes generados por los vehículos en Huancayo, obteniéndose la siguiente tabla

**Tabla N° 4.34 Contaminantes generados por las fuentes móviles en Huancayo en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

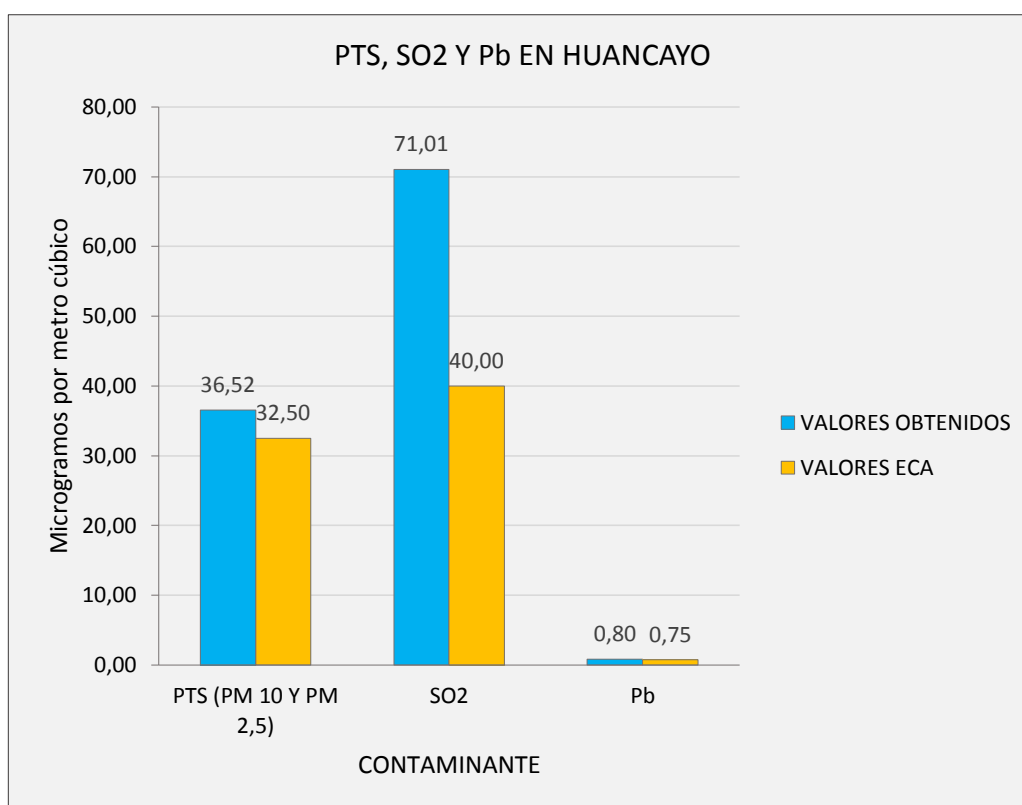
CONTAMINANTE	TON. METR.	NRO. VEHIC.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (obten.)	ECA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
PTS (PM 10 Y PM 2,5)	781,34	89139	36,52	32,5
SO <sub>2</sub>	1519,10	89139	71,01	40
NO <sub>x</sub>	7081,53	107969	136,64	100
CO	30514,40	107969	1177,59	1110
COV	16379,58	107969	632,11	
Pb	10,19	53257	0,80	0,75

Fuente: Elaboración propia.

Para el valor ECA de las PTS se ha considerado el promedio de los valores de las PM-10 del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y las PM-2,5 del anexo del Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM calculado al período anual. Con los datos de la tabla N° 4.29 y tabla N° 4.33 se pueden construir las siguientes gráficas para realizar la comparación respectiva.



**Gráfico N° 4.21 NO<sub>x</sub>, CO y COV en Huancayo**



**Gráfico N° 4.22 PTS, SO<sub>2</sub> y Pb en Huancayo**

Para realizar la prueba de hipótesis estadística se ha considerado la siguiente hipótesis nula.

Ho: “La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles no superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”

**Tabla N° 4.35 Hipótesis nula por contaminante**

CONTAMINANTE	HIPÓTESIS NULA
PTS	$\mu_{01} \leq 32,50 \text{ ug/m}^3$
SO <sub>2</sub>	$\mu_{02} \leq 40,00 \text{ ug/m}^3$
NO <sub>x</sub>	$\mu_{03} \leq 100,00 \text{ ug/m}^3$
CO	$\mu_{04} \leq 1110,00 \text{ ug/m}^3$
Pb	$\mu_{05} \leq 0,75 \text{ ug/m}^3$

Fuente: Elaboración propia.

Como hay Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire para 5 tipos de contaminantes se han tenido 5 hipótesis nulas, una para cada tipo de contaminantes, como se muestra en la tabla 4.35.

Y la hipótesis alterna o de investigación:

Hi: “La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”

**Tabla N° 4.36 Hipótesis de investigación por contaminante**

CONTAMINANTE	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN
PTS	$\mu_{i1} > 32,50 \text{ ug/m}^3$
SO <sub>2</sub>	$\mu_{i2} > 40,00 \text{ ug/m}^3$
NO <sub>x</sub>	$\mu_{i3} > 100,00 \text{ ug/m}^3$
CO	$\mu_{i4} > 1110,00 \text{ ug/m}^3$
Pb	$\mu_{i5} > 0,75 \text{ ug/m}^3$

Fuente: Elaboración propia.

Para los 5 tipos de contaminantes, con un nivel de significancia del 5% y a una cola se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  si el Z calculado es mayor o igual a 1,88 (valor sacado de la tabla de distribución normal). Se calcula el valor de Z mediante la siguiente expresión:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad \dots \dots (4.1)$$

Donde:

$\bar{X}$  : Es la media por cada tipo de contaminante.

$\mu_0$  : Es el valor ECA por tipo de contaminante

$\sigma$  : Es la desviación estándar por cada tipo de contaminante

$n$  : Es el tamaño de la muestra que es de 539

Reemplazando valores en la fórmula (4.1) se obtiene el Z calculado para cada tipo de contaminante que se muestra en la siguiente tabla.



**Tabla N° 4.37 Valor de Z calculado por tipo de contaminante**

CONTAMINANTE	PTS	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pb
Promedio X	36,52	71,01	136,64	1177,59	0,80
$\mu_0$ (valor ECA)	32,50	40,00	100,00	1110,00	0,75
Desviación Estándar	38,80	79,40	322,45	814,53	0,46
n tamaño muestra	539	539	539	539	539
Valor de Z calculado	2,41	9,07	2,64	1,93	2,38
Z tabular con $\alpha=3\%$	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88

Fuente: Elaboración propia.

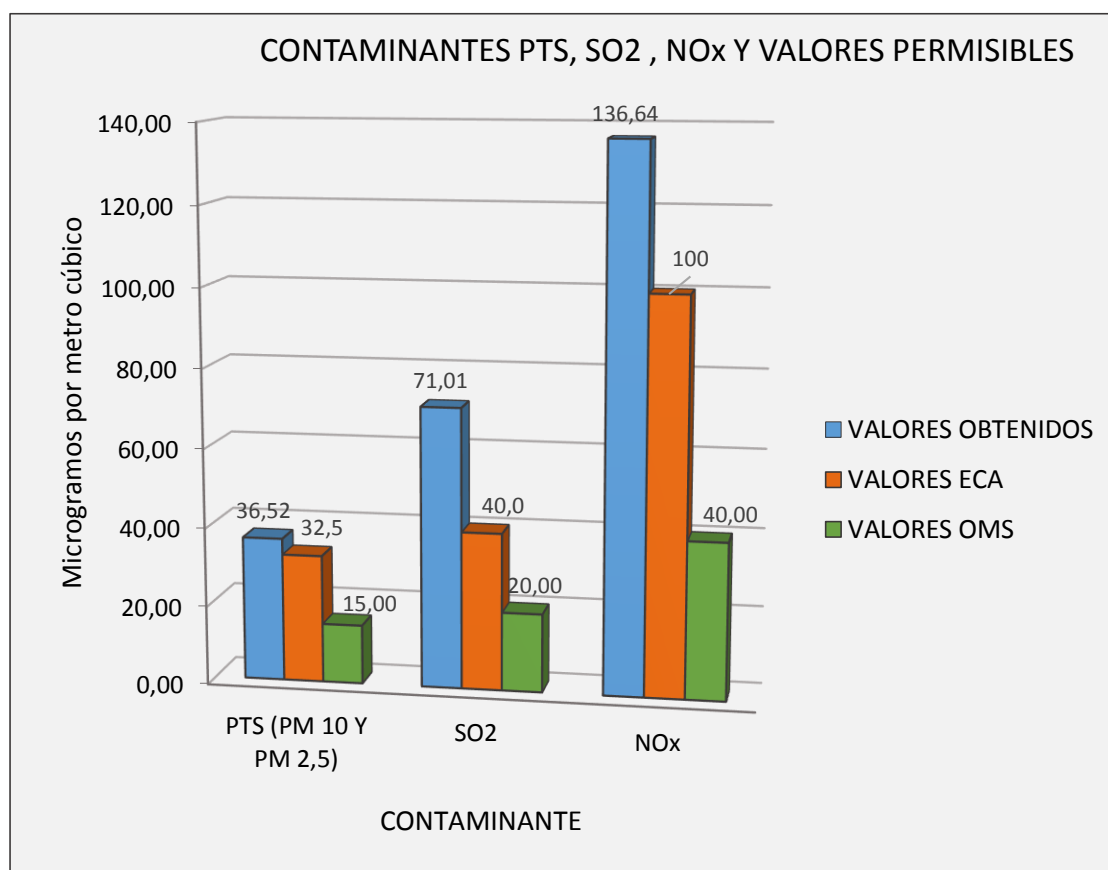
Del análisis de la tabla N° 4.34; de los gráficos N° 4.21 y N° 4.22; y de la tabla N° 4.37 donde el Z calculado es mayor que el Z tabular por cada tipo de contaminante, por lo que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , se puede concluir que se acepta la hipótesis de investigación “La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”.

#### **4.4 Discusión de resultados.**

Los medios de transporte originan contaminantes primarios y denominan contaminantes primarios a aquellos agentes que se emiten de forma directa a la atmósfera; destacando entre estos contaminantes primarios al monóxido de carbono (CO), a los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), a los óxidos de azufre especialmente al SO<sub>2</sub>, los hidrocarburos y las partículas totales en suspensión (PTS); mostrando que a mayor cantidad de vehículos mayor será la emisión de contaminantes. (Orozco, Perez, Gonzales, & Rodriguez, 2003). Así mismo, las principales fuentes de contaminación del aire que respiramos son las actividades industriales, los procesos de manufactura, la quema de basura y principalmente los vehículos de motor utilizados para transporte público, escolar y particular. Cuando los gases y humos generados por tales fuentes se liberan al aire, no desaparecen sino que ocasionan un grave problema de contaminación, especialmente cuando quedan atrapados, como sucede

cuando hay “inversión térmica”; estos gases y humos contienen contaminantes, que son compuestos químicos que quedan diseminados en los ecosistemas actuando como sustancias nocivas. (Gordillo, 1995).

El primer contaminante evaluado son las partículas totales en suspensión lo que se ha obtenido es una concentración de 36,52 microgramos por metro cúbico y el valor máximo permisible dado por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire es de 32,5 microgramos por metro cúbico en promedio, si bien se tiene una diferencia de 4,02 microgramos que representa un 12,37% más de lo permisible; se vuelve más significativo si se compara con los valores permitidos por la Organización Mundial de la Salud que en promedio indica un valor máximo de 15 microgramos por metro cúbico.

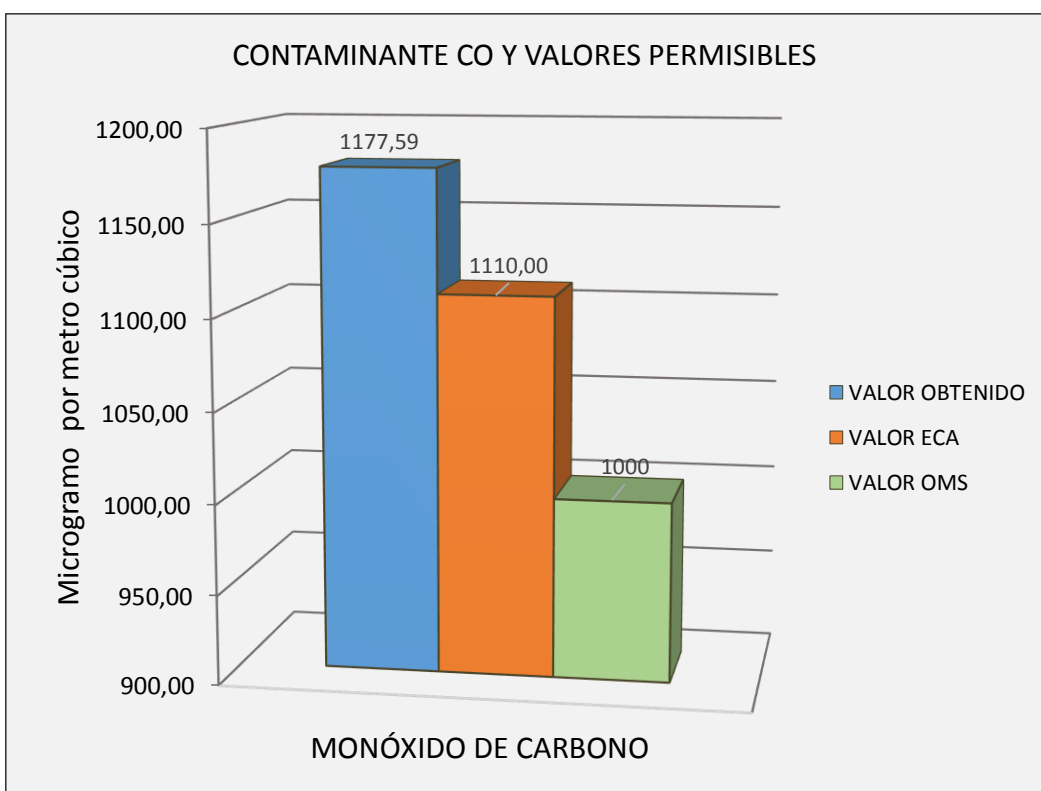


**Gráfico N° 4.23 Contaminantes PTS, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y valores permisibles**

El segundo contaminante evaluado es el dióxido de azufre, lo que se ha obtenido es una concentración de 71,01 microgramos por metro cúbico y el valor máximo permisible dado por los Estándares Nacionales de Calidad

Ambiental del Aire es de 40,0 microgramos por metro cúbico, se tiene una diferencia de 31.01 microgramos que representa un 72,52% más de lo permisible; se vuelve más significativo si se compara con los valores permitidos por la Organización Mundial de la Salud que en promedio indica un valor máximo de 20 microgramos por metro cúbico.

El tercer contaminante evaluado son los óxidos de nitrógeno lo que se ha obtenido es una concentración de 136,64 microgramos por metro cúbico y el valor máximo permisible dado por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire es de 100 microgramos por metro cúbico, la concentración de este tipo de contaminantes es más del 36,64% de lo permisible a nivel nacional y más de tres veces el valor permitido si se compara con los valores de la Organización Mundial de la Salud que indica un valor máximo de 40 microgramos por metro cúbico.

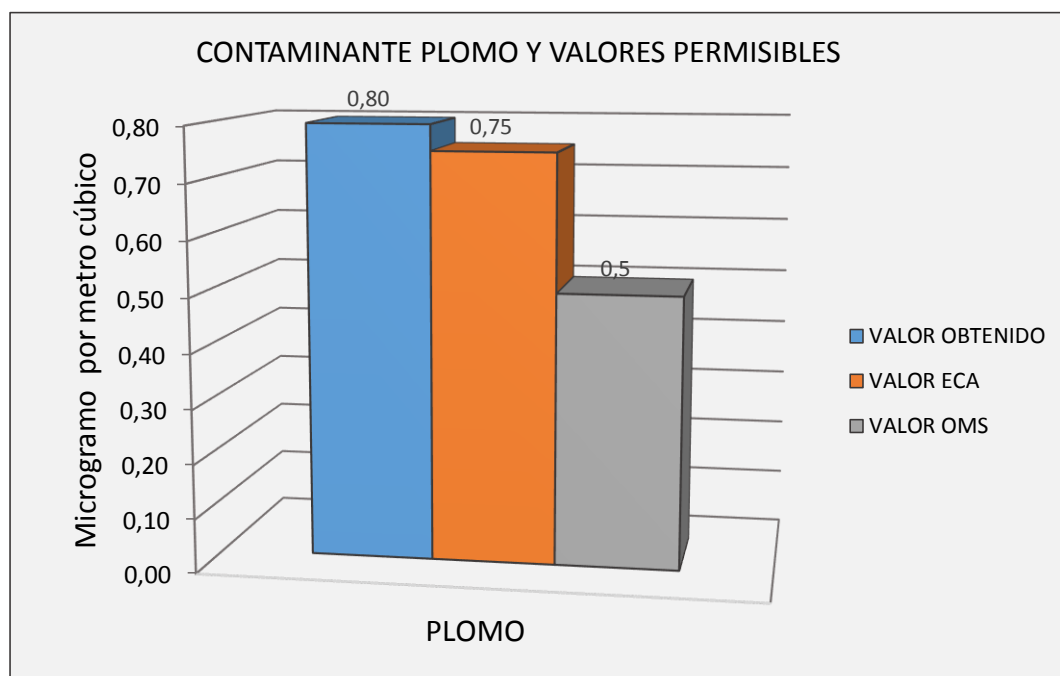


**Gráfico N° 4.24 Contaminante CO y valores permisibles**

El cuarto contaminante evaluado es el monóxido de carbono, lo que se ha obtenido es una concentración de 1 177,59 microgramos por metro cúbico y el valor máximo permisible dado por los Estándares Nacionales de Calidad

Ambiental del Aire es de 1 110,0 microgramos por metro cúbico en promedio, se tiene una diferencia de 67,59 microgramos que representa un 6,09% más de lo permisible; y 17,75% más de lo que indica el valor máximos de la Organización Mundial de la Salud que es de 1 000 microgramos por metro cúbico.

El quinto contaminante evaluado son los compuestos orgánicos volátiles, lo que se ha obtenido es una concentración de 632,11 microgramos por metro cúbico, no se encuentra información sobre los valores permisibles dado por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire ni de la Organización Mundial de la Salud. El último contaminante evaluado es el plomo, lo que se ha obtenido es una concentración de 0,80 microgramos por metro cúbico y el valor máximo permisible dado por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire es de 0,75 microgramos por metro cúbico en promedio, se tiene una diferencia de 0,05 microgramos que representa un 6,67% más de lo permisible y 0,30 microgramos más de lo que permite la Organización Mundial de la Salud que es de a 0,50 microgramos.



**Gráfico N° 4.25 Contaminantes plomo y valores permisibles**

## **CAPITULO V**

### **APORTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **5.1 Aportes teóricos.**

**Tabla Nº 5.1 Crecimiento del parque automotor de Huancayo 2001-2012.**

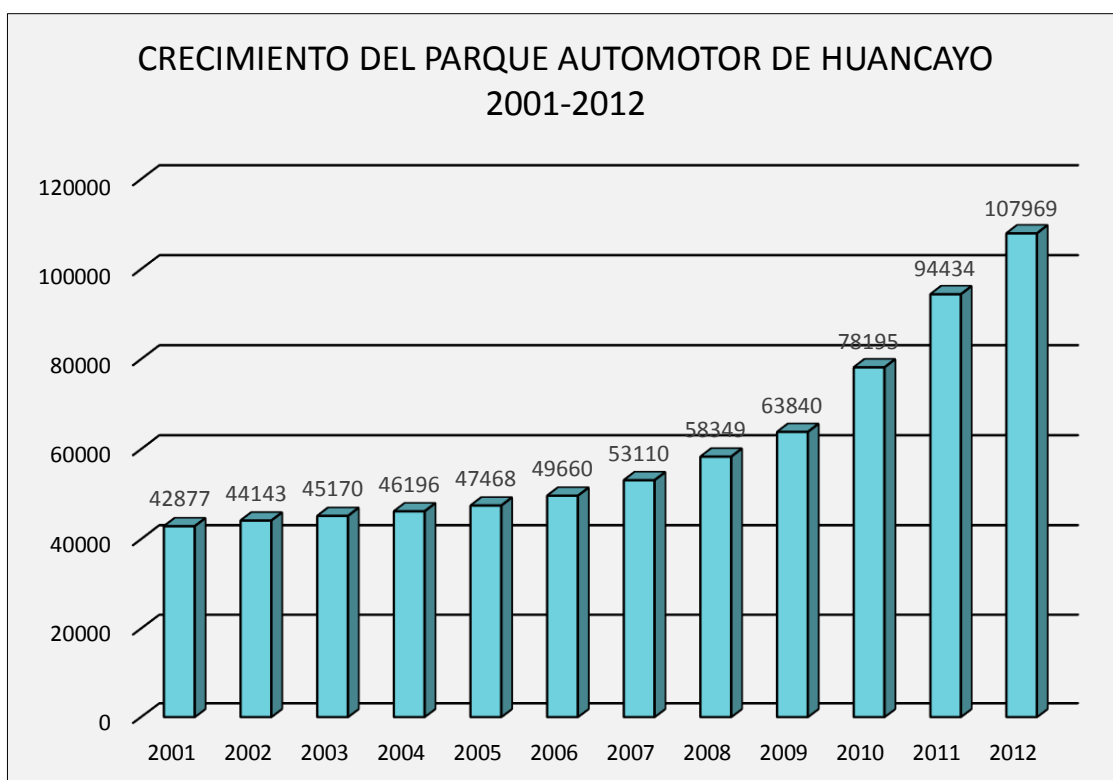
PARQUE AUTOMOTOR	
AÑO	UNIDADES
2001	42877
2002	44143
2003	45170
2004	46196
2005	47468
2006	49660
2007	53110
2008	58349
2009	63840
2010	78195
2011	94434
2012	107969

Fuente: Superintendencia Nacional de Registros Públicos - Junín

Las fuentes móviles de contaminación representadas por el parque automotor de la ciudad de Huancayo a Diciembre del 2012, fue de 107 969 vehículos, sin considerar los remolques ni los semirremolques, ya que éstos vehículos solo son jalados por los remolcadores. El crecimiento de este parque

automotor es acelerado debido a que para el año 2001 se tenía solamente un total de 42 877, para el año siguiente 2002 un total de 44 143 vehículos y para el año 2011 un total de 94 434 vehículos.

De este total de vehículos de 107 969 unidades que se tiene a Diciembre del 2012 los tres tipos más numerosos son los vehículos automotores menores constituidos por las motocicletas y moto taxis con 39 519 unidades que representa el 36,60%; los automóviles con 18 058 unidades que representa el 16,72% y los camiones con 13 625 unidades que representa el 12,62%.



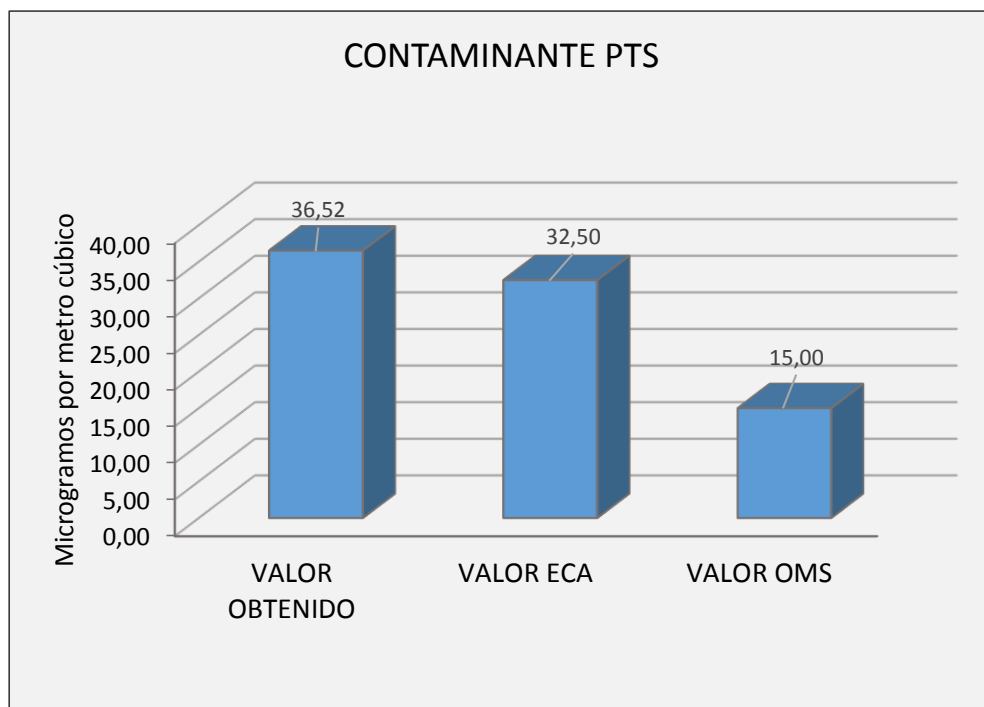
**Gráfico 5.1 Crecimiento del parque automotor de Huancayo 2001-2012**

#### **5.1.1 Contaminante PTS.**

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Las partículas totales en suspensión incluyen a las de 10 micrones de diámetro, o menos ( $\leq$  PM10), que pueden penetrar y alojarse en el interior profundo

de los pulmones. La exposición crónica a las partículas agrava el riesgo de desarrollar cardiopatías y neumopatías, así como cáncer de pulmón. Generalmente, las mediciones de la calidad del aire se notifican como concentraciones medias diarias o anuales de partículas por metro cúbico ( $\text{m}^3$ ) de aire.

Las mediciones sistemáticas de la calidad del aire describen esas concentraciones de partículas expresadas en microgramos ( $\mu$ )/ $\text{m}^3$ . Cuando se dispone de instrumentos de medición suficientemente sensibles, se notifican también las concentraciones de partículas finas de 2,5 o más pequeñas. En la ciudad de Huancayo se tiene en promedio 36,52 microgramos por metro cúbico, 12,37 % más de lo permisible por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire que es de 32,5 microgramos por metro cúbico en promedio y más del doble de lo que permite la Organización Mundial de la Salud que en promedio indica un valor máximo de 15 microgramos por metro cúbico. De los tres grupos de vehículos el que más contamina son las unidades con motores diésel con 72,50 microgramos por metro cúbico.

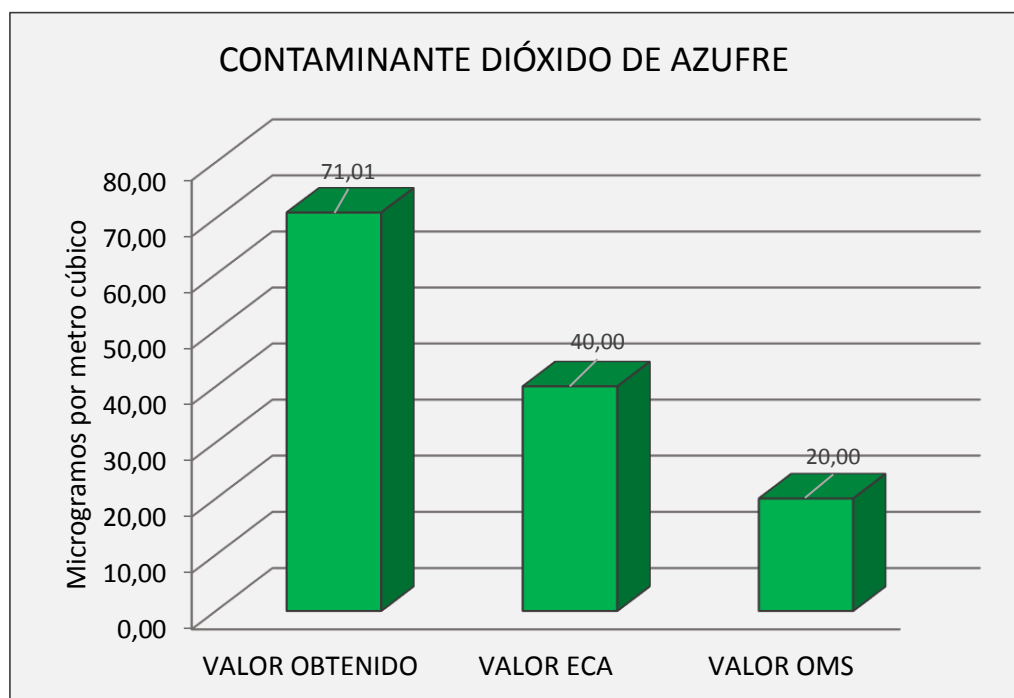


**Gráfico 5.2 Contaminante partículas totales en suspensión.**

### 5.1.2 Contaminante dióxido de azufre.

El dióxido de azufre puede afectar al sistema respiratorio y las funciones pulmonares, y causa irritación ocular. La inflamación del sistema respiratorio provoca tos, secreción mucosa y agravamiento del asma y la bronquitis crónica; asimismo, aumenta la propensión de las personas a contraer infecciones del sistema respiratorio. Los ingresos hospitalarios por cardiopatías y la mortalidad aumentan en los días en que los niveles del dióxido de azufre son más elevados. En combinación con el agua, el  $\text{SO}_2$  se convierte en ácido sulfúrico, que es el principal componente de la lluvia ácida que causa la deforestación.

La concentración de dióxido de azufre que se ha encontrado en la ciudad de Huancayo es de 71,01 microgramos por metro cúbico y el valor máximo permisible dado por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire es de 40,0 microgramos por metro cúbico, ya pasamos en 77,52% lo permitido más aún si se compara con los valores de la Organización Mundial de la Salud que indica un valor máximo de 20 microgramos por metro cúbico.

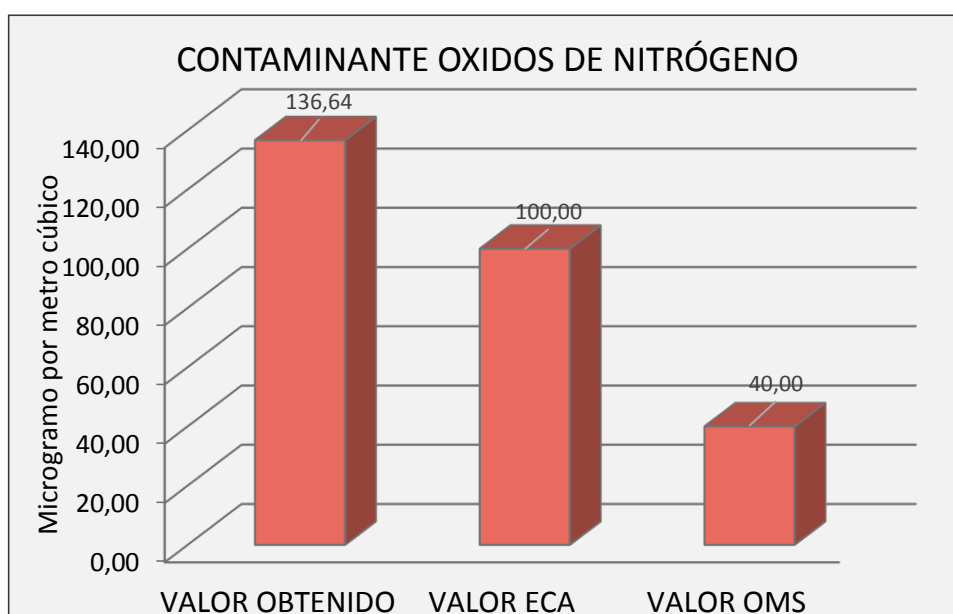


**Gráfico 5.3 Contaminante dióxido de azufre**



### 5.1.3 Contaminante óxidos de nitrógeno.

Estudios epidemiológicos han revelado que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan en relación con la exposición prolongada a los óxidos de nitrógeno. La disminución del desarrollo de la función pulmonar también se asocia con las concentraciones de óxidos de nitrógeno registradas u observadas actualmente en ciudades donde hay excesiva concentración de contaminantes.



**Gráfico 5.4 Contaminante óxidos de nitrógeno**

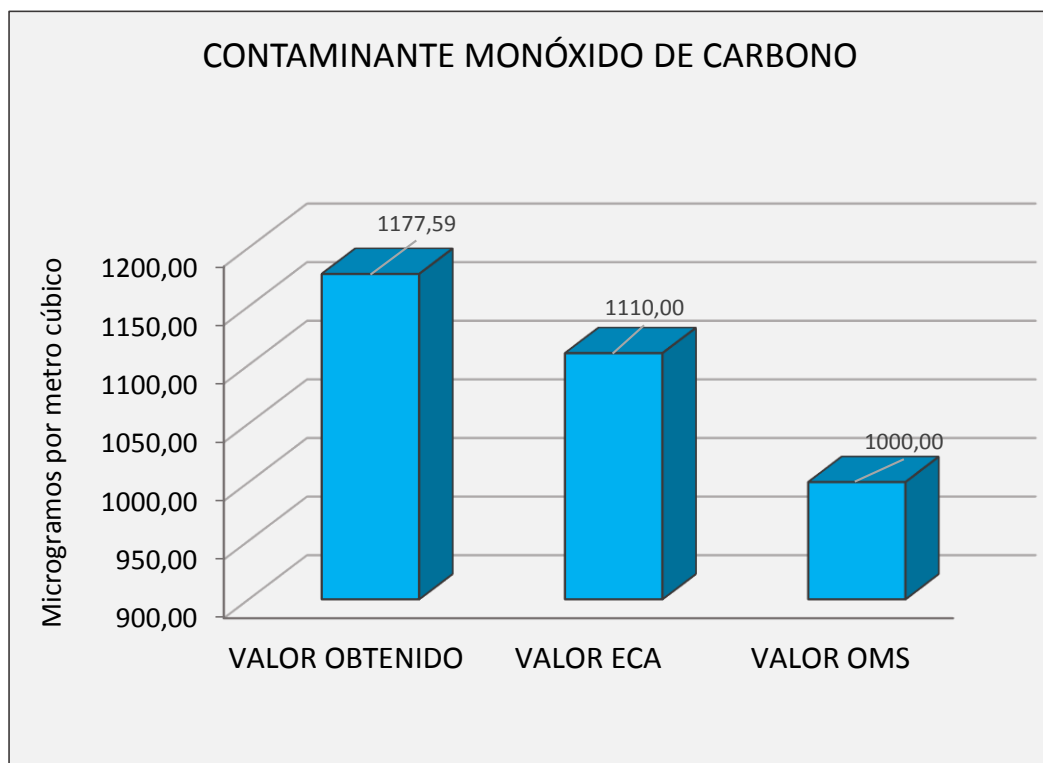
En la ciudad de Huancayo la concentración de los óxidos de nitrógeno es de 136,64 microgramos por metro cúbico y el valor máximo permisible dado por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire es de 100 microgramos por metro cúbico, la concentración de este tipo de contaminantes es 36,64 % más de lo permisible a nivel nacional y más de tres veces el valor permitido por la Organización Mundial de la Salud que indica un valor máximo de 40 microgramos por metro cúbico.

### 5.1.4 Contaminante monóxido de carbono.

El CO es un gas incoloro e inodoro que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles como gas, gasolina, kerosene, carbón, petróleo o madera. Los automóviles con motores de ignición a chispa son unas de las principales fuentes de emisión de CO. Las

chimeneas, las calderas, los calentadores de agua o calefones y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas, hornillas de la cocina y los calentadores a kerosene, también pueden emitir CO. El humo del cigarrillo puede ser una fuente significativa de CO en interiores. La exposición a CO puede contribuir a la disminución del suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo. Normalmente, la hemoglobina en la sangre transporta el oxígeno por el cuerpo. La afinidad de la hemoglobina con el CO es mayor que con el oxígeno, lo que da lugar a la formación de carboxihemoglobina (COHb).

En la ciudad de Huancayo la concentración del monóxido de carbono es de 1 177,59 microgramos por metro cúbico y el valor máximo permisible dado por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire es de 1 110 microgramos por metro cúbico, la concentración de este tipo de contaminantes es 6,09 % más de lo permisible a nivel nacional y 17,76% más del valor permitido por la Organización Mundial de la Salud que indica un valor máximo de 1 000 microgramos por metro cúbico de promedio al año.

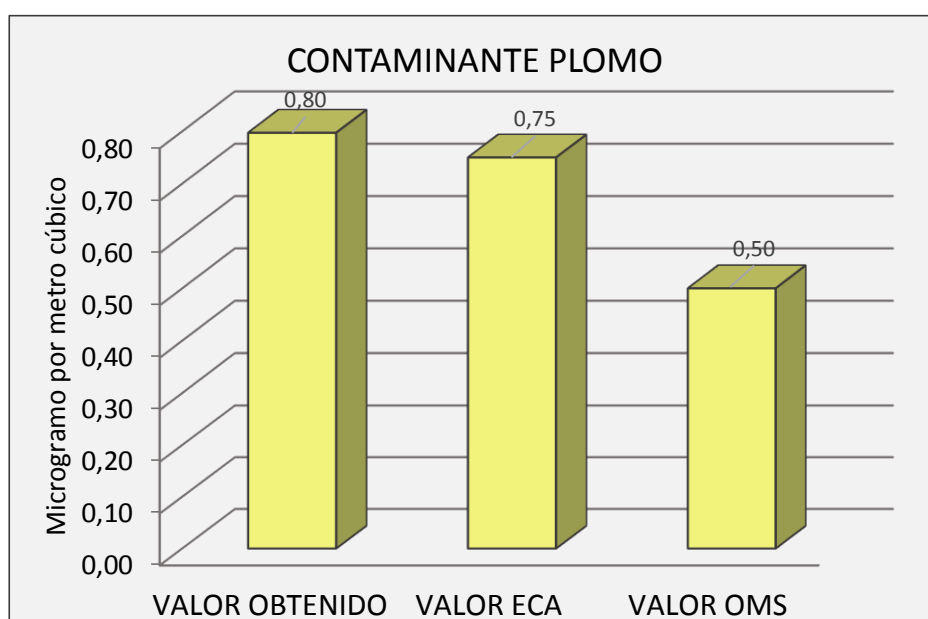


**Gráfico 5.5 Contaminante monóxido de carbono**

### 5.1.5 Contaminante plomo.

El plomo es un metal pesado que se emite a la atmósfera principalmente en forma de partículas (MP10). Su fuente principal es la combustión de gasolina con plomo. El plomo es un aditivo en la gasolina que desacelera el proceso de combustión en los vehículos con motores de ignición a chispa. Estudios en animales y humanos han demostrado que la exposición a plomo puede actuar sobre diferentes sistemas, principalmente sobre la biosíntesis de la hemoglobina, el sistema nervioso central y el sistema cardiovascular (presión sanguínea). Los infantes y los niños menores de cinco años son particularmente susceptibles a la exposición al plomo por su efecto potencial sobre el desarrollo neurológico.

En la ciudad de Huancayo la concentración del plomo es de 0,80 microgramos por metro cúbico y el valor máximo permisible dado por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire es de 0,75 microgramos por metro cúbico, la concentración de este tipo de contaminantes es 6,30 % más de lo permisible a nivel nacional y 60 % más del valor permitido por la Organización Mundial de la Salud que indica un valor máximo de 0,50 microgramos por metro cúbico de contaminante al año.



**Gráfico 5.6 Contaminante plomo**

## **5.2 Aportes institucionales.**

Las instituciones que pueden utilizar los datos encontrados en la investigación son las involucradas en el tema de la contaminación ambiental, como son las municipalidades tanto de Huancayo, de El Tambo así como de Chilca; además la otra institución que puede usar la información es DIGESA de Huancayo. Los datos importantes se presentan a continuación.

Los vehículos a gasolina son los que más contaminan en la ciudad de Huancayo, de un total de 56 286,14 toneladas que se ha emitido el año 2012, los vehículos a gasolina han generados 39 128,56 toneladas lo que representa un 69,52% del total. De este grupo de vehículos los más contaminantes son los vehículos automotrices menores que generan al año 32 642,06 toneladas, siendo el contaminante más generado el monóxido de carbono (CO) con 19 274,98 seguido de los compuestos orgánicos volátiles con 13 066,40 toneladas. Le siguen los automóviles con 2 409,25 toneladas de los cuales el contaminante que más produce es el monóxido de carbono (CO) con 1 866,18 toneladas.

Luego de los vehículos a gasolina que son los que más contaminan en la ciudad de Huancayo el año 2012, se encuentran los vehículos con combustible diésel que han emitido 12 336,59 toneladas lo que representa un 21,92% del total. De este grupo de vehículos los más contaminantes son los camiones que generan 7 173,03 toneladas al año siendo el contaminante más generado los óxidos de nitrógeno (NOx) con 3 659,35 seguido del monóxido de carbono (CO) con 1 633,47 toneladas. La categoría que le sigue son los ómnibus con 2 188,21 toneladas de los cuales el contaminante que más produce son los óxidos de nitrógeno (NOx) con 1 115,53 toneladas.

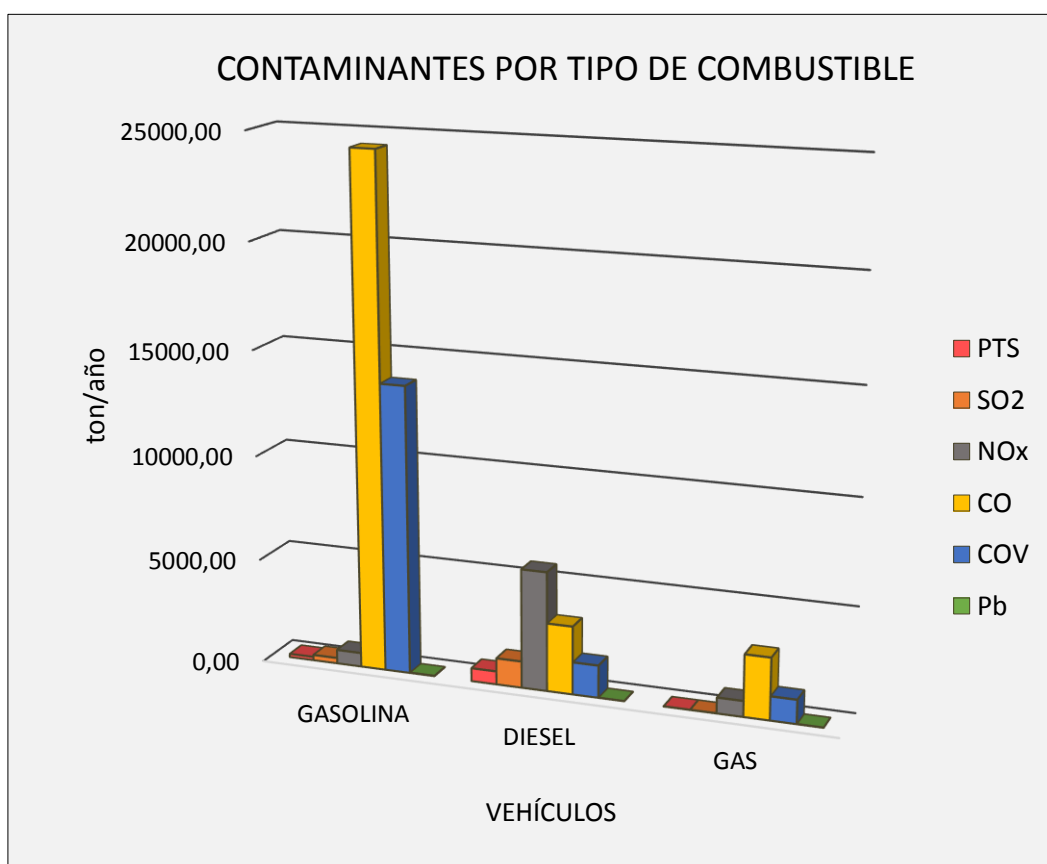
Los vehículos a gas son los que menos contaminan en la ciudad de Huancayo, de un total de 56 286,14 toneladas que se ha emitido el año 2012, los vehículos a gas solo han generados 4 820,99 toneladas lo que representa tan solo un 8,57% del total. De este grupo de vehículos los más contaminantes son los automóviles que generan 2 704,92 toneladas al año

siendo el contaminante mayor el monóxido de carbono (CO) con 1 691,34 seguido de los compuestos orgánicos volátiles COV) con 642,54 toneladas. La categoría que le sigue son los station wagons con 1 963,50 toneladas de los cuales el contaminante que más produce es el monóxido de carbono (CO) con 1 152,10 toneladas. Este grupo de vehículos no generan contaminantes como las partículas totales en suspensión (PTS), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) ni el plomo (Pb).

**Tabla N° 5.2 Total de contaminantes generados por tipo de combustible**

VEHÍCULO A	PTS	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	COV	Pb	TOTAL
GASOLINA	157,03	257,56	662,12	24335,69	13705,97	10,19	39128,56
DIESEL	624,32	1261,54	5670,55	3241,82	1538,36	0,00	12336,59
GAS	0,00	0,00	748,86	2936,89	1135,24	0,00	4820,99
TOTAL	781,34	1519,10	7081,53	30514,40	16379,58	10,19	56286,14

Fuente: elaboración propia



**Gráfico N° 5.7 Contaminantes por tipo de combustible**

### 5.3 Aporte metodológico.

Para realizar el estimado de la concentración de contaminantes del aire generado por las fuentes móviles en la ciudad de Huancayo se ha realizado la siguiente metodología.

- Como primer paso se realizó el cálculo del tamaño de la muestra, teniendo en cuenta que la población es de 107 969 vehículos, además se consideró un nivel de confianza del 98% y un error máximo permisible del 5%. Con estos datos se realizó el cálculo y se encontró como resultado 539. El tamaño de la muestra es de 539 vehículos, como el estudio se realizó por tipo de combustible del vehículo, se utilizó una muestra probabilística estratificada, dando como resultado que la muestra es de 266 vehículos a gasolina, 179 vehículos diésel y 94 vehículos a gas.
- En segundo lugar se programó la salida para recopilar los datos. Se tuvo en consideración los días de salida, las horas así como los lugares indicando los croquis de los lugares a trabajar por fechas.
- Como tercer paso se realizó la recopilación de los datos al tamaño de la muestra que se calculó, se utilizó un cuestionario previamente validado por los expertos. Los datos que se obtuvieron como el tipo de vehículo, tipo de combustible, kilometraje recorrido, cilindrada del motor, año de fabricación, de adquisición y peso del vehículo permiten realizar el siguiente paso que es la estimación de los contaminantes por año.
- En el cuarto paso se realizó la estimación de la concentración de los contaminantes generados por las fuentes móviles. Con los resúmenes de datos primeramente de la muestra, luego de la población para cada uno de los tipos de vehículos, se determina la cantidad de contaminantes generados por los vehículos de la ciudad de Huancayo. El cálculo se realiza en toneladas métricas por año (TM/año). Para el cálculo de la emisión de los contaminantes por los tubos de escape se utilizan las fórmulas y los factores de emisión del libro “Evaluación de Fuentes de

Contaminación del Aire” (Alexander P. Economopoulos 2010). Los factores de emisión para cada uno de los contaminantes por tubos de escape, dependen de la categoría vehicular, período de producción del vehículo, cilindradas del motor y tipo de combustible. Los contaminantes cuantificados son: Partículas Totales en Suspensión (PTS), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Plomo (Pb).

- En el quinto paso se llevaron los resultados obtenidos en la fase anterior a microgramos por metro cúbico para realizar las comparaciones con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. Para determinar el volumen se consideró la ciudad rectangular con cierta altura, porque la estimación anual de cada contaminante ya se estimó en el cuarto paso. Para realizar el cálculo y ser más rigurosos se consideró el volumen con un largo de 4 km, un ancho de 2 km y una altura de 0,03 km (30 metros) que da un volumen de  $0,24 \text{ km}^3$ .
- Finalmente en el último paso se realizó la comparación de la concentración de cada uno de los contaminantes dado en microgramos por metro cúbico con los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, para evaluar las hipótesis planteadas. Así mismo en la discusión de resultados también se comparó con los valores dados por la Organización Mundial de la Salud.

## CONCLUSIONES

1. La concentración estimada de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gasolina superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, sobre todo el monóxido de carbono con 1 903,95 microgramos por metro cúbico frente al valor ECA que es de 1 110 y el plomo con 0,80 microgramos por metro cúbico frente a los 0,75 del valor permisible ECA. La cantidad de toneladas por año de contaminantes que generan este grupo de vehículos es de 39 128,56 que representa un 69,52 % del total de contaminantes emitidos con un promedio de 0,73 ton/vehículo. De este grupo los vehículos automotrices menores son los que más contaminan la ciudad de Huancayo con 32 642,06 toneladas de contaminantes por año.
2. Se acepta la segunda hipótesis específica de que, la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores diésel superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire a excepción del contaminante monóxido de carbono, en las PTS se tiene 72,50 frente al valor ECA de 32,50 microgramos por metro cúbico; en el dióxido de azufre con 146,90 frente al valor ECA de 40 microgramos por metro cúbico y los óxidos de nitrógeno con 329,24 frente al valor ECA de 100 microgramos por metro cúbico. La cantidad de toneladas por año de contaminantes que generan este grupo de vehículos es de 12 336,59 que representa un 21,92 % del total de contaminantes emitidos con un promedio de 0,34 ton/vehículo. De este grupo de vehículos con motores diésel, los



camiones son los que más contaminan la ciudad de Huancayo con 7 173,03 toneladas de contaminantes por año

3. La estimación de la concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por los vehículos con motores a gas superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire en óxidos de nitrógeno se tiene 165,71 frente al valor ECA de 100 microgramos por metro cúbico. La cantidad de toneladas por año de contaminantes que generan este grupo de vehículos es de 4 820,99 que representa un 8,57 % del total de contaminantes emitidos con un promedio de 0,26 ton/vehículo. Los automóviles son los que más contaminan del grupo de los vehículos a gas con 2 704,92 toneladas de contaminantes por año.
4. La concentración de los contaminantes del aire en la ciudad de Huancayo generado por las fuentes móviles superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. En las partículas totales en suspensión superan en 12,37%, en dióxido de azufre superan en 77,52%; en los óxidos de nitrógeno en 36,64%; en monóxido de carbono en 6,08% y en plomo en 6,67%. Siendo 56 286,14 toneladas el total de contaminantes emitidos a la atmósfera por el parque automotor en el año 2012 de los cuales el monóxido de carbono (CO) constituye el 54.21% (30 514,40 toneladas por año), le sigue los compuestos orgánicos volátiles (COV) con 29.10% (16 379,58 toneladas por año), luego están los óxidos de nitrógeno con 12,58% (7 081,53 toneladas por año).

## **RECOMENDACIONES**

1. La ciudad de Huancayo se encuentra en un valle muy amplio y con una buena circulación del aire por lo que no presenta actualmente problemas de contaminación del aire a pesar de que sobrepasan los estándares de calidad ambiental del aire, sin embargo se debe prever alguna reglamentación específica para la ciudad a fin de controlar la emisión de contaminantes generados por los vehículos principalmente de aquellos vehículos con motores a gasolina y vehículos que tengan una antigüedad mayor a 5 años; se debe exigir la instalación de convertidores catalíticos en el tubo de escape de los vehículos.
2. Debido al rápido incremento del parque automotor en la ciudad de Huancayo, se hace necesario tener un mejor ordenamiento en la infraestructura vial, un marcado de señales apropiado y una semaforización adecuada para evitar puntos de concentración excesivos de vehículos como los que ocurren en las intersecciones de las avenidas de Ferrocarril y Giráldez; de Cajamarca y Ancash; de Real y Paseo la Breña; el puente Huancavelica; el puente Ferrocarril; entre otros.
3. Las municipalidades y el ministerio de transportes y comunicaciones deben tener muy en cuenta que existe un crecimiento vertiginoso sobre todo de los vehículos automotrices menores (de 9 986 unidades que se tenía al año 2007 a 39 519 para el año 2012) por lo que deben emitir normas para controlar la masificación de este tipo de vehículo, para empezar las municipalidades deben disminuir la emisión de licencias de funcionamiento de locales donde se venden motocicletas, trimotos y mototaxis.

4. Las autoridades locales como las municipalidades, el ministerio de transportes y comunicaciones, la policía de tránsito y todos los organismos de salud ambiental se deben organizar a fin de implementar acciones para adquirir los equipos y sensores adecuados para instalarlos en los puntos álgidos de la ciudad y tener información de los contaminantes a tiempo real. Se recomienda tener un control permanente sobre el mayor contaminante actual en la ciudad de Huancayo que son los dióxidos de azufre porque ha rebasado en 77,52% al valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Agoglia, O. (2010). *La crisis ambiental como proceso*. España: Tesis doctoral.
2. Arias Paz, M. (2005). *Manual de Automóviles*. España: Editorial Cie Inversiones Editoriales Dossat S.L.
3. Bravo, H., & Sosa, R. (2010). *Ingeniería Ambiental*. México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
4. De Nevers, N. (2008). *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. México: Tercera Reimpresión McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.
5. DIGESA. (2005). *Diagnóstico del aire en la ciudad de Huancayo*. Huancayo: Dirección General de Salud Ambiental.
6. Economopoulos, A. P. (2010). *Evaluación de fuentes de contaminación del aire*. USA: Segunda Reactualización. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente.
7. Enrique, C. (2005). *Análisis de la influencia de las fuentes móviles en la calidad del aire*. Argentina: Tesis de maestría.
8. Estrucplan, O. L. (20 de Noviembre de 2013). *Salud seguridad y medio ambiente*. Obtenido de Estrucplan.com.ar: <https://www.estructplan.com.ar>
9. Gerard, K. (1999). *Ingeniería Ambiental Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión*. España: Mc Graw Hill Interamericana de España.

10. Gomez, M. (2010). *Evaluación ambiental estratégica: desarrollo de un modelo metodológico para la evaluación de la sostenibilidad ambiental en planificación urbanística*. España: Tesis doctoral.
11. Gordillo, D. (1995). *Ecología y contaminación ambiental*. México: Mc Graw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.
12. Gutierrez M., N. (2007). *Mecánica Diesel*. Lima: Editora Palomino E.I.R.L.
13. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Interamericana Editores S.A. De C.V.
14. Miranda, A. L. (1996). *La combustión*. Barcelona España: Ceac S.A.
15. Orozco, C., Perez, A., Gonzales, N., & Rodriguez, F. (2003). *Contaminación ambiental una visión desde la química*. España: Copyright International Thomson Editores Spain.
16. Román, O., & Prieto, M. J. (2004). Contaminación atmosférica y daño cardiovascular. *Publicación mensual Revista Médica Chile*, 52.
17. Salazar, J. (2006). *Diseño de un plan de contingencias para la contaminación atmosférica por el parque automotor en Huancayo*. Huancayo: Tesis.
18. Sánchez, D. (2008). *Modelo jerárquico de evaluación de impacto ambiental empleando técnicas difusas*. Cuba: Tesis doctoral.
19. Tamayo y Tamayo, M. (1999). *Aprender a investigar*. Santa Fé de Bogota - Colombia: Arfo Editores S.A.
20. Vara Horna, A. A. (2010). *¿Cómo evaluar la rigurosidad científica de las tesis doctorales?* Lima Perú: Fondo Editorial Universidad de San Martín de Porres Primera Edición.
21. Velasquez Fernández, A. (2006). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima Perú: Editorial San Marcos.

## **ANEXOS**

ANEXO 1: CUESTIONARIO DE LA ENCUESTA

ANEXO 2: VALIDACIÓN DE LA ENCUESTA POR EXPERTOS

ANEXO 3: RESUMEN DE DATOS DE LA ENCUESTA

ANEXO 4: DATOS DE LA ENCUESTA DE VEHÍCULOS A GASOLINA

ANEXO 5: DATOS DE LA ENCUESTA DE VEHÍCULOS DIÉSEL

ANEXO 6: DATOS DE LA ENCUESTA DE VEHÍCULOS A GAS

ANEXO 7: FACTORES PARA CALCULO DE EMISION DE  
CONTAMINANTES EN VEHÍCULOS

ANEXO 1  
CUESTIONARIO DE LA ENCUESTA

**CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS CONDUCTORES DE LA CIUDAD  
DE HUANCAYO**

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN**  
**CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE GENERADO  
POR LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2012**

**CUESTIONARIO**

El presente cuestionario tiene como finalidad encontrar datos sobre el tipo de vehículo, tipo de combustible, kilometraje promedio de recorrido, cilindrada del motor, año de fabricación y peso del vehículo. Los datos obtenidos serán utilizados con total privacidad por ello se les pide sean sinceros con sus respuestas.

**INSTRUCCIONES**

Estimado(a) conductor(a) de la ciudad de Huancayo se le solicita responder con claridad a cada pregunta planteada debiendo colocar (marcar sus respuestas) o rellenar los espacios en blanco según corresponda.

**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

**Género al que perteneces**

- a) Masculino ☐  
b) Femenino ☐

**PREGUNTAS RESPECTO A LOS INDICADORES DE LA VARIABLE  
INDEPENDIENTE**

**X<sub>1</sub> Tipo de vehículo que conduces**

- a) Automóvil ☐  
b) Station Wagon ☐  
c) Camioneta Pick Up ☐  
d) Camioneta Rural ☐  
e) Camioneta Panel ☐  
f) Omnibus ☐  
g) Camión ☐  
h) Remolcador ☐  
i) Remolque ☐  
j) Vehículos Menores ☐  
k) Otro

**X<sub>2</sub> Tipo de combustible que utilizas**

- a) Gasolina ☐  
b) Diesel ☐  
c) Gas ☐



**X<sub>3</sub> Kilometraje promedio de recorrido**

- a) Por día
- b) Recorrido en total

**X<sub>4</sub> Cilindrada del motor**

- a) Menores de 50 cc ☐
- b) De 50 a 1300 cc ☐
- c) De 1400 a 2000 cc ☐
- d) Mayores de 2000 cc ☐

**X<sub>5</sub> Año de fabricación del vehículo y año de adquisición del vehículo**

Año de fabricación		Año de Adquisición	
Mes	Año	Mes	Año

**X<sub>6</sub> Peso del vehículo**

- a) Menores de 3.5 T ☐
- b) De 3.5 a 16 T ☐
- c) Mayores a 16 T ☐

ANEXO 2

VALIDACION DE LA ENCUESTA POR EXPERTOS

## MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TESIS: “CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE GENERADO POR LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2012”.

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS
Variable independiente (Xi) PARQUE AUTOMOTOR	Es la cantidad de vehículos que circulan en la ciudad de Huancayo	Vehículos con combustible a gasolina	X <sub>1</sub> Tipo de vehículo	1. ¿Qué tipo de vehículo conduces?
			X <sub>2</sub> Tipo de combustible	2. ¿Cuál es el tipo de combustible que utilizas?
			X <sub>3</sub> Kilometraje promedio de recorrido	3. ¿Cuál es el kilometraje promedio que recorres?
			X <sub>4</sub> Cilindrada del motor	4. ¿Cuál es la cilindrada del motor?
			X <sub>5</sub> Año de fabricación del vehículo	5. ¿Cuál es el año de fabricación del vehículo?
			X <sub>6</sub> Peso del vehículo	6. ¿Cuál es el peso del vehículo?
			X <sub>7</sub> Número de vehículos por tipo	7. Se encuentra en la SUNARP Junín
		Vehículos con combustible diésel	X <sub>1</sub> Tipo de vehículo	1. ¿Qué tipo de vehículo conduces?
			X <sub>2</sub> Tipo de combustible	2. ¿Cuál es el tipo de combustible que utilizas?
			X <sub>3</sub> Kilometraje promedio de recorrido	3. ¿Cuál es el kilometraje promedio que recorres?
			X <sub>4</sub> Cilindrada del motor	4. ¿Cuál es la cilindrada del motor?
			X <sub>5</sub> Año de fabricación del vehículo	5. ¿Cuál es el año de fabricación del vehículo?
			X <sub>6</sub> Peso del vehículo	6. ¿Cuál es el peso del vehículo?
			X <sub>7</sub> Número de vehículos por tipo	7. Se encuentra en la SUNARP Junín
		Vehículos con combustible a gas	X <sub>1</sub> Tipo de vehículo	1. ¿Qué tipo de vehículo conduces?
			X <sub>2</sub> Tipo de combustible	2. ¿Cuál es el tipo de combustible que utilizas?
			X <sub>3</sub> Kilometraje promedio de recorrido	3. ¿Cuál es el kilometraje promedio que recorres?
			X <sub>4</sub> Cilindrada del motor	4. ¿Cuál es la cilindrada del motor?
			X <sub>5</sub> Año de fabricación del vehículo	5. ¿Cuál es el año de fabricación del vehículo?
			X <sub>6</sub> Peso del vehículo	6. ¿Cuál es el peso del vehículo?
			X <sub>7</sub> Número de vehículos por tipo	7. Se encuentra en la SUNARP Junín

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS
Variable dependiente (Yi) CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	La contaminación es la presencia en el aire de olores desagradables y de materiales nocivos, en cantidades lo suficiente grandes como para producir efectos nocivos en la salud, la ecología y la infraestructura	Contaminantes con presencia de oxígeno	Y <sub>1</sub> Monóxido de Carbono (CO)	$Y_1 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
			Y <sub>2</sub> Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	$Y_2 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
			Y <sub>4</sub> Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	$Y_3 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
		Contaminantes sin presencia de oxígeno	Y <sub>3</sub> Partículas totales en suspensión (PTS)	$Y_4 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
			Y <sub>5</sub> Compuestos orgánicos volátiles (COV)	$Y_5 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$
			Y <sub>6</sub> Plomo (Pb)	$Y_6 = f(X_1, X_2, X_4, X_5, X_6) * X_3 * X_7$

Para determinar la cantidad de tipo de contaminante se toma en consideración, en primer lugar, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub>, X<sub>6</sub> datos que se conseguirán a través de las encuestas. Con estos datos se deberá de ir a las tablas validadas en el libro de Economopoulos, A. P. (2010). "Evaluación de fuentes de contaminación del aire. USA"; para conseguir los factores de cálculo. Con los factores de cálculo y los datos X<sub>3</sub> y X<sub>7</sub> se determina la cantidad de concentración de contaminante.

Para realizar el juicio de expertos se le proporcionó a cada experto la matriz de operacionalización de variables y el cuestionario correspondiente. Los resultados de la evaluación de la evaluación se presentan en la siguiente página.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU**  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
UNIDAD DE POSTGRADO

**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**DATOS GENERALES**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE GENERADO POR LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2012

Indicadores	Criterios	Muy deficiente				Deficiente				Regular				Bueno				Muy bueno			
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Formulado con lenguaje apropiado															75					
2. Objetividad	Expresado en conductas observables y medibles															75					
3. Actualidad	Adecuado el avance de la ciencia investigativa contemporánea															75					
4. Organización	Organización lógica de la operacionalización del instrumento de investigación														70						
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad														70						
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar cualitativa y cuantitativa las variables																80				
7. Consistencia	Fundamentado y sustentado en aspectos teóricos y científicos																80				
8. Coherencia	Existencia de consistencia interna sobre los índices e indicadores del instrumento																80				
9. Metodología	La estrategia responsable responde al propósito del estudio																80				
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para el contexto actual																80				

PROMEDIO DE VALORACIÓN : 76.5

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Bueno e) Muy bueno

Nombres y apellidos	Dr. Mario Miguel Huatuco Gonzales
Título profesional	Ingeniero Mecánico
Grado académico	Doctor en ciencias
Mención	En ingeniería de Sistemas

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**  
**UNIDAD DE POSTGRADO**

**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**DATOS GENERALES**

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE GENERADO POR LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2012**

Indicadores	Criterios	Muy deficiente				Deficiente				Regular				Bueno				Muy bueno			
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Formulado con lenguaje apropiado																		90		
2. Objetividad	Expresado en conductas observables y medibles																		90		
3. Actualidad	Adecuado el avance de la ciencia investigativa contemporánea																	85			
4. Organización	Organización lógica de la operacionalización del instrumento de investigación																		90		
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad																80				
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar cualitativa y cuantitativa las variables																		90		
7. Consistencia	Fundamentado y sustentado en aspectos teóricos y científicos																80				
8. Coherencia	Existencia de consistencia interna sobre los índices e indicadores del instrumento																		90		
9. Metodología	La estrategia responsable responde al propósito del estudio																80				
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para el contexto actual																		90		

PROMEDIO DE VALORACIÓN : 86.5

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Bueno e) **Muy bueno**

Nombres y apellidos	Dr. José Antonio Segura Cuyubamba
Título profesional	Ingeniero Mecánico
Grado académico	Doctor en Administración
Mención	En Administración

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**  
**UNIDAD DE POSTGRADO**

**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**DATOS GENERALES**

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:** CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE GENERADO POR LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2012

Indicadores	Criterios	Muy deficiente				Deficiente				Regular				Bueno				Muy bueno			
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Formulado con lenguaje apropiado																80				
2. Objetividad	Expresado en conductas observables y medibles																	85			
3. Actualidad	Adecuado el avance de la ciencia investigativa contemporánea																80				
4. Organización	Organización lógica de la operacionalización del instrumento de investigación																80				
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad																	85			
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar cualitativa y cuantitativa las variables																	85			
7. Consistencia	Fundamentado y sustentado en aspectos teóricos y científicos																80				
8. Coherencia	Existencia de consistencia interna sobre los índices e indicadores del instrumento																	85			
9. Metodología	La estrategia responsable responde al propósito del estudio																80				
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para el contexto actual																	85			

PROMEDIO DE VALORACIÓN : 82.5

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Bueno e) **Muy bueno**

Nombres y apellidos	Dr. Alberto Cerrón Lozano
Título profesional	Licenciado en Pedagogía
Grado académico	Doctor en Educación
Mención	En Psicología Educacional y Tutorial

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**  
**UNIDAD DE POSTGRADO**

**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**DATOS GENERALES**

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE GENERADO POR LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD DE HUANCAYO 2012**

Indicadores	Criterios	Muy deficiente				Deficiente				Regular				Bueno				Muy bueno			
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Formulado con lenguaje apropiado																		90		
2. Objetividad	Expresado en conductas observables y medibles																			95	
3. Actualidad	Adecuado el avance de la ciencia investigativa contemporánea																		90		
4. Organización	Organización lógica de la operacionalización del instrumento de investigación																		90		
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad																			95	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar cualitativa y cuantitativa las variables																		90		
7. Consistencia	Fundamentado y sustentado en aspectos teóricos y científicos																		90		
8. Coherencia	Existencia de consistencia interna sobre los índices e indicadores del instrumento																			95	
9. Metodología	La estrategia responsable responde al propósito del estudio																		90		
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para el contexto actual																		90		

PROMEDIO DE VALORACIÓN : 91.5

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Bueno e) **Muy bueno**

Nombres y apellidos	Dr. Rolando Gamaniel Montalván Lozano
Título profesional	Ingeniero Electricista
Grado académico	Doctor en Ciencias
Mención	Ingeniería Eléctrica



VALIDEZ DE CONTENIDO POR JUICIO DE EXPERTO PARA EL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION CUESTIONARIO DE ENCUESTA  
SOBRE TESIS “CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE GENERADO POR LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD DE  
HUANCAYO 2012”

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO CUESTIONARIO

JUECES/EXPERTOS			ITEMS										Total
Criterios de selección	%	Nombres y Apellidos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Fila
Experto metodólogo	20 %	Dr. Mario Miguel Huatuco Gonzales	75	75	75	70	70	80	80	80	80	80	765
Experto estadístico	20 %	Dr. José Antonio Segura Cuyubamba	90	90	85	90	80	90	80	90	80	90	865
Experto lingüístico	20 %	Dr. Alberto Cerrón Lozano	80	85	80	80	85	85	80	85	80	85	825
Experto disciplinar	40 %	Dr. Rolando Gamaniel Montalván Lozano	90	95	90	90	95	90	90	95	90	90	915
		Varianza cuestionario total											4025
Total	100 %	Sumas	335	345	330	330	330	345	330	350	330	345	3370
		Promedio	83,75	86,25	82,5	82,5	82,5	86,25	82,5	87,5	82,5	86,25	842,50
		Varianza cada ítem	56,25	72,92	41,67	91,67	108,33	22,92	25,00	41,67	25,00	22,92	508,33

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_x^2} \right] \text{Reemplazando en la fórmula}$$

$$\alpha = \frac{10}{10-1} \left[ 1 - \frac{508,33}{4025} \right]$$

k = número de ítems

$\sigma_i^2$  = varianza de cada ítem

$\sigma_x^2$  = Varianza del cuestionario total

$$\alpha = 0,971$$

ANEXO 3  
RESUMEN DE DATOS DE LA ENCUESTA

## RESUMEN DE DATOS POR CATEGORÍA DE VEHÍCULO

Una vez recolectada la información a través de los instrumentos se procedió a realizar el resumen por cada tipo de vehículo. Teniendo en consideración los datos necesarios para seleccionar los factores de emisión, del libro “Evaluación de fuentes de contaminación del aire” (Economopoulos, 2010).

**TABLA Nº 1 RESUMEN DE DATOS DE LA MUESTRA DE LA CATEGORÍA AUTOMÓVILES**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. DE VEHICULOS	Km/DIA
De 1981 a 1984	Menor a 1400 cc	Gasolina	2	80
		Diesel	1	70
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	3	120
		Diesel	1	100
De 1985 a 1992	Menor a 1400 cc	Gasolina	2	140
		Diesel	1	110
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1	120
		Diesel	1	90
De 1993 a 2000	Menor a 1400 cc	Gas	4	145
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	4	103
		Diesel	2	205
		Gas	9	158
De 2001 a más	Menor a 1400 cc	Gasolina	6	148
		Gas	14	182
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	11	195
		Gas	28	225
TOTAL			90	

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos en la muestra se hace inferencia para la población de automóviles que es de 18058 unidades. Teniendo en consideración que para obtener el número de automóviles totales se multiplica el tamaño de la muestra en cada casillero por el total que es de 18508 dividido entre 90.

**TABLA Nº 2 RESUMEN DE DATOS DE LA POBLACIÓN DE LA CATEGORÍA AUTOMÓVILES**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. DE VEHICULOS	Km/AÑO
De 1981 a 1984	Menor a 1400 cc	Gasolina	401	28800
		Diesel	201	25200
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	602	43200
		Diesel	201	36000
De 1985 a 1992	Menor a 1400 cc	Gasolina	401	50400
		Diesel	201	39600
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	201	43200
		Diesel	201	32400
De 1993 a 2000	Menor a 1400 cc	Gas	803	52200
		Gasolina	803	37080
	De 1400 a 2000 cc	Diesel	401	73800
		Gas	1806	56880
De 2001 a más	Menor a 1400 cc	Gasolina	1204	53280
		Gas	2808	65520
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	2207	70200
		Gas	5617	81000
TOTAL			18058	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 3 RESUMEN DE DATOS DE LA MUESTRA DE LA CATEGORÍA  
STATION WAGONS**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHIC.	Km/DIA
De 1981 a 1984	Menor a 1400 cc	Gasolina	2	90
		Diesel	1	100
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	3	95
		Diesel	2	120
De 1985 a 1992	Menor a 1400 cc	Gasolina	3	90
		Gas	3	140
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	3	80
		Gas	2	135
De 1993 a 2000	Menor a 1400 cc	Gasolina	4	115
		Gas	6	173
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1	50
		Diesel	4	215
		Gas	8	202
De 2001 a más	Menor a 1400 cc	Gasolina	4	138
		Diesel	1	150
		Gas	4	160
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	5	201
		Diesel	2	90
		Gas	10	199
TOTAL			68	

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos en la muestra se hace inferencia para la población de station wagons que es de 13573 unidades. Teniendo en consideración que para obtener el número de station wagons totales se multiplica el tamaño de la muestra en cada casillero por el total que es de 13573 dividido entre 68.

**TABLA Nº 4 RESUMEN DE DATOS DE LA POBLACIÓN DE LA  
CATEGORÍA STATION WAGONS**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHIC.	Km/AÑO
De 1981 a 1984	Menor a 1400 cc	Gasolina	399	32400
		Diesel	200	36000
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	599	34200
		Diesel	399	43200
De 1985 a 1992	Menor a 1400 cc	Gasolina	599	32400
		Gas	599	50400
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	599	28800
		Gas	399	48600
De 1993 a 2000	Menor a 1400 cc	Gasolina	798	41400
		Gas	1198	62280
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	200	18000
		Diesel	798	77400
		Gas	1597	72720
De 2001 a más	Menor a 1400 cc	Gasolina	798	49680
		Diesel	200	54000
		Gas	798	57600
	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	998	72360
		Diesel	399	32400
		Gas	1996	71640
TOTAL			13573	

Fuente: Elaboración propia

El mismo procedimiento se realiza para las demás categorías de vehículos y se obtiene lo siguiente:

**TABLA Nº 5 RESUMEN DE DATOS DE LA MUESTRA DE LA CATEGORÍA  
CAMIONETAS PICK UP**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHIC.	Km/DIA
De 1981 a 1984	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1	120
		Diesel	1	110
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	2	90
		Diesel	3	100
De 1985 a 1992	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	2	170
		Diesel	1	50
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	2	50
		Diesel	2	115
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1	80
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	3	123
		Diesel	4	103
		Gas	2	80
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Diesel	1	120
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	2	155
		Diesel	18	140
		Gas	4	100
TOTAL			49	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 6 RESUMEN DE DATOS DE LA POBLACIÓN DE LA  
CATEGORÍA CAMIONETAS PICK UP**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHIC.	Km/AÑO
De 1981 a 1984	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	201	43200
		Diesel	201	39600
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	402	32400
		Diesel	603	36000
De 1985 a 1992	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	402	61200
		Diesel	201	18000
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	402	18000
		Diesel	402	41400
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	201	28800
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	603	44280
		Diesel	804	37080
		Gas	404	28800
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Diesel	201	43200
	Mayores de 2000 cc	Gasolina	402	55800
		Diesel	3619	50400
		Gas	805	36000
TOTAL			9853	

Fuente: Elaboración propia



**TABLA Nº 7 RESUMEN DE DATOS DE LA MUESTRA DE LA CATEGORÍA  
CAMIONETAS RURALES**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHIC.	Km/DIA
De 1985 a 1992	De 1400 a 2000 cc	Diesel	2	160
	Mayores de 2000 cc	Diesel	5	180
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Diesel	4	207
	Mayores de 2000 cc	Diesel	9	232
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Diesel	4	160
	Mayores de 2000 cc	Diesel	19	220
TOTAL			43	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 8 RESUMEN DE DATOS DE LA POBLACIÓN DE LA  
CATEGORÍA CAMIONETAS RURALES**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHIC.	Km/AÑO
De 1985 a 1992	De 1400 a 2000 cc	Diesel	405	57600
	Mayores de 2000 cc	Diesel	1012	64800
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Diesel	809	74520
	Mayores de 2000 cc	Diesel	1821	83520
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Diesel	810	57600
	Mayores de 2000 cc	Diesel	3845	79200
TOTAL			8702	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 9 RESUMEN DE DATOS DE LA MUESTRA DE LA CATEGORÍA  
CAMIONETAS PANEL**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHIC.	Km/DIA
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1	100
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	1	120
TOTAL			2	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 10 RESUMEN DE DATOS DE LA POBLACIÓN DE LA  
CATEGORÍA CAMIONETAS PANEL**

AÑO DE FABRICACION	CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHIC.	Km/AÑO
De 1993 a 2000	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	158	36000
De 2001 a más	De 1400 a 2000 cc	Gasolina	159	43200
TOTAL			317	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 4.11 RESUMEN DE DATOS DE LA MUESTRA DE LA  
CATEGORÍA ÓMNIBUS**

PESO	COMBUSTIBLE	NRO. VEHICULOS	Km/DIA
De 3,5 a 16 t	Diesel	4	93
Mayores a 16 t	Diesel	11	60
TOTAL		15	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 12 RESUMEN DE DATOS DE LA POBLACIÓN DE LA  
CATEGORÍA ÓMNIBUS**

PESO	COMBUSTIBLE	NRO. VEHICULOS	Km/AÑO
De 3,5 a 16 t	Diesel	811	33480
Mayores a 16 t	Diesel	2231	21600
TOTAL		3042	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 13 RESUMEN DE DATOS DE LA MUESTRA DE LA  
CATEGORÍA CAMIONES**

PESO	COMBUSTIBLE	NRO. VEHICULOS	Km/DIA
De 3,5 a 16 t	Diesel	37	49
Mayores a 16 t	Diesel	31	52
TOTAL		68	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 14 RESUMEN DE DATOS DE LA POBLACION DE LA  
CATEGORÍA CAMIONES**

PESO	COMBUSTIBLE	NRO. VEHICULOS	Km/AÑO
De 3,5 a 16 t	Diesel	7414	17640
Mayores a 16 t	Diesel	6211	18720
TOTAL		13625	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 15 RESUMEN DE DATOS DE LA MUESTRA DE LA  
CATEGORÍA REMOLCADORES**

PESO	COMBUSTIBLE	NRO. VEHICULOS	Km/DIA
De 3,5 a 16 t	Diesel	4	22
Mayores a 16 t	Diesel	2	19
TOTAL		6	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 16 RESUMEN DE DATOS DE LA POBLACIÓN DE LA  
CATEGORÍA REMOLCADORES**

PESO	COMBUSTIBLE	NRO. VEHICULOS	Km/AÑO
De 3,5 a 16 t	Diesel	854	7920
Mayores a 16 t	Diesel	427	6840
TOTAL		1281	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 17 RESUMEN DE DATOS DE LA MUESTRA DE LA  
CATEGORÍA VEHÍCULOS MENORES**

CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHICULOS	Km/DIA
Menores de 50 cc	Gasolina	32	40
Mayores de 50 cc	Gasolina	165	70
TOTAL		197	

Fuente: Elaboración propia

**TABLA Nº 18 RESUMEN DE DATOS DE LA POBLACIÓN DE LA  
CATEGORÍA VEHÍCULOS MENORES**

CILINDRADA	COMBUSTIBLE	NRO. VEHICULOS	Km/AÑO
Menores de 50 cc	Gasolina	6419	14400
Mayores de 50 cc	Gasolina	33100	25200
TOTAL		39519	

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 4**  
**DATOS DE LA ENCUESTA DE VEHÍCULOS A GASOLINA**

DATOS DE LA ENCUESTA - VEHICULOS A GASOLINA					
N°	TIPO DE VEHICULO	Km/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
1	Automovil	170	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
2	Automovil	50	De 1400 a 2000 cc	1995	< de 3.5 T
3	Automovil	60	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
4	Automovil	40	De 1400 a 2000 cc	1993	< de 3.5 T
5	Automovil	350	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
6	Automovil	150	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
7	Automovil	150	De 1400 a 2000 cc	2004	< de 3.5 T
8	Automovil	150	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
9	Station Wagon	50	De 50 a 1300 cc	1998	< de 3.5 T
10	Station Wagon	180	De 50 a 1300 cc	1999	< de 3.5 T
11	Station Wagon	40	De 1400 a 2000 cc	1998	< de 3.5 T
12	Station Wagon	40	De 1400 a 2000 cc	1992	< de 3.5 T
13	Station Wagon	150	De 1400 a 2000 cc	2001	< de 3.5 T
14	Station Wagon	140	De 1400 a 2000 cc	2009	< de 3.5 T
15	Station Wagon	120	De 1400 a 2000 cc	2002	< de 3.5 T
16	Station Wagon	150	De 50 a 1300 cc	2002	< de 3.5 T
17	Station Wagon	80	De 50 a 1300 cc	1997	< de 3.5 T
18	Station Wagon	200	De 50 a 1300 cc	1997	< de 3.5 T
19	Station Wagon	240	De 1400 a 2000 cc	2005	< de 3.5 T
20	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
21	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
22	Vehiculos menores	30	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
23	Vehiculos menores	30	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
24	Vehiculos menores	30	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
25	Vehiculos menores	30	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
26	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2005	< de 3.5 T
27	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
28	Vehiculos menores	30	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
29	Vehiculos menores	30	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
30	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2006	< de 3.5 T
31	Vehiculos menores	30	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
32	Vehiculos menores	200	De 50 a 1300 cc	1997	< de 3.5 T
33	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	1998	< de 3.5 T
34	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	1999	< de 3.5 T
35	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2000	< de 3.5 T
36	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2001	< de 3.5 T
37	Vehiculos menores	75	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
38	Vehiculos menores	120	De 50 a 1300 cc	2003	< de 3.5 T
39	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2004	< de 3.5 T
40	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T

DATOS DE LA ENCUESTA - VEHICULOS A GASOLINA					
N°	TIPO DE VEHICULO	Km/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
41	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
42	Vehiculos menores	52	De 50 a 1300 cc	2005	< de 3.5 T
43	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
44	Vehiculos menores	30	De 50 a 1300 cc	2006	< de 3.5 T
45	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2014	< de 3.5 T
46	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
47	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
48	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
49	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
50	Vehiculos menores	54	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
51	Vehiculos menores	54	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
52	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
53	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
54	Vehiculos menores	64	De 50 a 1300 cc	2014	< de 3.5 T
55	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
56	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
57	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
58	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
59	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
60	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
61	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
62	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
63	Vehiculos menores	65	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
64	Vehiculos menores	65	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
65	Vehiculos menores	65	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
66	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
67	Vehiculos menores	300	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
68	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2006	< de 3.5 T
69	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2005	< de 3.5 T
70	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2004	< de 3.5 T
71	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2014	< de 3.5 T
72	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
73	Vehiculos menores	56	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
74	Vehiculos menores	84	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
75	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
76	Vehiculos menores	54	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
77	Vehiculos menores	140	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
78	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
79	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
80	Vehiculos menores	75	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T

DATOS DE LA ENCUESTA - VEHICULOS A GASOLINA					
N°	TIPO DE VEHICULO	Km/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
81	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2006	< de 3.5 T
82	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2006	< de 3.5 T
83	Vehiculos menores	54	De 50 a 1300 cc	2005	< de 3.5 T
84	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2004	< de 3.5 T
85	Vehiculos menores	45	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
86	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2003	< de 3.5 T
87	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2013	< de 3.5 T
88	Vehiculos menores	140	De 50 a 1300 cc	2004	< de 3.5 T
89	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
90	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
91	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2005	< de 3.5 T
92	Vehiculos menores	65	De 50 a 1300 cc	2006	< de 3.5 T
93	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
94	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
95	Vehiculos menores	54	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
96	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
97	Vehiculos menores	55	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
98	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
99	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
100	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
101	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
102	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
103	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
104	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
105	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
106	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
107	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
108	Station Wagon	80	De 1400 a 2000 cc	2001	< de 3.5 T
109	Camioneta Pick Up	50	Mayores de 2000 cc	1999	< de 3.5 T
110	Camioneta Pick Up	90	Mayores de 2000 cc	1995	< de 3.5 T
111	Camioneta Pick Up	250	Mayores de 2000 cc	2007	< de 3.5 T
112	Camioneta Panel	110	De 1400 a 2000 cc	2010	< de 3.5 T
113	Camioneta Panel	90	De 1400 a 2000 cc	2011	< de 3.5 T
114	Camioneta Pick Up	50	De 1400 a 2000 cc	1973	< de 3.5 T
115	Camioneta Panel	25	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
116	Camioneta Panel	40	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
117	Camioneta Panel	50	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
118	Camioneta Panel	40	De 1400 a 2000 cc	2007	< de 3.5 T
119	Camioneta Panel	50	De 1400 a 2000 cc	2010	< de 3.5 T
120	Camioneta Panel	60	De 1400 a 2000 cc	2001	< de 3.5 T



DATOS DE LA ENCUESTA - VEHICULOS A GASOLINA					
N°	TIPO DE VEHICULO	Km/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
121	Camioneta Panel	150	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
122	Vehiculos menores	115	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
123	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
124	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
125	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
126	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
127	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	1998	< de 3.5 T
128	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
129	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
130	Vehiculos menores	130	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
131	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
132	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
133	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
134	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	1989	< de 3.5 T
135	Vehiculos menores	120	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
136	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
137	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
138	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
139	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
140	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
141	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	1986	< de 3.5 T
142	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
143	Camioneta Pick Up	110	Mayores de 2000 cc	2010	< de 3.5 T
144	Automovil	240	De 1400 a 2000 cc	2004	< de 3.5 T
145	Camioneta Pick Up	60	Mayores de 2000 cc	1981	< de 3.5 T
146	Camioneta Pick Up	80	Mayores de 2000 cc	1988	< de 3.5 T
147	Camioneta Pick Up	90	Mayores de 2000 cc	2008	< de 3.5 T
148	Camioneta Pick Up	80	De 1400 a 2000 cc	1994	< de 3.5 T
149	Camioneta Pick Up	80	Mayores de 2000 cc	1996	< de 3.5 T
150	Automovil	250	De 1400 a 2000 cc	2011	< de 3.5 T
151	Automovil	250	De 1400 a 2000 cc	2011	< de 3.5 T
152	Automovil	150	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
153	Automovil	200	De 1400 a 2000 cc	1997	< de 3.5 T
154	Automovil	50	De 1400 a 2000 cc	2005	< de 3.5 T
155	Automovil	100	De 1400 a 2000 cc	2011	< de 3.5 T
156	Automovil	40	De 50 a 1300 cc	2005	< de 3.5 T
157	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
158	Vehiculos menores	160	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
159	Vehiculos menores	100	Menores de 50 cc	2011	< de 3.5 T
160	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T

DATOS DE LA ENCUESTA - VEHICULOS A GASOLINA					
N°	TIPO DE VEHICULO	Km/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
161	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
162	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
163	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
164	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
165	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
166	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2006	< de 3.5 T
167	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
168	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
169	Vehiculos menores	120	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
170	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	1995	< de 3.5 T
171	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
172	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
173	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
174	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
175	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
176	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2006	< de 3.5 T
177	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
178	Vehiculos menores	50	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
179	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
180	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
181	Vehiculos menores	120	De 50 a 1300 cc	1999	< de 3.5 T
182	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
183	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
184	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
185	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
186	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
187	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
188	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
189	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
190	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
191	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
192	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
193	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
194	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
195	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2006	< de 3.5 T
196	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
197	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
198	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
199	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
200	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T

DATOS DE LA ENCUESTA - VEHICULOS A GASOLINA					
N°	TIPO DE VEHICULO	Km/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
201	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
202	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
203	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
204	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
205	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
206	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
207	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
208	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
209	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
210	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
211	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
212	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
213	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
214	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
215	Vehiculos menores	140	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
216	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
217	Vehiculos menores	80	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
218	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
219	Vehiculos menores	150	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
220	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
221	Automovil	180	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
222	Automovil	170	De 1400 a 2000 cc	2010	< de 3.5 T
223	Automovil	130	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
224	Automovil	50	De 1400 a 2000 cc	1998	< de 3.5 T
225	Automovil	130	Menores de 50 cc	2011	< de 3.5 T
226	Automovil	200	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
227	Automovil	300	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
228	Automovil	150	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
229	Automovil	40	De 50 a 1300 cc	1992	< de 3.5 T
230	Automovil	180	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
231	Automovil	180	De 1400 a 2000 cc	1994	< de 3.5 T
232	Camioneta Pick Up	50	De 1400 a 2000 cc	1973	< de 3.5 T
233	Camioneta Panel	40	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
234	Camioneta Panel	40	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
235	Camioneta Panel	50	De 1400 a 2000 cc	2006	< de 3.5 T
236	Camioneta Panel	60	De 1400 a 2000 cc	2007	< de 3.5 T
237	Camioneta Panel	70	De 1400 a 2000 cc	2010	< de 3.5 T
238	Camioneta Panel	80	De 1400 a 2000 cc	2001	< de 3.5 T
239	Camioneta Panel	150	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
240	Vehiculos menores	115	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T

DATOS DE LA ENCUESTA - VEHICULOS A GASOLINA					
N°	TIPO DE VEHICULO	Km/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
241	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
242	Vehiculos menores	90	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
243	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
244	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
245	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	1998	< de 3.5 T
246	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
247	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
248	Vehiculos menores	130	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
249	Vehiculos menores	40	De 50 a 1300 cc	2013	< de 3.5 T
250	Vehiculos menores	50	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
251	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
252	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
253	Vehiculos menores	120	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
254	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
255	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2007	< de 3.5 T
256	Vehiculos menores	60	De 50 a 1300 cc	2010	< de 3.5 T
257	Vehiculos menores	70	De 50 a 1300 cc	2012	< de 3.5 T
258	Vehiculos menores	120	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
259	Vehiculos menores	100	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
260	Vehiculos menores	110	De 50 a 1300 cc	2009	< de 3.5 T
261	Camioneta Pick Up	110	Mayores de 2000 cc	2011	< de 3.5 T
262	Automovil	240	De 1400 a 2000 cc	2004	< de 3.5 T
263	Camioneta Pick Up	60	Mayores de 2000 cc	1981	< de 3.5 T
264	Camioneta Pick Up	80	Mayores de 2000 cc	1988	< de 3.5 T
265	Camioneta Pick Up	90	Mayores de 2000 cc	2008	< de 3.5 T
266	Camioneta Pick Up	80	De 1400 a 2000 cc	1994	< de 3.5 T
267	Camioneta Pick Up	80	Mayores de 2000 cc	1996	< de 3.5 T
268	Automovil	250	De 1400 a 2000 cc	2011	< de 3.5 T
269	Automovil	240	De 1400 a 2000 cc	2011	< de 3.5 T
270	Automovil	120	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T
271	Automovil	80	De 1400 a 2000 cc	1998	< de 3.5 T
272	Automovil	130	Menores de 50 cc	2010	< de 3.5 T
273	Automovil	200	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
274	Automovil	300	De 1400 a 2000 cc	2005	< de 3.5 T
275	Automovil	150	De 50 a 1300 cc	2008	< de 3.5 T
276	Automovil	80	De 50 a 1300 cc	1992	< de 3.5 T
277	Automovil	150	De 1400 a 2000 cc	2012	< de 3.5 T
278	Automovil	120	De 1400 a 2000 cc	1994	< de 3.5 T
279	Camioneta Pick Up	60	De 1400 a 2000 cc	1973	< de 3.5 T
280	Camioneta Panel	50	De 50 a 1300 cc	2011	< de 3.5 T

ANEXO 5

DATOS DE LA ENCUESTA DE VEHÍCULOS DIÉSEL

DATOS DE LA ENCUESTA -VEHICULOS DIESEL					
Nº	TIPO DE VEHICULO	KM/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
1	Automovil	250	De 1400 a 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
2	Station Wagon	120	De 1400 a 2000 cc	2002	Menores de 3.5 T
3	Station Wagon	160	De 1400 a 2000 cc	1998	Menores de 3.5 T
4	Station Wagon	60	De 1400 a 2000 cc	2000	Menores de 3.5 T
5	Station Wagon	150	De 50 a 1300 cc	2002	Menores de 3.5 T
6	Camioneta Rural	240	Mayores de 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T
7	Camioneta Rural	180	Mayores de 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
8	Camioneta Rural	220	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
9	Camioneta Rural	150	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
10	Camioneta Rural	220	Mayores de 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
11	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
12	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
13	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
14	Camioneta Rural	180	Mayores de 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T
15	Camioneta Rural	250	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
16	Camioneta Rural	220	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
17	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
18	Camioneta Rural	250	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
19	Camioneta Rural	250	Mayores de 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
20	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
21	Camioneta Rural	300	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
22	Camioneta Rural	170	De 1400 a 2000 cc	1989	Menores de 3.5 T
23	Camioneta Rural	170	De 1400 a 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
24	Camioneta Rural	180	Mayores de 2000 cc	1992	Menores de 3.5 T
25	Camioneta Rural	170	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
26	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	1995	Menores de 3.5 T
27	Camioneta Rural	170	Mayores de 2000 cc	1988	Menores de 3.5 T
28	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	1993	Menores de 3.5 T
29	Camioneta Rural	170	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
30	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	1991	Menores de 3.5 T
31	Camioneta Rural	180	Mayores de 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
32	Camioneta Rural	180	Mayores de 2000 cc	1997	Menores de 3.5 T
33	Camioneta Rural	170	Mayores de 2000 cc	1992	Menores de 3.5 T
34	Camioneta Rural	300	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
35	Camioneta Rural	300	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
36	Camioneta Rural	240	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
37	Camioneta Rural	280	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
38	Camioneta Rural	220	Mayores de 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
39	Camioneta Rural	250	Mayores de 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
40	Camioneta Rural	170	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T

Nº	TIPO DE VEHICULO	KM/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
41	Camioneta Rural	250	Mayores de 2000 cc	2005	Menores de 3.5 T
42	Omnibus	250	Mayores de 2000 cc	1985	Mayores a 16 T
43	Omnibus	315	Mayores de 2000 cc	2007	Mayores a 16 T
44	Omnibus	750	Mayores de 2000 cc	2010	Mayores a 16 T
45	Omnibus	600	Mayores de 2000 cc	2008	Mayores a 16 T
46	Camioneta Rural	240	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
47	Camioneta Rural	250	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
48	Camioneta Rural	300	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
49	Camioneta Rural	180	Mayores de 2000 cc	1991	Menores de 3.5 T
50	Camioneta Rural	195	Mayores de 2000 cc	1995	Menores de 3.5 T
51	Camioneta Rural	180	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
52	Camioneta Rural	180	Mayores de 2000 cc	2004	Menores de 3.5 T
53	Camioneta Rural	300	Mayores de 2000 cc	1995	Menores de 3.5 T
54	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	1993	Menores de 3.5 T
55	Camioneta Rural	180	Mayores de 2000 cc	1995	Menores de 3.5 T
56	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
57	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
58	Camioneta Rural	220	Mayores de 2000 cc	2004	Menores de 3.5 T
59	Camioneta Rural	189	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
60	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	1996	Menores de 3.5 T
61	Camioneta Rural	190	Mayores de 2000 cc	1996	Menores de 3.5 T
62	Camioneta Rural	200	De 1400 a 2000 cc	1997	Menores de 3.5 T
63	Camioneta Rural	170	Mayores de 2000 cc	1996	Menores de 3.5 T
64	Camioneta Rural	160	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
65	Camioneta Rural	240	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
66	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	1996	Menores de 3.5 T
67	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
68	Station Wagon	60	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
69	Station Wagon	320	De 1400 a 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
70	Camioneta Pick Up	120	De 1400 a 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T
71	Camioneta Pick Up	20	Mayores de 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
72	Camioneta Pick Up	80	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
73	Camioneta Pick Up	130	Mayores de 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T
74	Camioneta Rural	300	De 1400 a 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
75	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
76	Camioneta Rural	360	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
77	Camioneta Rural	200	Mayores de 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
78	Camioneta Rural	150	De 1400 a 2000 cc	1997	Menores de 3.5 T
79	Camioneta Rural	300	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
80	Camioneta Rural	120	De 1400 a 2000 cc	1986	Menores de 3.5 T



DATOS DE LA ENCUESTA -VEHICULOS DIESEL					
Nº	TIPO DE VEHICULO	KM/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
81	Omnibus	70	Mayores de 2000 cc	2010	Mayores a 16 T
82	Camioneta Pick Up	90	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
83	Camioneta Pick Up	120	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
84	Camioneta Pick Up	110	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
85	Camioneta Pick Up	70	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
86	Camioneta Pick Up	40	Mayores de 2000 cc	2001	Menores de 3.5 T
87	Camioneta Pick Up	50	Mayores de 2000 cc	2002	Menores de 3.5 T
88	Camioneta Pick Up	135	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
89	Camioneta Pick Up	150	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
90	Camioneta Pick Up	280	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
91	Camioneta Pick Up	200	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
92	Camioneta Pick Up	170	Mayores de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
93	Camioneta Pick Up	150	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
94	Camioneta Pick Up	160	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
95	Camioneta Pick Up	150	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
96	Camioneta Pick Up	30	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
97	Camioneta Pick Up	30	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
98	Camioneta Pick Up	100	Mayores de 2000 cc	2001	Menores de 3.5 T
99	Camioneta Pick Up	120	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
100	Camioneta Pick Up	110	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
101	Camioneta Pick Up	250	Mayores de 2000 cc	2013	Menores de 3.5 T
102	Camioneta Pick Up	40	Mayores de 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T
103	Camioneta Pick Up	350	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
104	Camioneta Pick Up	50	Mayores de 2000 cc	1999	Menores de 3.5 T
105	Camioneta Pick Up	40	Mayores de 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T
106	Camioneta Pick Up	120	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
107	Camioneta Pick Up	150	Mayores de 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
108	Omnibus	120	Mayores de 2000 cc	1990	De 3.5 a 16 T
109	Omnibus	70	Mayores de 2000 cc	2011	De 3.5 a 16 T
110	Omnibus	50	Mayores de 2000 cc	2000	De 3.5 a 16 T
111	Omnibus	80	Mayores de 2000 cc	2011	De 3.5 a 16 T
112	Omnibus	120	Mayores de 2000 cc	2000	De 3.5 a 16 T
113	Camion	120	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
114	Camion	10	Mayores de 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
115	Camion	25	Mayores de 2000 cc	1993	Menores de 3.5 T
116	Camion	80	De 1400 a 2000 cc	2005	De 3.5 a 16 T
117	Camion	70	Mayores de 2000 cc	2012	De 3.5 a 16 T
118	Remolcador	40	Mayores de 2000 cc	1995	Mayores a 16 T
119	Remolcador	50	Mayores de 2000 cc	1984	De 3.5 a 16 T
120	Camioneta Pick Up	12	Mayores de 2000 cc	1997	Menores de 3.5 T



DATOS DE LA ENCUESTA -VEHICULOS DIESEL					
Nº	TIPO DE VEHICULO	KM/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
121	Camioneta Pick Up	170	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
122	Camioneta Pick Up	30	Mayores de 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
123	Camioneta Pick Up	10	Mayores de 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
124	Camioneta Pick Up	40	Mayores de 2000 cc	2005	Menores de 3.5 T
125	Camioneta Pick Up	20	Mayores de 2000 cc	1997	Menores de 3.5 T
126	Camioneta Pick Up	150	Mayores de 2000 cc	1998	Menores de 3.5 T
127	Camioneta Pick Up	50	De 1400 a 2000 cc	1973	Menores de 3.5 T
128	Camioneta Pick Up	60	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
129	Camioneta Pick Up	120	Mayores de 2000 cc	1999	Menores de 3.5 T
130	Camion	60	Mayores de 2000 cc	2000	Mayores a 16 T
131	Camion	120	Mayores de 2000 cc	1994	De 3.5 a 16 T
132	Camion	120	Mayores de 2000 cc	2001	De 3.5 a 16 T
133	Camion	80	Mayores de 2000 cc	1993	De 3.5 a 16 T
134	Camion	50	Mayores de 2000 cc	2011	De 3.5 a 16 T
135	Camion	70	Mayores de 2000 cc	1996	De 3.5 a 16 T
136	Camion	80	Mayores de 2000 cc	2012	De 3.5 a 16 T
137	Camion	120	Mayores de 2000 cc	1995	De 3.5 a 16 T
138	Camion	100	Mayores de 2000 cc	2012	Mayores a 16 T
139	Camion	80	Mayores de 2000 cc	1994	De 3.5 a 16 T
140	Camion	90	Mayores de 2000 cc	2012	De 3.5 a 16 T
141	Camion	60	Mayores de 2000 cc	1996	Mayores a 16 T
142	Camion	50	Mayores de 2000 cc	1997	De 3.5 a 16 T
143	Camion	32	Mayores de 2000 cc	1992	De 3.5 a 16 T
144	Camion	60	Mayores de 2000 cc	2008	De 3.5 a 16 T
145	Camion	40	De 1400 a 2000 cc	2010	De 3.5 a 16 T
146	Camion	50	Mayores de 2000 cc	1995	De 3.5 a 16 T
147	Camion	40	Mayores de 2000 cc	2002	Mayores a 16 T
148	Camion	50	Mayores de 2000 cc	2012	Mayores a 16 T
149	Camion	120	Mayores de 2000 cc	1996	De 3.5 a 16 T
150	Camion	80	De 1400 a 2000 cc	2008	De 3.5 a 16 T
151	Camion	40	Mayores de 2000 cc	2008	Mayores a 16 T
152	Camion	120	Mayores de 2000 cc	2003	De 3.5 a 16 T
153	Camion	150	Mayores de 2000 cc	2008	De 3.5 a 16 T
154	Camion	90	Mayores de 2000 cc	2009	De 3.5 a 16 T
155	Camion	60	Mayores de 2000 cc	1996	Mayores a 16 T
156	Camion	120	Mayores de 2000 cc	2008	De 3.5 a 16 T
157	Camion	130	Mayores de 2000 cc	2011	Mayores a 16 T
158	Camion	80	Mayores de 2000 cc	1996	Mayores a 16 T
159	Camion	70	Mayores de 2000 cc	1993	De 3.5 a 16 T
160	Camion	60	Mayores de 2000 cc	1994	De 3.5 a 16 T

DATOS DE LA ENCUESTA -VEHICULOS DIESEL					
Nº	TIPO DE VEHICULO	KM/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
161	Camion	80	Mayores de 2000 cc	2004	De 3.5 a 16 T
162	Camion	120	Mayores de 2000 cc	2012	De 3.5 a 16 T
163	Camion	80	Mayores de 2000 cc	1997	Mayores a 16 T
164	Camion	60	Mayores de 2000 cc	2004	Mayores a 16 T
165	Camion	50	Mayores de 2000 cc	1997	Mayores a 16 T
166	Camion	40	Mayores de 2000 cc	1999	Mayores a 16 T
167	Camion	50	Mayores de 2000 cc	2008	De 3.5 a 16 T
168	Camion	60	Mayores de 2000 cc	2000	Mayores a 16 T
169	Camion	60	Mayores de 2000 cc	2005	Mayores a 16 T
170	Camion	50	Mayores de 2000 cc	1992	Mayores a 16 T
171	Camion	120	Mayores de 2000 cc	2008	Mayores a 16 T
172	Camion	120	Mayores de 2000 cc	1994	De 3.5 a 16 T
173	Camion	50	Mayores de 2000 cc	2008	Mayores a 16 T
174	Camion	70	Mayores de 2000 cc	2000	Mayores a 16 T
175	Camion	80	Mayores de 2000 cc	1992	De 3.5 a 16 T
176	Camion	120	Mayores de 2000 cc	2007	Mayores a 16 T
177	Camion	60	Mayores de 2000 cc	2008	De 3.5 a 16 T
178	Camion	50	Mayores de 2000 cc	1997	Mayores a 16 T
179	Camion	40	Mayores de 2000 cc	2009	De 3.5 a 16 T
180	Camion	60	Mayores de 2000 cc	1997	De 3.5 a 16 T
181	Camion	20	Mayores de 2000 cc	1998	De 3.5 a 16 T
182	Camioneta Panel	30	De 1400 a 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
183	Camioneta Panel	30	Mayores de 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
184	Remolcador	30	Mayores de 2000 cc	2010	De 3.5 a 16 T
185	Remolcador	40	Mayores de 2000 cc	1998	De 3.5 a 16 T
186	Remolcador	50	Mayores de 2000 cc	2008	De 3.5 a 16 T
187	Remolcador	60	Mayores de 2000 cc	1999	De 3.5 a 16 T
188	Remolcador	30	Mayores de 2000 cc	2011	De 3.5 a 16 T
189	Remolcador	40	Mayores de 2000 cc	2010	De 3.5 a 16 T
190	Remolcador	50	Mayores de 2000 cc	2009	De 3.5 a 16 T
191	Remolcador	60	Mayores de 2000 cc	2007	De 3.5 a 16 T
192	Remolcador	40	Mayores de 2000 cc	2006	De 3.5 a 16 T
193	Remolcador	30	Mayores de 2000 cc	1999	De 3.5 a 16 T
194	Remolcador	40	Mayores de 2000 cc	1993	De 3.5 a 16 T
195	Omnibus	120	Mayores de 2000 cc	2011	Mayores a 16 T
196	Omnibus	60	Mayores de 2000 cc	2012	De 3.5 a 16 T
197	Omnibus	80	Mayores de 2000 cc	2010	Mayores a 16 T
198	Omnibus	90	Mayores de 2000 cc	1999	Mayores a 16 T
199	Omnibus	120	Mayores de 2000 cc	1999	Mayores a 16 T
200	Omnibus	80	Mayores de 2000 cc	2010	Mayores a 16 T

ANEXO 6

DATOS DE LA ENCUESTA DE VEHÍCULOS A GAS

DATOS DE LA ENCUESTA -VEHICULOS A GAS					
Nº	TIPO DE VEHÍCULO	km/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
1	Automovil	170	De 50 a 1300 cc	2005	Menores de 3.5 T
2	Automovil	200	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
3	Automovil	250	De 1400 a 2000 cc	2002	Menores de 3.5 T
4	Automovil	130	De 1400 a 2000 cc	1999	Menores de 3.5 T
5	Automovil	250	De 1400 a 2000 cc	1997	Menores de 3.5 T
6	Automovil	203	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
7	Automovil	220	De 1400 a 2000 cc	2006	Menores de 3.5 T
8	Automovil	150	De 1400 a 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
9	Station Wagon	150	De 50 a 1300 cc	1991	Menores de 3.5 T
10	Station Wagon	200	De 50 a 1300 cc	1994	Menores de 3.5 T
11	Station Wagon	180	De 1400 a 2000 cc	1994	Menores de 3.5 T
12	Station Wagon	200	De 1400 a 2000 cc	1998	Menores de 3.5 T
13	Station Wagon	180	De 1400 a 2000 cc	2002	Menores de 3.5 T
14	Station Wagon	200	De 50 a 1300 cc	1996	Menores de 3.5 T
15	Station Wagon	200	De 1400 a 2000 cc	1996	Menores de 3.5 T
16	Station Wagon	150	De 1400 a 2000 cc	1999	Menores de 3.5 T
17	Station Wagon	150	De 1400 a 2000 cc	2002	Menores de 3.5 T
18	Station Wagon	200	De 1400 a 2000 cc	2001	Menores de 3.5 T
19	Station Wagon	350	De 1400 a 2000 cc	2000	Menores de 3.5 T
20	Station Wagon	200	De 1400 a 2000 cc	1996	Menores de 3.5 T
21	Station Wagon	120	De 1400 a 2000 cc	1998	Menores de 3.5 T
22	Station Wagon	200	De 1400 a 2000 cc	1993	Menores de 3.5 T
23	Automovil	370	De 1400 a 2000 cc	1995	Menores de 3.5 T
24	Automovil	220	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
25	Automovil	300	De 1400 a 2000 cc	2002	Menores de 3.5 T
26	Camioneta Pick Up	100	Mayor de 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
27	Camioneta Pick Up	80	Mayor de 2000 cc	1996	Menores de 3.5 T
28	Automovil	250	De 1400 a 2000 cc	2005	Menores de 3.5 T
29	Automovil	350	De 1400 a 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
30	Automovil	300	De 1400 a 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T
31	Automovil	250	De 50 a 1300 cc	2011	Menores de 3.5 T
32	Automovil	100	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
33	Camioneta Panel	100	De 1400 a 2000 cc	1993	Menores de 3.5 T
34	Automovil	190	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
35	Automovil	180	De 50 a 1300 cc	2006	Menores de 3.5 T
36	Automovil	140	De 50 a 1300 cc	2012	Menores de 3.5 T
37	Automovil	140	De 1400 a 2000 cc	2000	Menores de 3.5 T
38	Automovil	160	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
39	Automovil	180	De 1400 a 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
40	Automovil	300	De 1400 a 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T

DATOS DE LA ENCUESTA -VEHICULOS A GAS					
N°	TIPO DE VEHÍCULO	km/DIA	CILINDRADA	AÑO FAB.	PESO
41	Automovil	150	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
42	Automovil	535	De 1400 a 2000 cc	2007	Menores de 3.5 T
43	Automovil	300	De 50 a 1300 cc	2007	Menores de 3.5 T
44	Automovil	300	De 1400 a 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T
45	Automovil	250	De 1400 a 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
46	Automovil	350	De 1400 a 2000 cc	2004	Menores de 3.5 T
47	Automovil	180	De 1400 a 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
48	Automovil	300	De 1400 a 2000 cc	2005	Menores de 3.5 T
49	Automovil	300	De 1400 a 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
50	Automovil	150	De 1400 a 2000 cc	2010	Menores de 3.5 T
51	Automovil	150	De 1400 a 2000 cc	2008	Menores de 3.5 T
52	Automovil	20	De 1400 a 2000 cc	2009	Menores de 3.5 T
53	Automovil	160	De 1400 a 2000 cc	1997	Menores de 3.5 T
54	Automovil	300	De 1400 a 2000 cc	2006	Menores de 3.5 T
55	Automovil	160	De 1400 a 2000 cc	2012	Menores de 3.5 T
56	Automovil	150	De 1400 a 2000 cc	2011	Menores de 3.5 T
57	Automovil	160	De 50 a 1300 cc	2012	Menores de 3.5 T
58	Automovil	150	De 50 a 1300 cc	2008	Menores de 3.5 T
59	Automovil	150	De 50 a 1300 cc	2008	Menores de 3.5 T
60	Automovil	200	De 50 a 1300 cc	2007	Menores de 3.5 T
61	Automovil	180	De 1400 a 2000 cc	1997	Menores de 3.5 T
62	Station Wagon	200	De 1400 a 2000 cc	1998	Menores de 3.5 T
63	Station Wagon	180	De 1400 a 2000 cc	2006	Menores de 3.5 T
64	Station Wagon	20	De 1400 a 2000 cc	1998	Menores de 3.5 T
65	Station Wagon	150	De 50 a 1300 cc	1997	Menores de 3.5 T
66	Station Wagon	200	De 50 a 1300 cc	1998	Menores de 3.5 T
67	Station Wagon	150	De 1400 a 2000 cc	1998	Menores de 3.5 T
68	Station Wagon	130	De 1400 a 2000 cc	2002	Menores de 3.5 T
69	Station Wagon	140	De 1400 a 2000 cc	1995	Menores de 3.5 T
70	Station Wagon	120	De 1400 a 2000 cc	1996	Menores de 3.5 T
71	Station Wagon	15	De 1400 a 2000 cc	2002	Menores de 3.5 T
72	Station Wagon	200	De 1400 a 2000 cc	2003	Menores de 3.5 T
73	Station Wagon	180	De 1400 a 2000 cc	1998	Menores de 3.5 T
74	Station Wagon	120	De 1400 a 2000 cc	1992	Menores de 3.5 T
75	Station Wagon	150	De 1400 a 2000 cc	2001	Menores de 3.5 T
76	Station Wagon	160	De 1400 a 2000 cc	2001	Menores de 3.5 T
77	Station Wagon	180	De 1400 a 2000 cc	2006	Menores de 3.5 T
78	Station Wagon	250	De 1400 a 2000 cc	1996	Menores de 3.5 T
79	Station Wagon	160	De 1400 a 2000 cc	1995	Menores de 3.5 T
80	Station Wagon	200	De 1400 a 2000 cc	2002	Menores de 3.5 T

ANEXO 7

FACTORES PARA CALCULO DE EMISION DE  
CONTAMINANTES EN VEHÍCULOS

N.º CIU	PROCESO	UNIDAD (U)	PST					COV	
			kg/U	SO <sub>2</sub> kg/U	NO <sub>x</sub> kg/U	CO kg/U		kg/U	kg/U
	Tanques de techo fijo								
	Gasolina	(m <sup>3</sup> capacidad de almacenamiento)*año						13,1	
	Petróleo crudo Nafta para aviones	(m <sup>3</sup> capacidad de almacenamiento)*año						2,8	
	Keroseno para aviones Aceite destilado	(m <sup>3</sup> capacidad de almacenamiento)*año						3,8	
	Estaciones de llenado de combustible para flotas	(m <sup>3</sup> capacidad de almacenamiento)*año						0,19	
	Carga de gasolina							0,17	
	Carga por chorro	m <sup>3</sup> de gasolina						1,43	
		t de gasolina						1,94	
	Carga sumergida								
	Servicio normal	m <sup>3</sup> de gasolina						0,59	
		t de gasolina						0,8	
	Servicio de balance de vapor	m <sup>3</sup> de gasolina						0,98	
		t de gasolina						1,33	
	Vapor controlado	m <sup>3</sup> de gasolina						0,05	
		t de gasolina						0,07	
	Nafta para aviones								
	Carga por chorro	m <sup>3</sup> de nafta						0,43	
		t de nafta						0,58	
	Carga sumergida								
	Servicio normal	m <sup>3</sup> de nafta						0,18	
		t de nafta						0,24	
	Servicio de balance de vapor	m <sup>3</sup> de nafta						0,3	
		t de nafta						0,4	

## 620 Comercio al por menor

Operaciones en la estación de servicios Carga de tanques subterráneos

Carga por chorro	m <sup>3</sup> de gasolina	1,5
	t de gasolina	2,03
Carga sumergida	m <sup>3</sup> de gasolina	1
	t de gasolina	1,353
Carga con balance de vapor	m <sup>3</sup> de gasolina	0,16
	t de gasolina	0,217
Recarga con combustible para vehículos		
No controlado	m <sup>3</sup> de gasolina	1,4
	t de gasolina	1,894
Carga con balance de vapor	m <sup>3</sup> de gasolina	0,212
	t de gasolina	0,287

## DIVISIÓN PRINCIPAL 7. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIÓN

### 711 Transporte terrestre<sup>69</sup>

Vehículos ligeros con motor de gasolina < 3,5 t Emisiones evaporativas<sup>70</sup>

Emisiones por difusión del calor <sup>71</sup>		
Vehículos con carburadores	1.000 km	9,4/Viaje
Vehículos con inyección de combustible	1.000 km	0,7/Viaje
Pérdidas durante el recorrido	1.000 km	0,1 a 1
Pérdidas diurnas		
No controlado	Carro*año	2,635
Controles de emisiones de vapor <sup>72</sup>	Carro*año	0,0694

N.º CIU	PROCESO	UNIDAD (U)	PST kg/U	SO <sub>2</sub> kg/U	NO <sub>x</sub> kg/U	CO kg/U	COV kg/U		kg/U
	Emisiones de tubos de escape <sup>73</sup>								
	Periodo de producción del vehículo hasta 1971								
	Circulación en zonas urbanas								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,07	1,9S	1,64	45,6	3,86	Pb	0,13P
		t de combustible	0,74	20S	17,29	480,6	40,69	Pb	1,35P
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,07	2,22S	1,87	45,6	3,86	Pb	0,15P
		t de combustible	0,63	20S	16,87	411,6	34,85	Pb	1,35P
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,07	2,74S	2,25	45,6	3,86	Pb	0,19P
		t de combustible	0,51	20S	16,42	332,8	28,17	Pb	1,35P
	Circulación en suburbios								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	1,15S	2,01	25,13	2,03	Pb	0,08P
		t de combustible	0,87	20S	35,01	437,4	35,32	Pb	1,35P
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,4S	2,51	25,13	2,03	Pb	0,09P
		t de combustible	0,71	20S	35,91	359,7	29,05	Pb	1,35P
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,66S	3,03	25,13	2,03	Pb	0,11P
		t de combustible	0,6	20S	36,5	302,5	24,43	Pb	1,35P
	Circulación en autopistas								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	1,2S	2,02	16,66	1,32	Pb	0,08P
		t de combustible	0,83	20S	33,59	277	21,94	Pb	1,35P
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,49S	3,13	16,66	1,32	Pb	0,10P
		t de combustible	0,67	20S	42,06	224,1	17,76	Pb	1,35P
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,81S	3,59	16,66	1,32	Pb	0,12P
		t de combustible	0,55	20S	39,64	183,7	14,55	Pb	1,35P
	Periodo de producción de vehículos de 1972 a 1977								
	Circulación en zonas urbanas								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,07	1,66S	1,64	33,42	3,07	Pb	0,11P
		t de combustible	0,84	20S	19,75	402,4	36,95	Pb	1,35P
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,07	1,92S	1,87	33,42	3,07	Pb	0,13P
		t de combustible	0,73	20S	19,43	347,5	31,9	Pb	1,35P
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,07	2,2S	2,25	33,42	3,07	Pb	0,15P
		t de combustible	0,64	20S	20,42	303,3	27,85	Pb	1,35P
	Circulación en zonas residenciales								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	0,94S	2,01	16,96	1,51	Pb	0,06P
		t de combustible	1,06	20S	42,73	360,3	32	Pb	1,35P
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,11S	2,51	16,96	1,51	Pb	0,08P
		t de combustible	0,9	20S	45,02	304,4	27,03	Pb	1,35P
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,24S	3,03	16,96	1,51	Pb	0,08P
		t de combustible	0,81	20S	48,84	273,2	24,26	Pb	1,35P
	Circulación en autopistas								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	0,98S	2,02	19,98	1,19	Pb	0,07P
		t de combustible	1,02	20S	41,1	406,6	24,13	Pb	1,35P
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,19S	3,13	19,98	1,19	Pb	0,08P
		t de combustible	0,84	20S	52,41	335,1	19,89	Pb	1,35P
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,34S	3,59	19,98	1,19	Pb	0,09P
		t de combustible	0,75	20S	53,73	298,7	17,73	Pb	1,35P
	Periodo de producción de vehículos de 1978 a 1980								
	Circulación en zonas urbanas								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,07	1,39S	1,5	28,44	2,84	Pb	0,09P
		t de combustible	1	20S	21,65	410	40,93	Pb	1,35P
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,07	1,68S	1,72	28,44	2,84	Pb	0,11P
		t de combustible	0,83	20S	20,47	337,6	33,7	Pb	1,35P
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,07	2,13S	1,97	28,44	2,84	Pb	0,14P
		t de combustible	0,66	20S	18,48	266,5	26,61	Pb	1,35P
	Circulación en zonas residenciales								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	0,88S	1,9	13,54	1,37	Pb	0,06P
		t de combustible	1,14	20S	43,04	307,5	31,11	Pb	1,35P



N.º CIU	PROCESO	UNIDAD (U)	PST	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV		kg/U
			kg/U	kg/U	kg/U	kg/U	kg/U		
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,1S	2,18	13,54	1,37	Pb	0,07P
		t de combustible	0,91	20S	39,47	245,4	24,83	Pb	1,35P
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,35S	2,48	13,54	1,37	Pb	0,09P
		t de combustible	0,74	20S	36,86	201,1	20,34	Pb	1,35P
	Circulación en autopistas								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	1,03S	2,96	10,47	1	Pb	0,07P
		t de combustible	0,97	20S	57,25	202,7	19,45	Pb	1,35P
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,23S	3,34	10,47	1	Pb	0,08P
		t de combustible	0,81	20S	54,21	170,2	16,33	Pb	1,35P
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,47S	3,71	10,47	1	Pb	0,10P
		t de combustible	0,68	20S	50,44	142,3	13,65	Pb	1,35P
Periodo de producción de vehículos de 1981 a 1984									
Circulación en zonas urbanas									
Motor < 1.400 cc		1.000 km	0,07	1,39S	1,58	23,4	2,84	Pb	0,09P
		t de combustible	1	20S	22,74	337,3	40,93	Pb	1,35P
Motor 1.400-2.000 cc		1.000 km	0,07	1,68S	1,92	23,4	2,84	Pb	0,11P
		t de combustible	0,83	20S	22,77	277,8	33,7	Pb	1,35P
Motor > 2.000 cc		1.000 km	0,07	2,13S	2,57	23,4	2,84	Pb	0,14P
		t de combustible	0,66	20S	24,12	219,3	26,61	Pb	1,35P
Circulación en zonas urbanas									
Motor < 1.400 cc		1.000 km	0,05	0,88S	1,98	9,26	1,37	Pb	0,06P
		t de combustible	1,14	20S	45,01	210,3	31,11	Pb	1,35P
Motor 1.400-2.000 cc		1.000 km	0,05	1,1S	2,35	9,26	1,37	Pb	0,07P
		t de combustible	0,91	20S	42,61	167,8	24,83	Pb	1,35P
Motor > 2.000 cc		1.000 km	0,05	1,35S	3,03	9,26	1,37	Pb	0,09P
		t de combustible	0,74	20S	44,98	137,5	20,34	Pb	1,35P
Circulación en autopistas									
Motor < 1.400 cc		1.000 km	0,05	1,03S	3,26	6,71	1	Pb	0,07P
		t de combustible	0,97	20S	63,16	129,8	19,45	Pb	1,35P
Motor 1.400-2.000 cc		1.000 km	0,05	1,23S	3,7	6,71	1	Pb	0,08P
		t de combustible	0,81	20S	60,04	109	16,33	Pb	1,35P
Motor > 2.000 cc		1.000 km	0,05	1,47S	4,47	6,71	1	Pb	0,01P
		t de combustible	0,68	20S	60,68	91,11	13,65	Pb	1,35P
Periodo de producción de vehículos de 1985 a 1992									
Circulación en zonas urbanas									
Motor < 1.400 cc		1.000 km	0,07	1,27S	1,5	15,73	2,23	Pb	0,09P
		t de combustible	1,1	20S	23,75	248,3	35,25	Pb	1,35P
Motor 1.400-2.000 cc		1.000 km	0,07	1,62S	1,78	15,73	2,23	Pb	0,11P
		t de combustible	0,86	20S	22,02	194,7	27,65	Pb	1,35P
Motor > 2.000 cc		1.000 km	0,07	1,85S	2,51	15,73	2,23	Pb	0,13P
		t de combustible	0,76	20S	27,11	169,7	24,09	Pb	1,35P
Circulación en zonas residenciales									
Motor < 1.400 cc		1.000 km	0,05	0,80S	2,06	6,99	1,05	Pb	0,05P
		t de combustible	1,25	20S	51,26	173,7	26,11	Pb	1,35P
Motor 1.400-2.000 cc		1.000 km	0,05	0,97S	2,31	6,99	1,05	Pb	0,07P
		t de combustible	1,03	20S	47,62	144,3	26,68	Pb	1,35P
Motor > 2.000 cc		1.000 km	0,05	1,17S	3,14	6,99	1,05	Pb	0,08P
		t de combustible	0,85	20S	53,81	119,9	18,02	Pb	1,35P
Circulación en autopistas									
Motor < 1.400 cc		1.000 km	0,05	0,96S	2,85	3,56	0,69	Pb	0,07P
		t de combustible	1,04	20S	59,18	73,9	14,26	Pb	1,35P
Motor 1.400-2.000 cc		1.000 km	0,05	1,08S	3,1	3,56	0,69	Pb	0,07P
		t de combustible	0,93	20S	57,21	65,85	12,71	Pb	1,35P
Motor > 2.000 cc		1.000 km	0,05	1,36S	4,09	3,56	0,69	Pb	0,09P
		t de combustible	0,74	20S	60,29	52,5	10,13	Pb	1,35P

N.º CIU	PROCESO	UNIDAD (U)	PST kg/U	SO <sub>2</sub> kg/U	NO <sub>x</sub> kg/U	CO kg/U	COV kg/U	kg/U
Vehículos con convertidores catalíticos de tres vías no controlados <sup>74</sup>								
	Circulación en zonas urbanas							
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,07	1,74S	1,31	10,24	1,29	
		t de combustible	0,8	20S	15,13	118	14,83	
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,07	2,05S	1,13	6,46	0,6	
		t de combustible	0,68	20S	10,97	62,9	5,85	
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,07	2,35S	1,13	6,46	0,6	
		t de combustible	0,6	20S	9,56	54,9	5,1	
	Circulación en zonas residenciales							
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	1,10S	1,74	5,15	0,61	
		t de combustible	0,91	20S	31,53	93,4	11,1	
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,23S	1,43	2,96	0,28	
		t de combustible	0,81	20S	23,19	48,18	4,49	
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,48S	1,43	2,96	0,28	
		t de combustible	0,68	20S	19,27	40	3,73	
	Circulación en autopistas							
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	1,32S	2,23	2,58	0,4	
		t de combustible	0,76	20S	33,8	39,1	6	
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,37S	1,83	1,29	0,17	
		t de combustible	0,73	20S	26,56	18,8	2,41	
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,72S	1,83	1,29	0,17	
		t de combustible	0,58	20S	21,16	15	1,92	
Vehículos con convertidores catalíticos de tres vías controlados <sup>75</sup> Circulación en zonas urbanas								
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,07	1,61S	0,2	1,71	0,24	
		t de combustible	0,87	20S	2,46	21,21	2,95	
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,07	1,94S	0,25	1,49	0,19	
		t de combustible	0,72	20S	2,57	15,39	1,93	
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,07	2,23S	0,25	1,49	0,19	
		t de combustible	0,63	20S	2,24	13,41	1,68	
	Circulación en zonas residenciales							
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	1,02S	0,33	1,33	0,19	
		t de combustible	0,98	20S	6,52	25,96	3,69	
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,16S	0,34	1,04	0,13	
		t de combustible	0,86	20S	5,79	17,88	2,19	
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,40S	0,34	1,04	0,13	
		t de combustible	0,71	20S	4,81	14,87	1,82	
	Circulación en autopistas							
	Motor < 1.400 cc	1.000 km	0,05	1,22S	0,24	0,9	0,11	
		t de combustible	0,82	20S	3,89	14,76	1,76	
	Motor 1.400-2.000 cc	1.000 km	0,05	1,30S	0,25	0,54	0,6	
		t de combustible	0,77	20S	3,91	8,29	0,95	
	Motor > 2.000 cc	1.000 km	0,05	1,63S	0,25	0,54	0,06	
		t de combustible	0,61	20S	3,12	6,6	0,76	
Vehículos pesados con motor de gasolina > 3,5 t								
	Circulación en zonas urbanas	1.000 km	0,4	4,5S	4,5	70	7	Pb 0,31P
		t de combustible	3,5	20S	20	300	30	Pb 1,35P
	Circulación en zonas residenciales	1.000 km	0,45	3,7S	7,5	55	5,5	Pb 0,25P
		t de combustible	2,4	20S	40	300	30	Pb 1,35P
	Circulación en autopistas	1.000 km	0,6	3,3S	7,5	50	3,5	Pb 0,22P
		t de combustible	3,6	20S	45	300	20	Pb 1,35P
Vehículos ligeros con motor diésel < 3,5 t <sup>76</sup>								
	Circulación en zonas urbanas	1.000 km	0,2	1,16S	0,7	1	0,15	
	t de combustible		3,5	20S	12	18	2,6	

N.º CIU	PROCESO	UNIDAD (U)	PST	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV
			kg/U	kg/U	kg/U	kg/U	kg/U
	Circulación en zonas residenciales	1.000 km	0,15	0,84S	0,55	0,85	0,4
		t de combustible	3,5	20S	13	20	9,5
	Circulación en autopistas	1.000 km	0,3	1,3S	1	1,25	0,4
		t de combustible	4,7	20S	15	19	6,1
Vehículos pesados con motor diésel 3,5-16 t <sup>77</sup>							
	Circulación en zonas urbanas	1.000 km	0,9	4,29S	11,8	6	2,6
		t de combustible	4,3	20S	55	28	12
	Circulación en zonas residenciales	1.000 km	0,9	4,15S	14,4	2,9	0,8
		t de combustible	4,3	20S	70	14	4
	Circulación en autopistas	1.000 km	0,9	4,15S	14,4	2,9	0,8
		t de combustible	4,3	20S	70	14	4
Camiones pesados con motor diésel >16 t <sup>78</sup>							
	Circulación en zonas urbanas	1.000 km	1,6	7,26S	18,2	7,3	5,8
		t de combustible	4,3	20S	50	20	16
	Circulación en zonas residenciales	1.000 km	1,6	7,43S	24,1	3,7	3
		t de combustible	4,3	20S	65	10	8
	Circulación en autopistas	1.000 km	1,3	6,1S	19,8	3,1	2,4
		t de combustible	4,3	20S	65	10	8
Buses pesados con motor diésel >16 t <sup>79</sup>							
	Circulación en zonas urbanas	1.000 km	1,4	6,6S	16,5	6,6	5,3
		t de combustible	4,3	20S	50	20	16
	Circulación en zonas residenciales	1.000 km	1,2	5,61S	18,2	2,8	2,2
		t de combustible	4,3	20S	65	10	8
	Circulación en autopistas	1.000 km	0,9	6,11S	13,9	2,1	1,7
		t de combustible	4,3	20S	65	10	8
Vehículos ligeros con motor LPG < 3,5 t <sup>80</sup> Sin convertidores catalíticos							
	Circulación en zonas urbanas	1.000 km			1,24	3,3	1,35
		t de combustible			21	56	23
	Circulación en zonas residenciales	1.000 km			1,3	1,76	1,15
		t de combustible			29	39	26
	Circulación en autopistas	1.000 km			2,75	1,15	1,03
		t de combustible			51	21	19
	Con convertidores catalíticos de tres vías controlados						
	Circulación en zonas urbanas	1.000 km			0,3	1,9	0,7
		t de combustible			4,4	28	10,3
Motocicletas							
	Motores < 50 cc de dos tiempos	1.000 km	0,12	0,36S	0,05	10	6
		t de combustible	6,7	20S	2,8	550	330
	Motores > 50 cc de dos tiempos	1.000 km	0,12	0,6S	0,08	22	15
		t de combustible	4	20S	2,7	730	500
	Motores > 50 cc de cuatro tiempos	1.000 km		0,76S	0,3	20	3
		t de combustible		20S	8	525	80
Emisiones fugitivas de polvo del tráfico vehicular <sup>81</sup>							
Vías sin pavimentar <sup>82</sup>							
Vías que conducen a plantas							
	Fundición de cobre	1.000 km	12,5f				
	Producción de acero y hierro	1.000 km	5,9f				
	Procesamiento de grava y arena	1.000 km	3,5f				
	Procesamiento y extracción de piedras	1.000 km	10,4f				
	Explotación de carbón / vías de acceso	1.000 km	3,8f				

