

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**ESCUELA DE POSTGRADO**



**Variación en el cálculo de la reducción de emisión de gases de efecto invernadero esperada del programa de chatarreo y renovación vehicular, respecto de la modificación en la metodología de proyección del parque automotor, en el marco de la estrategia nacional de mitigación del cambio climático en el Perú, con perspectiva al 2030**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS Y FINANZAS INTERNACIONALES - MBA INTERNACIONAL**

**AUTOR**

Vinko Remigio Abad Escalante

**ASESOR**

Luis Enrique Cayatopa Rivera

**Lima, Perú**

2020

### **Dedicatorias**

A todas las personas que viven  
la esperanza permanente del mañana,  
como la providencia de Dios;  
agradeciendo el hoy  
como regalo de su amor  
A mis Padres, a mi familia y a mis hermanos

Para Juan Carlos

### **Agradecimientos**

A todas las personas que hicieron posible este trabajo.  
A mi esposa Gina y a mis hijas Gina Vanessa, Valeria y Daniela;  
por el amor mutuo y la paciencia.

## Resumen

Los aportes peruanos al emprendimiento global para mitigar el cambio climático, comprenden una estrategia que abarca programas específicos, como el de Chatarreo y Reconversión Vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para la reducción sostenida de las emisiones antropogénicas, con metas al 2030. Para este fin, se cuenta con el aporte técnico de un grupo de trabajo multisectorial, que emitió las bases para el desarrollo de este y otros programas, en áreas y sectores priorizados, para las llamadas Contribuciones Nacionalmente Determinadas.

El propósito de este trabajo consiste en aplicar tres metodologías diferentes para el cálculo fundamental de proyección del parque automotor del programa en mención; a fin de contrastar el nivel de correlación entre los resultados de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero proyectados y el número de unidades vehiculares intervenidas, en cada caso. Los resultados mostraron que la metodología de Suavizamiento Exponencial Doble presenta una correlación alta de acuerdo con la baremación establecida, a diferencia de las demás, que presentan resultados menos significativos, incluyendo la metodología original empleada por el programa. Es así que se contrastan finalmente los resultados en la reducción de GEI pronosticados de la forma establecida por el programa, con aquellos obtenidos al aplicar la metodología de más alta correlación.

Palabras claves: cambio climático, mitigación, NDC, pronóstico, reducción de gases de efecto invernadero, chatarreo, emisiones de gases del parque automotor.

**Abstract**

The Peruvian contributions to global entrepreneurship to mitigate climate change, comprise a strategy that encompasses specific programs, such as the Scrap and Vehicle Reconversion of the Ministry of Transport and Communications, for the sustained reduction of anthropogenic emissions, with goals for 2030. For this Finally, there is the technical contribution of a multisectoral working group, which issued the bases for the development of this and other programs, in prioritized areas and sectors, for the so-called Nationally Determined Contributions.

The purpose of this work is to apply three different methodologies for the fundamental calculation of the projection of the vehicle fleet of the mentioned program; in order to contrast the level of correlation between the projected greenhouse gas emission reduction results and the number of vehicle units intervened, in each case. The results showed that the Double Exponential Smoothing methodology presents a high correlation according to the established scale, unlike the others, which present less significant results, including the original methodology used by the program. Thus, the predicted GHG reduction results in the manner established by the program are finally contrasted with those obtained by applying the highest correlation methodology.

Keywords: climate change, mitigation, NDC, forecast, greenhouse gas reduction, scrap, gas emissions from the vehicle fleet.

## Contenido

<b>Dedicatorias</b> .....	i
<b>Agradecimientos</b> .....	i
<b>Resumen</b> .....	ii
<b>Abstract</b> .....	iii
<b>1. CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>6</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	6
1.2. Formulación del problema .....	7
1.2.1. Problema general .....	7
1.2.2. Problemas específicos.....	7
1.3. Justificación del tema de investigación.....	8
1.4. Objetivos de la investigación .....	10
1.4.1. Objetivo general .....	10
1.4.2. Objetivos específicos.....	10
<b>2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
2.1. Antecedentes del estudio.....	12
2.1.1. Nacionales .....	12
2.1.2. Internacionales.....	16
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. Cambio climático.....	20
2.2.2. Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) .....	21
2.2.3. Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	22
2.2.4. Clasificación de los métodos de pronóstico .....	22
2.2.5. Generación de Emisiones producido por el Sector Transporte .....	24
2.3. Definición de términos básicos .....	26
2.4. Hipótesis de la investigación .....	27
2.4.1. Hipótesis general .....	27
2.4.2. Hipótesis específicas.....	27
<b>3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b> .....	<b>29</b>
3.1. Enfoque de la investigación .....	29
3.2. Alcance de la investigación .....	29
3.3. Diseño de la investigación .....	30
3.4. Descripción del ámbito de la investigación .....	30
3.5. Variables .....	30
3.5.1. Definición conceptual de las variables .....	30

3.5.2.	Definición operacional de las variables.....	32
3.6.	Delimitaciones .....	33
3.6.1.	Temática .....	33
3.6.2.	Temporal.....	33
3.6.3.	Espacial.....	33
3.7.	Limitaciones.....	34
3.8.	Población y muestra.....	34
3.9.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	35
3.10.	Validez y confidencialidad del instrumento.....	35
3.11.	Plan de recolección y procesamiento de datos.....	35
4.	<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>37</b>
4.1.	Descripción del entorno de la investigación .....	37
4.1.1.	Historia .....	37
4.1.2.	Base legal.....	38
4.1.3.	Estrategia de mitigación del cambio climático en el Perú.....	39
4.1.4.	Parque automotor en el Perú.....	41
4.1.5.	Programa de chatarreo .....	42
4.2.	Procedimiento y resultados .....	44
4.2.1.	Prueba de Normalidad .....	46
4.2.2.	Resultado de contraste Hipótesis Específica 1 .....	47
4.2.3.	Resultado de Hipótesis Específica 2.....	49
4.2.4.	Resultado de Hipótesis Específica 3.....	50
4.2.5.	Resultado de la Hipótesis Específica 4.....	51
4.3.	Resultado para la Hipótesis General .....	53
4.3.1.	Prueba de Normalidad .....	55
5.	<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
5.1.	Conclusiones .....	59
5.2.	Recomendaciones .....	61
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>63</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Operacionalización de las variables</i> .....	32
Tabla 2. <i>Reducciones de emisiones de GEI calculadas por el GTM-NDC con datos al 2017.</i> .....	43
Tabla 3. <i>Resumen de procesamiento de casos</i> .....	45
Tabla 4. <i>Resultados de Prueba de Normalidad en grupos elegidos</i> .....	46
Tabla 5. <i>Baremación del grado de correlación de Spearman</i> .....	47
Tabla 6. <i>Correlación de Spearman para datos con metodología del GTM-NDC</i> .....	48
Tabla 7. <i>Correlación de Spearman para los datos con metodología de razón geométrica promedio</i> .....	49
Tabla 8. <i>Correlación de Spearman para los datos obtenidos con la metodología de suavizamiento exponencial doble</i> .....	51
Tabla 9. <i>Correlación de Spearman para los datos obtenidos con la metodología de tendencia polinómica de primer grado</i> .....	52
Tabla 10. <i>Ordinal de la Rho de Spearman para las metodologías consideradas</i> .....	53
Tabla 11. <i>Resumen de reducciones de emisiones de GEI con la metodología del GTM NDC</i> .....	54
Tabla 12. <i>Resumen de reducciones de emisiones de GEI con la metodología alternativa</i> .	54
Tabla 13. <i>Estadísticos descriptivos de las reducciones de GEI por metodología de proyección</i> .....	56
Tabla 14. <i>Resultados de la prueba de Normalidad</i> .....	56
Tabla 15. <i>Correlaciones de muestras emparejadas</i> .....	57
Tabla 16. <i>Prueba t para muestras emparejadas</i> .....	58

## Índice de Anexos

ANEXO I: Tabla de abreviaturas .....	68
ANEXO II: Matriz de consistencia .....	69
ANEXO III: Datos históricos de la variable independiente .....	73
ANEXO IV: Metodologías de cálculo de reducción de emisiones de GEI.....	74
ANEXO V: Datos históricos clasificados por año de fabricación.....	76
ANEXO VI: Datos históricos reorganizados según año de fabricación.....	77
ANEXO VII: Factores y equivalencias .....	78
ANEXO VIII: Kilómetros de recorrido vehicular y rendimiento por antigüedad.....	79

## INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más importantes de la problemática global actual es el cambio climático, sobre el cual existen muchas iniciativas mundiales para su mitigación. El Acuerdo de París, es a estas instancias, el más importante y avanzado de todos ellos y contempla a casi todos los países del orbe. Sus logros más importantes van principalmente por el lado de la operatividad del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, al crear organismos técnicos específicos y comprometer de modo vinculante a todas las naciones que se han reafirmado en él.

El concepto de Contribuciones Nacionalmente Determinadas (por sus siglas en inglés), son la expresión ponderada, definida, acordada y aceptada por cada nación, de las acciones que cada país se compromete a cumplir, en la lucha por lograr los objetivos establecidos al año 2030; en términos de mitigación y adaptación al cambio climático. Como se evidencia, la realización de este estudio resulta relevante e importante por la naturaleza temática de las NDC, por el compromiso vinculante que como nación tenemos; debido además a que su implementación es a muy corto plazo.

En ese sentido, las NDC peruanas están compuestas por 153 medidas distribuidas en áreas y sectores priorizados. En julio de 2016 se crea el Grupo de Trabajo Multisectorial (GTM-NDC) con la finalidad de generar información técnica que oriente y centralice la acción estatal para implementarlas. Es así que esta entidad define entre las acciones que contempla el Sector Energía, bajo la categoría de Combustión Móvil, al Programa Nacional de Chatarreo y Renovación Vehicular que enmarca el presente estudio. En diciembre de 2018, el mencionado grupo de trabajo presentó su informe final en el que se incluyen los resultados proyectados de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para este programa. En la presente investigación se evalúa la variación de dichos resultados finales, a partir de la aplicación de una metodología de proyección alternativa, elegida entre tres modelos diferentes de distinto tipo cada una. La elección de la metodología alternativa final, se realizó después de evaluar el nivel de correlación entre las unidades vehiculares intervenidas por el programa y su respectiva reducción de emisiones de GEI, como medida de acercamiento, precisión o desempeño de cada metodología.

De esta forma, en el Capítulo I, se desarrolla la relevancia de la consideración de metodologías alternativas a la aplicada por el GTM-NDC en la proyección de los datos

históricos del parque automotor involucrado en este programa de chatarreo y renovación vehicular. Esto, debido a que los resultados finales en el cálculo de la reducción de emisiones de GEI que se pronostican al 2030, como resultado de la aplicación de este programa, se obtienen principalmente a partir de dicha proyección. Es así que también se plantean los objetivos de la investigación.

El Capítulo II, se presentan algunos trabajos previos, con acercamiento al presente tema, metodología empleada; así como al contexto legal, que son sustentadas con referencias teóricas relevantes. También, se resaltan los conceptos medio ambientales, económicos y de origen referidos al transporte terrestre empleando combustión móvil, como principal fuente antropogénica de su categoría. Finalmente, se incluye la determinación de las hipótesis trabajadas.

En el Capítulo III, se da a conocer la metodológica de esta investigación, estableciéndola dentro del enfoque cuantitativo deductivo, de alcance explicativo correlacional. Así también se define el entorno metodológico trabajado.

El Capítulo IV, está orientado a dar a conocer el desarrollo de la investigación, dentro de la circunscripción temática y aplicando la inferencia estadística para evaluar todas las hipótesis.

Finalmente, en el V Capítulo, se infieren las conclusiones que abarcan criterios obtenidos del proceso de la investigación; los cuales versan sobre las posibilidades de aplicación de técnicas alternas en trabajos de proyección y de los métodos de comparación empleados, entre otros. Las recomendaciones se plantean más en torno de la modificación de la base de datos históricos, la actualización de dichos datos y factores y sobre el tratamiento previo de la información recopilada.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

La proyección de datos como parte de la metodología empleada para establecer escenarios de pronóstico, es una técnica inmersa en el trabajo de la definición de las expectativas de resultados de las acciones propuestas para el cumplimiento de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) peruanas.

En tal sentido, particularmente para el programa de chatarreo y reconversión vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), los cálculos realizados con miras al hito 2030, dentro del marco de las NDC peruanas, son susceptibles de ser replanteados aplicando variaciones en la metodología y actualizando valores.

Para este caso, la posible evolución de las cantidades de vehículos de las categorías N2 y N3 consideradas, han sido proyectadas, como método inicial, a partir de una fórmula de pronóstico de los datos históricos por antigüedad, a modo de datos de panel. El análisis de dichos datos históricos muestra una alta variabilidad lo cual reduce la capacidad de determinación de las distintas metodologías de predicción posibles; más aún si se toman los datos a intervalos por antigüedad.

Dado a que las NDC determinan cuotas cuantitativas específicas para el Perú, aquellas pertenecientes al sector Energía y puntualmente, al Programa Nacional de Chatarreo y Renovación Vehicular correspondiente al portafolio de 9 medidas de mitigación del Cambio Climático del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en la componente de Transporte Sostenible; contemplan una cantidad nominal precisa de participación - 0.105 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (MtCO<sub>2</sub>eq) de reducción al 2030 para éste programa-, en el desafío de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

En tal sentido, el cálculo de la proyección de la contribución efectiva del programa en mención exige la mayor aproximación y exhaustividad en el pronóstico, a fin de

reducir las correcciones en el camino y llegar al hito desagregado de forma holgada y a tiempo. Es decir, mejorar la probabilidad de éxito.

De facto, el recálculo de los resultados, empleando métodos alternativos, permite reafirmar las expectativas mediante la consolidación de las proyecciones de los datos principales, a través del afinamiento de las consideraciones para el pronóstico de capacidad de mitigación; y esto se constituye de sumo interés para el programa específico, para la estrategia nacional de mitigación del cambio climático, para los intentos internacionales a través de cada NDC y por ende para el mundo entero.

En este estudio, se evalúan los niveles de correlación entre el número de vehículos retirados por chatarreo y la reducción de GEI obtenida por este programa; para cada uno de los resultados alternativos obtenidos por la proyección del parque vehicular del programa, empleando la metodología del GTM NDC; por razones geométricas promedio; mediante el suavizamiento exponencial y empleando la tendencia polinómica.

## **1.2. Formulación del problema**

La línea motivacional originaria de esta investigación se establece en la problematización del objeto de estudio, a fin de poder acotarlo y centrar su temática.

### **1.2.1. Problema general**

¿Existirá una variación significativa en los resultados de la reducción de emisiones de GEI esperados, haciendo uso de la metodología de panel de datos empleado por el GTM-NDC, para el pronóstico del parque automotor de las categorías N2 y N3, individualizados por antigüedad, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; respecto de la aplicación de una metodología de proyección alternativa, que presente mayor correlación entre las unidades vehiculares retiradas y los niveles de reducción de GEI respectivos?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Existirá un nivel significativo de correlación entre las cantidades de vehículos intervenidos y las respectivas reducciones de GEI esperadas, del Programa de

Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; haciendo uso de la metodología de panel de datos empleada por el GTM-NDC para la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3 con una antigüedad mayor a 18 años?

¿Existirá un nivel significativo de correlación entre las cantidades de vehículos intervenidos y las respectivas reducciones de GEI esperadas, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; haciendo uso de la razón geométrica promedio como método alternativo para la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3 con una antigüedad mayor a 18 años?

¿Existirá un nivel significativo de correlación entre las cantidades de vehículos intervenidos y las respectivas reducciones de GEI esperadas, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; haciendo uso del suavizamiento exponencial doble como método alternativo para la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3 con una antigüedad mayor a 18 años?

¿Existirá un nivel significativo de correlación entre las cantidades de vehículos intervenidos y las respectivas reducciones de GEI esperadas, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; haciendo uso de la tendencia polinómica de primer grado como método alternativo para la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3 con una antigüedad mayor a 18 años?

### **1.3. Justificación del tema de investigación**

De acuerdo con la definición del objeto de estudio del presente trabajo, es necesario contemplar la especificación de las razones por las cuales esta investigación es relevante.

El Perú, adscrito por su ratificación en el Acuerdo de París mediante el Decreto Supremo N°058 – 2016 - RE, asume un compromiso vinculante de implementar sus propias NDC, con fechas y proporciones definidas y establecidas, con el objetivo de contribuir al compromiso mundial de mantener el aumento de la temperatura por debajo de los 2°C y una meta progresiva de reducción de las emisiones netas mundiales a cero,

dentro de este siglo. Para tal objetivo, se implementó el llamado Grupo de Trabajo Multisectorial (GTM-NDC) cuya finalidad fue la programación tentativa para la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas. Dicha comisión entregó su informe final el 17 de diciembre de 2018, el cual le fue aprobado.

En tal virtud, las metodologías empleadas fueron múltiples y siempre en la búsqueda de producir información técnica, organizada en dos aspectos principales referidos en primera instancia a la adaptación y una segunda línea referida a la mitigación.

El Informe Final del GTM-NDC contiene 91 medidas en la componente de la Adaptación de las NDC y 62 medidas en la componente de Mitigación que se organizan por *sectores* de emisión de GEI señalados como Energía-combustión estacionaria, Energía-combustión móvil (transporte), Procesos industriales, Agricultura, USCUS y Desechos.

En este sector de Energía de combustión móvil (transporte), que contiene 9 medidas de mitigación, se encuentra inmerso el Programa Nacional de Chatarreo y reconversión Vehicular, el cual incluye los insumos técnicos para su implementación; entre los cuales ocupa un papel preponderante, el manejo de los datos históricos y los factores técnicos de cálculo. De estos, la proyección del parque automotor objetivo, es la elaboración técnica de mayor relevancia; la cual ha sido contemplada desde un planteamiento de pronóstico anual, individualizados por antigüedad.

Es menester plantear alternativas de cálculo a través de metodologías de proyección distinta, para la determinación de las posibilidades de reducción de la emisión de gases de efecto invernadero en este ámbito; a fin de buscar la posibilidad de reducir la variación entre la realidad y las proyecciones, y para acotar la capacidad de predictibilidad de las opciones. Este trabajo mide la relación entre las unidades vehiculares que resultarían intervenidas, con el resultado final de reducción de emisiones de GEI para cada una de las alternativas propuestas.

Con esto, se aportará una revisión exhaustiva de la metodología de cálculo de la proyección del parque automotor considerado para este programa, ya que es el principal proceso intermedio en la determinación de la capacidad de reducción de GEI de esta

intervención; con lo que se espera aclarar el impacto de una medición adecuada de este subproceso y aportar a los procesos de investigación en los que se requiera la mayor precisión posible, del pronóstico de valores determinantes y mejoras en los modelos sociales y ambientales.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

Para responder a la problemática planteada, se formularon los siguientes objetivos:

##### **1.4.1. Objetivo general**

Contrastar los resultados obtenidos al calcular el pronóstico de la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero entre los años 2020 y 2030, empleando la metodología de GTM-NDC para la proyección del parque automotor anual, estratificados por antigüedad desde 1 año hasta mayores de 30 años, del programa de chatarreo y renovación vehicular en mención; con relación a los resultados obtenidos haciendo uso de la metodología alternativa que presente mayor grado de correlación entre los vehículos intervenidos y su respectiva reducción de emisiones de GEI.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

Determinar el nivel de correlación entre las unidades vehiculares retiradas y la reducción de GEI asociada a esta intervención; para los resultados obtenidos por la metodología del GTM-NDC, en la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3, con perspectiva al 2030, individualizados por antigüedad; del programa de Chatarreo y Renovación Vehicular del MTC.

Determinar el nivel de correlación entre las unidades vehiculares retiradas y la reducción de GEI asociada a esta intervención; para los resultados obtenidos empleando la metodología de razón geométrica promedio, en la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3, con perspectiva al 2030,

individualizados por antigüedad; del programa de Chatarreo y Renovación Vehicular del MTC.

Determinar el nivel de correlación entre las unidades vehiculares retiradas y la reducción de GEI asociada a esta intervención; para los resultados obtenidos empleando la metodología de suavizamiento exponencial doble, en la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3, con perspectiva al 2030, individualizados por antigüedad; del programa de Chatarreo y Renovación Vehicular del MTC.

Determinar el nivel de correlación entre las unidades vehiculares retiradas y la reducción de GEI asociada a esta intervención; para los resultados obtenidos empleando la metodología de tendencia polinómica de primer grado, en la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3, con perspectiva al 2030, individualizados por antigüedad; del programa de Chatarreo y Renovación Vehicular del MTC.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

Las investigaciones y trabajos relacionados que aportaron referencias, tanto temáticas como metodológicas, se mencionan a continuación, con un resumen sucinto de sus características.

#### 2.1.1. Nacionales

En el Perú, existe una gran diversidad de trabajos referidos tanto al estudio de la emisión de gases de efecto invernadero, como de la evaluación de la intervención antropogénica; y, en particular referida al transporte, tanto de pasajeros como de carga. Sin embargo, son aún escasas las referencias a la aplicación de cálculos de proyección del parque automotor de carga nacional.

Los trabajos de tesis se concentran principalmente en el análisis de datos y posterior acción tanto de mitigación como de adaptación y resiliencia. Las diferentes propuestas hacen una revisión del estado de la realidad del cambio climático, desde algún aspecto en particular, pero enmarcado por la realidad apremiante de alta probabilidad de deterioro incremental, expresado en el efecto invernadero, que genera cambios en la temperatura atmosférica de la tierra con graves consecuencias.

Particularmente, para este trabajo se tomó como referencia antecesora a la Tesis de grado de la autora Patricia Carol Pérez Palomino, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, denominada *Propuesta de conversión del parque automotor de Lima y Callao para el uso del gas natural*, estudio en el cual se trata acerca de la conversión vehicular por cambio de combustible (Perez, 2010). En su elaboración, consideran diferentes escenarios de intervención a modo de tipología, clasificando al segmento acotado en Particulares y Taxis (entre estos a los independientes y a las empresas).

Si bien el objetivo del estudio era la determinación de la factibilidad de conversión del parque automotor menor de Lima y Callao, es relevante para nuestro estudio porque la metodología acopia entre sus consideraciones, características similares a las empleadas

en la presente investigación, como los valores y parámetros que determinan el consumo de combustible, los factores de cálculo de emisiones, los recorridos o densidad de uso y los costos, tanto sociales como individuales.

La proyección de datos es resultado de un cálculo de pronóstico promedio, dado a que su objetivo no es definir metodologías sino los factores que intervienen en el proceso de conversión vehicular para el reemplazo de combustible de gasolina a gas GNV; así como el cálculo de costos e impactos ambientales con y sin medida.

El enfoque evidenciado en la tesis de grado del autor Yonatan Murillo Quispe, de la Universidad Nacional del Centro del Perú, denominada *Mejoramiento del desempeño de servicio de transporte de carga para reducir costos logísticos en tracto camiones y semirremolques* (Murillo, 2012), si bien tiende a evaluar la logística involucrada en el transporte de carga y los costos inherentes, guarda estrecha relación con este estudio debido a que la búsqueda de la eficiencia operativa no solo está ligada al ahorro sino además a la performance tanto de los motores como del resto de la maquinaria y de la actividad en su conjunto; además que acota el parque automotor a sectores similares a los del presente estudio.

El análisis exhaustivo de parámetros, incluye al control de emisiones y la reducción de costos como objetivos deseables en una operación de carga de transporte terrestre. Tanto la selección óptima de los componentes, como la conducción adecuada, la planificación de uso y la agremiación, son factores que el autor considera relevantes para el logro de la eficiencia energética. La combinación de estos parámetros y la aplicación de ratios técnicos de ajuste, son aplicados a elementos como el motor, la transmisión, el tipo de carretera, la altura de operación, el peso bruto total combinado, el tipo de llantas y la configuración aerodinámica de la maquinaria; los cuales, son tratados estadísticamente para proyectar los datos obtenidos tanto de primera fuente, a través de encuestas, como de manuales de operación y documentos técnicos emitidos por las fábricas.

El enfoque técnico, permite apreciar la profundidad del análisis que se requiere al momento de tratar de definir conceptos y cálculos referidos a la operación de maquinarias móviles, específicamente al parque automotor de vehículos de carga del ámbito nacional.

En el trabajo presentado por el autor Juan Diego Saavedra de la Universidad Nacional Agraria La Molina, titulado *Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular* (Saavedra, 2014), se realiza un análisis exhaustivo de las emisiones vehiculares considerando factores como el tráfico, tipo de combustible, velocidad y otros más. De sus resultados se puede confirmar, además de la complejidad de la determinación de los factores involucrados, la particular relevancia del tipo de vehículo para la determinación de la masa contaminante de determinado parque automotor. De manera particular considera desagregar las emisiones contaminantes de los vehículos en circulación, en tres tipos que denomina Emisiones Evaporativas, Emisiones por el tubo de escape y Emisiones provenientes de los frenos y los neumáticos.

Para la estimación de la contaminación agregada en el escenario de su estudio, se apoya en la metodología de una técnica informática denominada Modelo de Cálculo de Emisiones Vehiculares (MODEM), empleado por la Secretaría de Planificación de Transporte del Chile, la cual es una herramienta de análisis que a su vez emplea una metodología estadística denominada ESTRAUS, que considera factores horarios, geográficos y de tipología vehicular.

En este estudio se realizan cálculos de antes – después, en distintos escenarios de emisión; a partir de datos reales y supuestos, realizan un análisis detallado de los factores de emisión vehicular de gases contaminantes y finalmente un cálculo de la reducción de emisiones por reemplazo; lo cual resulta de mucha relevancia para el presente estudio.

Por otro lado, la Tesis de Maestría *Propuesta de implementación de Inteligencia de Negocios del Sistema ITS (Sistema Inteligente de Transporte), para empresa de transporte de carga*, realiza una experiencia de aplicación de metodologías de procesamiento de la información, en la segunda mayor empresa de carga peruana (Huaytani, Bustamante y Bartra, 2015). Contextualiza comercialmente el transporte

terrestre de carga en el Perú y nos permite comprender la importancia de este sector en los planes nacionales, ya que la experiencia de los países muestra que el incremento de la capacidad económica viene intrínsecamente relacionado con el incremento de la movilidad de personas y carga, y por lo tanto del parque automotor respectivo, los servicios conexos, la infraestructura y la gestión de la energía que involucra.

Considera factores de utilización y antigüedad para los vehículos, así como elementos empresariales de crecimiento, rentabilidad y posicionamiento; integrándolos a través de la planeación, empleando Inteligencia de Negocios (BI), con técnicas y métricas del tipo KPI, SMART y Tableros de Mando. Resalta la importancia de la planeación y del empleo de los datos históricos, dentro de este ámbito caracterizado por ser dinámico y cambiante. La gestión de vehículos pesados como parte de la inteligencia de negocios, se encuentra muy relacionado con la temática que involucra esta investigación.

El trabajo de tesis *Oportunidades de desarrollo del mercado de bonos de carbono en el Perú* (Mayorca, Motta, Ríos y Tenazoa, 2018), constituyó para el presente trabajo, la principal referencia de aplicación en nuestra realidad de los acuerdos internacionales relacionados con los esfuerzos derivados del Protocolo de Kyoto. En su contenido, se puede encontrar toda la referencia del devenir temporal de los esfuerzos nacionales por responder con aportes reales a la reducción de los GEI con miras a la mitigación y adaptación al cambio climático. La estandarización de términos base, la metodología de cálculos y las referencias técnicas, constituyen parte de los resultados del largo camino por los acuerdos conjuntos, de nivel mundial, que hoy significan las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC).

La cuantificación de las emisiones y su contraparte en el secuestro de los gases de efecto invernadero, requirieron especificaciones y acuerdos técnicos amplios. Una de las principales fue el establecimiento de la línea base de comparación denominada CO<sub>2</sub>eq (CO<sub>2</sub> equivalente), que refiere a la unidad de medida relativa para todos los gases de efecto invernadero. Todas las emisiones deberán cuantificarse en medidas proporcionales a partir de esta base. Una muestra base es el cálculo de la valoración de los llamados bonos de carbono, que emplean esta unidad de referencia. Por este motivo elemental el trabajo en mención ha sido tomado en lo que concierne, como apoyo para el presente estudio. Su enfoque contable, permite, además, aclarar las diferencias de

responsabilidades entre emisores y receptores que justifican la validez de las NDC's y las consideraciones ponderativas de sus definiciones.

### **2.1.2. Internacionales**

En el trabajo de tesis *Pronóstico a corto plazo de afluencia de pasajeros utilizando técnicas de Data Mining: Metro S.A.*, para optar el grado de Magister en Gestión de Operaciones, su autora Denisse Fabiola Garnica Pérez (Garnica, 2011), de la Universidad de Chile, se plantea el objetivo de poder probar la factibilidad de pronosticar datos de afluencia, empleando métodos seleccionados para el estudio de las series de tiempo, cuya solidez será probada empleando una metodología práctica de menor Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE), como determinante de una mayor o menor capacidad de predictibilidad de un método, evaluado en su respectivo contexto.

Emplea la comparación de la capacidad de pronóstico comparando el dato teórico con el real y determinando discrepancias absolutas. El juicio sencillo de determinar como mejor o más idóneo un método de otro, asume que la medida del error porcentual absoluto en la aproximación del valor teórico a un valor real de prueba, es indicador de mayor capacidad a menor discrepancia.

Concluye después que la medida del MAPE como evaluador de la calidad de los pronósticos, es altamente aconsejable, aún en proyecciones de corto plazo. Sugiere muy recomendable aplicar los modelos que analiza, incluso para estudios en los que el fenómeno pudiera incluir datos anómalos y afectaciones de tipo estacional.

Por su parte, la autora Gabriela Garduño García en su trabajo de tesis intitulado *“Metodología para calcular el pronóstico de ventas y una medición de su precisión en una empresa farmacéutica: Caso de estudio”* (Garduño, 2011), realiza una evaluación previa de los tipos de pronósticos que se pueden hacer en las series de tiempo. Plantea formas de identificar y monitorear los modelos de pronósticos a aplicar, ensayando una propuesta de proyección de las ventas para casos referidos a la comercialización de productos farmacéuticos.

Su propuesta es la de aplicar modelos diversos de media móvil a la proyección de demanda de una variedad de productos pero que cuentan con pocos datos individuales. Sus resultados le permitieron proponer una metodología para el cálculo del pronóstico de ventas, más acertada que la que venía siendo utilizada en la empresa de estudio. Esto aunado a la mejoría en la confiabilidad de los resultados y el mayor aprecio de las áreas funcionales por aquella información más certera y que reduce los riesgos en la toma de decisiones.

En el vecino país de Ecuador, específicamente en la Ciudad de Loja, se realizó en 2015 un estudio de la emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores, como trabajo de tesis de grado del autor Santiago Vivanco, denominado *Emisión dióxido de Carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja* (Vivanco, 2015). En él se detallan los resultados de la aplicación experimental de diversas definiciones teóricas, para la caracterización del parque automotor y la estimación del nivel de emisión de CO<sub>2</sub>, considerando aspectos intrínsecos como el cilindraje, la marca, el tipo y las características de fábrica; así como consideraciones de operación como los kilómetros recorridos, la velocidad de circulación, el consumo de combustible. El estudio logra determinar un alcance respecto de los niveles de contaminación antropogénica por el lado del transporte, demostrando que los principales determinantes de este tipo de emisión son la cantidad de horas de operación y el número de vehículos activos, entre otros.

Como parte de los corolarios del trabajo, la tesis sugiere propuestas de intervención a través de la implementación de programas de mitigación empleando energías renovables, por reemplazo de tecnologías obsoletas, así como a través de la implementación de estudios complementarios y métodos de monitoreo y observatorios.

En España, la Tesis Doctoral de Álvaro Berzosa Gonzáles, denominada *Análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de las carreteras* (Berzosa, 2013), resalta la preocupación por las dificultades de establecer con claridad el estado real del problema del cambio climático a pesar de contar con mucha información, debido entre otras cosas a la dispersión de los focos de origen de los GEI; esto determina que el mayor porcentaje de los reales emisores de la contaminación no

estén debidamente identificados ni involucrados en la mitigación, a causa principalmente de la dispersión, la alta movilidad de las actividades y la gran variedad de acciones contaminantes que constituyen intrincadamente los diversos procesos dentro de la multiplicidad de la actividad humana.

Las legislaciones nacionales de casi todos los países y de la misma acción mundial, no contribuyen a la identificación e involucramiento de más actores responsables; por el contrario, favorecen a la definición de bases de acción con involucrados que puedan ser identificados y notificados, a fin de garantizar la efectividad de los planes. El sector construcción y de obras civiles es uno de los tantos que posee gran diversidad de procesos de los cuales, resultan activamente implicados aquellos sujetos de producción a gran escala como ladrilleras, cementeras y fundiciones; dejando de lado innumerables otros procesos que son focos de emisiones pero que no son factibles de determinar como agentes de las emisiones contaminantes.

A través del estudio de casos y elementos puntuales, busca señalar las contribuciones más relevantes en la realización de los cálculos de emisión de GEI, que en la mayoría de los casos está asignada al estado, para la atribución de la responsabilidad sobre las mismas. Sienta con su trabajo, las bases para una evaluación que abarque de forma más completa, de la emisión de gases de efecto invernadero y de sus componentes involucrados.

En el mismo sentido del estudio de las emisiones y la contaminación originada por la acción humana realizado en México, en la tesis *Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO<sub>2</sub> vehicular en Tijuana*; presentada por la maestría en Administración Integral del Ambiente, Ana Domínguez Madrid en México (Domínguez, 2015), busca definir el aporte de los parques como sumideros de compensación para las emisiones de CO<sub>2</sub> en las áreas urbanas. La finalidad de su estudio la lleva a considerar las emisiones del parque vehicular y su capacidad volumétrica de contaminación, en relación con el aporte de las áreas verdes.

Sus conclusiones ayudan a aclarar la gran limitación en cuanto a potencial de captura de CO<sub>2</sub> que tienen los parques para contrarrestar su contraparte producida por las emisiones vehiculares respectivas. Sin embargo, aclara la necesidad de considerar el

problema como grave y sienta bases para estudios posteriores referidos a acciones de mitigación traducidas en grupos de recomendaciones legales y técnicas de acción. Su metodología y los aspectos referidos a impacto ambiental de las emisiones vehiculares son de mucha utilidad para el estudio que ahora se desarrolla en este trabajo.

Finalmente, se tuvo en consideración para este trabajo, el enfoque de la autora Verónica Paulina Bravo Ochoa, que estudia la *Propuesta metodológica para estructuración de proyectos de concesión vial en el Ecuador, caso de estudio: Corredor multicarril Santo Domingo – Quindé – Esmeraldas* que instrumentaliza modelos para realizar la proyección del parque automotor, principalmente de carga, para definir la evaluación de proyectos de estructuración vial en Ecuador (Bravo, 2015).

Empleando datos oficiales de estadísticas y censos de su país, sobre PBI, población y automotrices, determina tasas de crecimiento, ponderadas de forma geométrica, en tasas de crecimiento que luego emplea para proyectar datos de parque automotor, como base de sus cálculos de estudio de frecuencia vial proyectada. Entre otros, emplea el TPDA o Tráfico Promedio Diario Anual, como uno de los factores condicionantes de la proyección. Sus conclusiones principales refieren a una metodología propuesta para la estructuración de los proyectos de concesión vial en su país e incluso, sugiere acciones políticas de intervención sobre la promoción de la inversión en infraestructura vial.

Los métodos de cálculo empleados para evaluar y principalmente para proyectar los datos con que cuentan las iniciativas de proyectos viales, están íntimamente ligados al desenvolvimiento histórico del parque automotor, en aspectos de crecimiento cuantitativo y de presencia de uso traducida en tráfico y kilometraje, como factores relacionados geoméricamente con los costos directos y sociales de los emprendimientos de transporte y redes viales. Por ende, también estarán relacionados con la contaminación ambiental de este origen.

## **2.2. Bases teóricas**

Las principales bases teóricas que fundamentan el presente desarrollo están centradas en el diagnóstico del problema climático y la intervención a nivel de naciones

del mundo. La información está centrada en la especificación de acciones concretas para enfrentar el cambio climático y en la cuantificación de la proyección de los niveles de logro.

### **2.2.1. Cambio climático**

Es la denominación que se le asigna al fenómeno medioambiental de naturaleza global, caracterizado por alteraciones drásticas de los patrones del clima y de la estacionalidad de este; ocasionados o atribuidos a actividades del hombre, a niveles que modifican las variaciones naturales del clima (Ministerio del Ambiente, 2015).

Estos cambios drásticos del clima se deben principalmente a alteraciones en los llamados Ciclos Naturales (principalmente del agua, del carbono, del oxígeno y del nitrógeno), que son aquellos procesos que reciclan elementos de la naturaleza desde el medio ambiente hacia los organismos y viceversa; debido principalmente a la emisión de GEI, que provoca un incremento de la temperatura ambiental media.

Se manifiesta principalmente en aumentos anómalos de la temperatura atmosférica y de los océanos; variación en los patrones de las lluvias y otras precipitaciones; disminución de los volúmenes de nieve y de hielo; presencia inusual de fenómenos extremos y el incremento del nivel del mar. Esto trae como consecuencias, el aumento de enfermedades, pérdida de la biodiversidad, afectaciones sobre hábitat humano, sequías y lluvias agudas, entre otras.

Con la gravedad del incremento de estas repercusiones, en la actualidad existen estudios e iniciativas, orientadas en función de corregir las consecuencias. Los resultados muestran principalmente tres opciones:

Adaptación. Medidas de prevención y preparación para enfrentar los efectos y daños del cambio climático. Por ejemplo, no construir viviendas en las orillas de ríos, en cauces naturales, quebradas, ni cerca del mar; guardar agua para épocas de sequía; proteger los cultivos y mejorarlos. La finalidad principal de la adaptación, en estos términos; es el de la consideración del cambio climático como elemento condicionante,

ante el cual se debe actuar para adecuar las afectaciones a la vida humana (Ministerio del Ambiente, 2015).

**Mitigación.** Reducción de emisiones de GEI a la atmósfera, a fin de evitar que aumenten los cambios extremos en el clima. Es la principal acción alternativa, que está perdiendo paulatinamente su capacidad para limitar los efectos del cambio climático, pudiendo llegar al llamado punto de no retorno; a partir del cual, sería irrecuperable el deterioro paulatino del orden natural y el desarreglo de todos los ciclos naturales. (PLAN CC, 2014).

**Resiliencia.** Los organismos técnicos internacionales especializados en esta coyuntura, definen a esta resiliencia, como la capacidad de prever y luego absorber, los efectos y consecuencias del cambio climático; tanto por parte de las personas como de los estados, logrando adaptarse y recuperando sus funciones esenciales (IPCC, 2014).

### **2.2.2. Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC)**

Las contribuciones Nacionalmente Determinadas o NDC por sus siglas en inglés, refieren a la implementación de acciones específicas de mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero y de adaptación al cambio climático, por parte de los países signatarios del Acuerdo de París; para lograr limitar el calentamiento global a 1.5 °C contra 2°C para el presente siglo; con metas actuales al 2030; a fin de reducir los impactos en el bienestar y la salud humana, y sobre los diversos ecosistemas.

Dichas acciones, contemplan cuotas de reducción de emisiones, como un reparto ponderado de la carga total; que se acuerda en un contexto global, con características de reciprocidad, asociación y convergencia de beneficios entre las naciones adscritas.

En la actualidad, las NDC son parte de la Política Pública y buscan integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (principalmente el 13°) de la ONU y la Estrategia Nacional para el Cambio Climático. Implican muchos caminos para la eliminación, captura o secuestro, principalmente del CO<sub>2</sub>, aunque también de todos los gases de efecto invernadero; abarca aspectos desde el gobierno local y la viabilidad institucional

multinivel, hasta la gobernanza internacional, fortalecida por múltiples organismos como el Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático entre muchos otros.

En la práctica, las NDC están respaldadas por el IPCC para todos los aspectos técnicos y de revisión de los mecanismos, los reportes y la verificación de avances; a través de mecanismos de revisión y consulta, como el Reporte Anual de GEI (RAGEI) y el Inventario Anual de GEI (INGEI).

### **2.2.3. Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

De acuerdo con los especialistas del IPCC, existen varios gases que son los principales factores que producen y mantienen el llamado Efecto Invernadero; el cual, refiere a un fenómeno natural de retención del calor atmosférico, en los niveles que en millones de años se estabilizaron dentro de los rangos que permiten la vida y la estabilidad climática que conocemos.

Las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico, se presentan como los principales impulsores en la alteración de este balance (IPCC, 2013). De estos, son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), de origen antropogénico, los cuales han aumentado sus concentraciones en la atmósfera drásticamente; siendo la combustión de combustibles fósiles y la producción de cemento, sus principales fuentes; y, los océanos y los ecosistemas terrestres naturales sus principales sumideros.

### **2.2.4. Clasificación de los métodos de pronóstico**

La metodología de pronóstico o *forecast* en administración, diferencia pronósticos cualitativos y cuantitativos. Los primeros refieren a métodos fundamentados en respuestas o *feedback* subjetivas, opiniones de expertos, consensos, generalización de opiniones y sondeos. El Método Delphi, el método de Panel de Expertos y la metodología de Analogía Histórica, nos brindan tres ejemplos representativos (Robbins y Coulter, 2014).

Por el lado de los métodos cuantitativos de pronóstico, constituyen aplicaciones matemáticas y modelos de extrapolación, que emplean datos numéricos de una población o muestra; los cuales los relacionan con otras determinantes, principalmente el tiempo o la periodicidad. Generalmente, son más precisos que los anteriores puestos que emplean datos reales y valores intrínsecos a determinados fenómenos estudiados. Su objetivo principal, es poder determinar aquella función que permita predecir el comportamiento de la variable; suavizando los extremos, considerando estacionalidades y buscando minimizar los errores aleatorios.

Las distintas metodologías de pronóstico cuantitativo, pueden ser clasificadas en Métodos Univariados que consideran únicamente a la variable como dependiente de sus valores anteriores, en las que el factor temporal o periódico es preponderante; y los Métodos Multivariados en las que son otras más las variables determinantes preponderantes o causales, además del tiempo o prescindiendo de él.

Dentro de esta primera clase, destacan las metodologías de proyección por series de tiempo, que están organizados en tres grupos importantes. El primero de ellos refiere a la aplicación de promedios, de los que destacan los promedios móviles, simples y ponderados; y la extrapolación empleando razones de progresión. De estas últimas, la razón geométrica promedio es una alternativa de cálculo de la tendencia de los datos históricos que se obtiene calculando el factor multiplicativo de desenvolvimiento de los datos históricos, asumiendo la ausencia de estacionalidad o la incorporación de la misma y la de las posibles variaciones estocásticas.

Un segundo grupo de las metodologías de proyección por series de tiempo, es el que emplea el suavizado exponencial para reducir los extremos y errores a través de la ponderación de la data precedente, sobre cada uno de los valores. De ellos, el suavizamiento exponencial doble, provee, además, el valor de la tendencia que permite pronosticar los datos a periodos sucesivos (Newbold, Carlson, y Thorne, 2008).

El tercer grupo de proyección de las series de tiempo, es el que emplea la regresión lineal simple como método de determinación de la función o comportamiento de la variable respecto de los periodos que abarca. La variable temporal interviene de forma

determinante para definir la tendencia de los datos históricos, empleando mínimos cuadrados ordinarios para el establecimiento de parámetros funcionales, que permitan anticipar teóricamente los valores futuros, dentro de determinados rangos de probabilidad. La linealidad de la función permite especificaciones tanto exponenciales, logarítmicas, potenciales y polinómicas; de entre las cuales destaca la tendencia polinómica de primer grado, la cual asume una tendencia rectilínea como base de la proyección; estableciendo dos parámetros, uno de intersección cartesiana y otro de evolución o tendencia.

### **2.2.5. Generación de Emisiones producido por el Sector Transporte**

El transporte está clasificado dentro de las principales fuentes móviles de la emisión de gases contaminantes. La tecnología del vehículo, el combustible y las condiciones de uso, definen notablemente en el cálculo de emisiones; las cuáles, son dispersadas dependiendo de las condiciones atmosféricas, afectando a la población y el entorno (Ministerio del Ambiente, 2012).

La combustión se define como la oxidación intencional de materiales, dentro de un aparato o motor, diseñado para convertir la energía proveniente de dicha combustión en calor o trabajo mecánico que será suministrado a un sistema externo de aprovechamiento. Para efectos de este trabajo, las categorías de combustión móvil involucran las codificaciones 1A de la categoría 3, subcategoría biii de la Guía N°2 para la elaboración del RAGEI del MINAM (Ministerio del Ambiente, 2016). Específicamente, la combustión del petróleo Diesel de los vehículos de carga, se produce dentro de los cilindros del motor según diferentes sistemas de encendido. Los más habituales son la combustión instantánea (por chispa) y la combustión gradual (por compresión).

Se emplean factores de emisión y conversión, para la cuantificación de las emisiones los cuáles son emitidos por la mencionada entidad (IPCC, 2006); lo mismo que las fórmulas técnicas para el cálculo de dichas emisiones.

En tal sentido, utiliza una fórmula específica de cálculo que posteriormente compara en dos escenarios (BAU y con Medida), los cuales corresponden al cálculo con

y sin la aplicación de la intervención que implica el programa de chatarreo; para establecer por diferencia, la reducción de emisiones que lograría la implementación:

$$E = \frac{CC * (1 - FC_{5\%}) * FC_{VCN} * (FE_{CO_2} * PCG_{CO_2} + FE_{CH_4} * PCG_{CH_4} + FE_{N_2O} * PCG_{N_2O})}{1000}$$

En la cual:

$E$  constituye las emisiones de GEI generadas por el transporte de carga terrestre, calculadas en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

CC representa al Consumo de Combustible, en galones. Se obtiene mediante la fórmula:

$$CC = \frac{(KRV * X_i)}{R}$$

en la que:

KRV ~ Kilómetros Recorridos por Vehículo

X<sub>i</sub> ~ Cantidad de vehículos.

R ~ Rendimiento (km/gal).

$FC_{5\%}$ : refiere al *factor de corrección* del combustible Diesel N°2 al tener como complemento el 5% de biocombustible (B100). (IPCC, 2006)

$FC_{VCN}$ : refiere al *factor de conversión* Valor Calorífico Neto, que representa el rendimiento energético por unidad de combustible (1.34E-04 Tj/gal). (IPCC, 2006)

$FE_{CO_2}$ ;  $FE_{CH_4}$ ;  $FE_{N_2O}$ : refieren a los factores de emisión de los tres GEI que genera la combustión del Diesel (74,1 kg CO<sub>2</sub>/TJ; 3,9 kg CH<sub>4</sub>/TJ; 3,9 kg N<sub>2</sub>O/TJ respectivamente). (IPCC, 2006)

$PCG_{CO_2}$ ;  $PCG_{CH_4}$ ;  $PCG_{N_2O}$ : refieren al potencial de calentamiento global de los gases como proporción equivalente tomando como base a la capacidad del CO<sub>2</sub> (1; 21 y 310 respectivamente). Fuente RAGEI 2014-Energía combustión móvil. (IPCC, 2006).

### 2.3. Definición de términos básicos

Acuerdo de París	Foro de Países miembros de la estrategia global contra el cambio climático
Antropogénicas	En medio ambiente, consecuencias de la actividad humana.
CH <sub>4</sub>	Nomenclatura de la composición química del Metano que es el hidrocarburo alcano más sencillo, constituye el principal gas natural.
Chatarreo	Proceso de clasificación, fragmentación y compresión de las partes de los vehículos provenientes del proceso de desguace.
Clima	Condiciones atmosféricas del ambiente
CO <sub>2</sub>	Nomenclatura de la composición química del Dióxido de Carbono; gas que absorbe y emite calor, por lo que constituye uno de los GEI.
CO <sub>2</sub> equivalente	CO <sub>2</sub> eq. Conversión de potencial de contaminación de otros GEI a un equivalente en función de la capacidad del CO <sub>2</sub>
Combustión	Proceso químico de reacción de combustible con comburente y que genera calor.
Contaminación	Descomposición de un ecosistema por introducción de polución
Desguace	Descontaminación y desmantelamiento de un vehículo, a fin de separar y disponer el destino de sus diferentes componentes
Emisiones	Producto derivado de la combustión liberados a la atmósfera
Escenario	Situación definida por la condición de los factores
Medidas	Acciones específicas dentro de un plan global
Mitigación	Acciones para reducir los efectos de un proceso
N <sub>2</sub> O	Nomenclatura de la composición química del Óxido nitroso, que constituye un GEI y es utilizado como acelerante de la combustión en vehículos motorizados. Provoca en humanos, disociación mental leve y adormecimiento.

Programa	Implementación de acciones específicas dentro de un plan, en un área o sector específico.
Resiliencia	Proceso de incorporación de nuevas circunstancias ambientales en la vida humana.
Suavizamiento	Atenuación de los extremos en una serie.
Vinculantes	Comprometidas de manera legal por adhesión como característica del Acuerdo de Paris.

## **2.4. Hipótesis de la investigación**

Se plantearon las siguientes hipótesis de trabajo, las cuales están conformadas por una general y cuatro específicas:

### **2.4.1. Hipótesis general**

La metodología alternativa de Suavizamiento Exponencial Doble para la proyección del parque automotor anual 2007-2018, por antigüedad, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, presenta resultados significativamente más favorables al calcular el pronóstico de la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero con proyección al 2030; que los resultados obtenidos empleando la metodología de GTM-NDC.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

Hipótesis específica 1 (HE1): Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de panel de datos del GTM-NDC; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

Hipótesis específica 2 (HE2): Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la

metodología de razón geométrica promedio; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

Hipótesis específica 3 (HE3): Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de suavizamiento exponencial doble; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

Hipótesis específica 4 (HE4): Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de tendencia polinómica de primer grado; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Enfoque de la investigación

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista, (2014), el presente trabajo tiene una aproximación o enfoque cuantitativo pues tanto la recolección de datos como el procesamiento, son de este tipo además de no admitir subjetividad; y su planteamiento lógico es deductivo, pues va de lo general a lo particular, por la aplicación de una valoración teórica anterior para definir una clasificación particular; a través de un análisis estadístico (pp. 4, 11,12).

La proyección del parque automotor, a través de métodos estadísticos, encaja con la definición, así como la determinación de los niveles de reducción de las emisiones de GEI proyectados hacia el año 2030, del Programa Nacional de Chatarreo y renovación Vehicular del MTC.

### 3.2. Alcance de la investigación

El estudio de la variación en los cálculos del nivel de GEI recuperado por la acción del programa objeto de este estudio, implica una revisión exhaustiva de la metodología establecida, propuesta y presentada como parte de las acciones de mitigación de las NDC's peruanas.

En tal sentido, de acuerdo con la revisión de la bibliografía de metodología de la investigación, la propuesta de realizar mediante este trabajo una indagación sobre las variaciones en los resultados a partir de una modificación en la metodología de la proyección del parque automotor del programa estudiado, implican inicialmente un alcance del tipo explicativo; adicionalmente, el estudio comparativo para determinar el mejor resultado de entre los obtenidos con los métodos alternativos elegidos, establece una comparación ordinal de capacidad de determinación entre los modelos.

Complementariamente se establece la variación, comparando las diferencias en el resultado final del cálculo de la reducción de los niveles de GEI, producto de la

variación establecida en la proyección del parque automotor; lo cual determina que el alcance de este estudio se especifique como correlacional.

En tal virtud, el alcance de la presente investigación es Explicativo Correlacional.

### **3.3. Diseño de la investigación**

El diseño del presente trabajo se define como no experimental puesto que no es posible modificar intencionalmente el contexto de las variables. La evaluación correlacional, refiere causalidad entre las variables. La evaluación entre métodos refiere cambios en sus determinantes sin modificar la muestra, por lo que se define como un estudio longitudinal de muestras relacionadas.

### **3.4. Descripción del ámbito de la investigación**

La masa poblacional o universo considerado en este estudio, estuvo referido al parque automotor peruano de las categorías N2 y N3, individualizado por años de antigüedad (31 categorías desde 1 año hasta más de 30 años de antigüedad); dado al grupo definido por la información provista por el GTM-NDC para realizar el estudio del programa de chatarreo y renovación vehicular del MTC.

Sin embargo, para efectos de la realización de los cálculos, la población objetivo (muestra) fue acotada al Parque Automotor Peruano de las categorías N2 y N3 (definidos en la Ley 27181), que se encuentran debidamente empadronados en los sistemas nacionales en los años 2007 al 2018; que además cuenten con autorización para operaciones de carga y que se encuentran debidamente registrados ante la Superintendencia Nacional de Registros Públicos; individualizados de manera similar.

### **3.5. Variables**

#### **3.5.1. Definición conceptual de las variables**

La variable independiente (**X**), es de tipo cuantitativa discreta y representa al parque automotor anual por antigüedad, de los vehículos de transporte de carga general con un PBV mayor a 3.5 toneladas (categorías N2 y N3), que se encuentran

registradas y cuentan con la autorización respectiva para circular en la red vial peruana, de acuerdo con la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre (Ley 27181) y el Reglamento Nacional de Vehículos (actualizado en el año 2019); que hayan estado circulando en el periodo registrado, sujetos a la reglamentación legal correspondiente y empadronados en los sistemas peruanos respectivos.

En tal sentido, se considerarán como valores de la variable independiente al valor del parque automotor (la totalidad de vehículos registrados, que no hayan sido dados de baja, correspondientes a las categorías N2 y N3), por cada nivel de antigüedad y para los periodos respectivos.

La variable dependiente (Y), está representada en este estudio por la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero proyectada (diferencia de emisiones entre un escenario sin implementación de la medida de mitigación y otro escenario de emisiones con implementación de la medida de mitigación), debido a la aplicación del Programa de Renovación Vehicular y Chatarreo en el marco de las NDC peruanas.

Esta variable es de tipo cuantitativa continua y está dimensionada en unidades de “toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente” que dejarían de emitirse como consecuencia de la implementación de esta medida de mitigación de emisiones de GEI.

### 3.5.2. Definición operacional de las variables

Tabla 1. *Operacionalización de las variables*

Variables	Indicador	Escalas de medición	Fuente de datos / Instrumentos para el recojo de datos
<p>V<sub>1</sub> (Independiente) Parque automotor de las categorías N2 y N3, debidamente registradas</p>	<p>Cantidad total de vehículos en circulación por año, individualizados por antigüedad de fabricación.</p>	<p>Unidades vehiculares totales para cada nivel de antigüedad en cada periodo (año)</p>	<p>Anexos de informe final GTM-NDC y estadísticas MTC/Indirecta</p> <p>Datos gubernamentales electrónicos y abiertos</p>
<p>V<sub>2</sub> (Dependiente) Reducción de emisiones de GEI del parque automotor anual de las categorías N2 y N3 por antigüedad</p>	<p><b>Emisiones de GEI</b> proyectadas en un escenario BAU, del parque automotor de las categorías N2 y N3; individualizados por antigüedad del parque automotor que la genera.</p> <hr/> <p><b>Emisiones de GEI</b> proyectadas en un escenario de aplicación de la medida de chatarreo y renovación vehicular, del parque automotor de las categorías N2 y N3; individualizados por antigüedad del parque automotor que la genera.</p>	<p>Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente</p>	<p>Anexos de informe final GTM-NDC y estadísticas MTC/Indirecta</p> <p>Datos gubernamentales electrónicos y abiertos</p>

Elaboración propia

### **3.6. Delimitaciones**

#### **3.6.1. Temática**

El presente trabajo de investigación, está referido a las acciones del gobierno peruano respecto del Cambio Climático y la emisión de gases de efecto invernadero, dentro de las actividades multinacionales de adaptación y mitigación, emanadas a partir del CMNUCC, el Protocolo de Kyoto, el Acuerdo de Paris y de los acuerdos logrados en las 25 conferencias de las partes realizadas, en las que nuestro país es partícipe, socio y signatario. Particularmente se refiere a la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) que le corresponden al Perú, específicamente las correspondientes a las medidas de mitigación, en el sector energía, subsector combustión móvil, en su respectiva componente de transporte sostenible, en el Programa Nacional de Chatarreo y Renovación Vehicular.

Se estudia específicamente, la variación en los resultados esperados de la reducción de la emisión de GEI del parque automotor específico, retirado como consecuencia de la aplicación futura de esta medida de mitigación; ante variaciones en la metodología de cálculo del respectivo parque automotor proyectado.

#### **3.6.2. Temporal**

La información procesada corresponde a registros oficiales del parque automotor nacional, acopiada, procesada y conciliada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, desagregada por antigüedad correspondiente a los periodos del año 2007 al 2018 y proyectadas al año 2030, en concordancia con lo determinado y establecido en los acuerdos y convenios del CMNUCC y con el Informe Final del GTM – NDC del 17 de diciembre de 2018.

#### **3.6.3. Espacial**

El ámbito geográfico y espacial que abarca el presente estudio, refiere exclusivamente al parque automotor de las categorías N2 y N3, de acuerdo con el Reglamento Nacional de Vehículos (Decreto Supremo 058-2003 MTC) para la Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares del

MTC, que circulan en la red vial de transporte terrestre de carga dentro del territorio peruano; debidamente registradas y con autorización de operaciones.

### **3.7. Limitaciones**

Para la realización del presente trabajo, se encontró gran dificultad de acceso a la información; ya que, a pesar de ser pública y tener un sistema de transparencia implementada, la información desagregada no está incluida en este sistema y no está divulgada abiertamente. Se recurrió a la reconstrucción manual de tablas en sistemas que permitan procesamientos adicionales, principalmente a través de programas de hoja de cálculo electrónico. Del mismo modo, alguna asimetría en la información obtenida de las instituciones públicas, principalmente en lo referido al acceso a los registros históricos.

Adicionalmente, las distancias y los tiempos limitaron el acceso a información de fuentes primarias, además de la necesidad de mayores recursos. Por el lado temático, si bien se cuenta con información teórica profusa, esta es variada y no ha sido sistematizada ni tratada aún de manera amplia en el Perú, por lo que no se cuenta con mucha variedad de estudios previos referidos al tema de las emisiones del transporte de carga en nuestro país y mucho menos respecto de las contribuciones nacionalmente determinadas peruanas.

### **3.8. Población y muestra**

**Población:** Parque vehicular anual, individualizado en 31 niveles, desde un año hasta mayores de 30 años de antigüedad; de las categorías N2 y N3, registradas oficialmente para transporte de carga a nivel nacional.

**Muestra:** Parque vehicular anual, individualizado en 14 niveles, desde 18 años hasta mayores de 30 años de antigüedad; de las categorías N2 y N3, registradas oficialmente para transporte de carga a nivel nacional; para los periodos del 2007 al 2018.

### **3.9. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

Bases de datos provenientes del MTC y del MINAM, referidos en el informe final del Grupo de Trabajo Multisectorial para la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (GTM-NDC) del 7 de diciembre de 2018 y corroborados en las publicaciones estadísticas del MTC. Acopiamiento de datos gubernamentales abiertos y de disposición electrónica.

#### **3.10. Validez y confidencialidad del instrumento**

Los datos son hasta ahora de difusión pública y cuentan con la actualización de los valores registrados del parque automotor para el año 2018. La validez de los mismos proviene de corresponder a información difundida por un organismo de gobierno y que consolida datos de otros organismos oficiales como el MTC, los Registros Públicos, a través de la SUNARP, además de otros organismos involucrados en el grupo de trabajo multisectorial mencionado (GTM-NDC).

La confidencialidad nos remite a los aspectos de transparencia de las características de los procedimientos estatales de interés público y de divulgación no restringida del Estado Peruano.

#### **3.11. Plan de recolección y procesamiento de datos**

Los datos fueron obtenidos directamente de la página oficial del MINAM en octubre del año 2019. Se descargaron tanto el informe final del GTM – NDC como los archivos anexos de entre los cuales se obtuvo la data histórica empleada para el análisis de esta medida contenida originalmente en un enlace oficial del Ministerio del Ambiente. Posteriormente, el link fue cambiado y actualmente figura publicado en un nuevo enlace<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Se sugiere revisar el siguiente link <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/gtm>

Por su parte, el MTC lo publica actualmente bajo el acceso de estadísticas de transporte, bajo el archivo digital “Transportes\_Carretero\_2\_4\_10”, corroborado el 26 de mayo de 2020<sup>2</sup>.

El procesamiento fue realizado empleando la hoja electrónica de Microsoft Excel y la extensión NUM XL; así como el programa IBM SPSS. Consiste en la determinación de las proyecciones del parque automotor con cada una de las metodologías consideradas y, posteriormente, el cálculo de la reducción de GEI para cada caso. Para la validación de las hipótesis, se empleó como valor de referencia comparativa al coeficiente de correlación entre las unidades vehiculares retiradas por cada año y las reducciones de GEI logradas por esta acción; para los niveles de antigüedad mayores e iguales a 18 años, del programa de chatarreo y renovación vehicular en mención.

---

<sup>2</sup> Se sugiere revisar el siguiente link <https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html>

## **CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Descripción del entorno de la investigación**

Este trabajo fue realizado en un contexto global de preocupación y alarma de las naciones, por la drasticidad del cambio climático y la posibilidad de llegar a un punto de no retorno en la afectación del ambiente.

#### **4.1.1. Historia**

En junio de 1972 y por iniciativa de Suecia, se realizó la llamada “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano”, la que actualmente es conocida como la Primera Cumbre de la Tierra, orientada a la búsqueda de la normalización de la interacción del ser humano con el medio ambiente.

Desde entonces se han sucedido diversidad de iniciativas oficiales y emprendimientos conjuntos, promovidos principalmente por la ONU, entre las que destaca la Cumbre de Rio de 1992, de la cual emanan los primeros acuerdos que dan a este desequilibrio climático la categoría de problema global y se señalan los principales factores causantes de esta grave situación, reconociéndola exacerbada por el quehacer humano.

Los 27 Principios de la Declaración de Rio que reafirman y consolidan los avances de Estocolmo; el establecimiento de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) que entraría en funciones en marzo de 1994; la creación de las COP o Conferencias de la Partes; la Declaración de los Principios Relativos a la Sostenibilidad de los Bosques; el enfoque integrador de la Convención contra la Desertificación; el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Plan de Mundial de Desarrollo Sostenible; constituyeron los resultados concretos de esta cumbre, mediante los cuales establecieron las bases de la acción mundial actual.

La consecuencia pragmática resultó en la definición de acciones definidas, para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero con metas de por

lo menos 5% en promedio para el periodo 2008 al 2012. Posteriormente en la COP 18 en Qatar, se acordó un segundo periodo de ocho años entre los años 2013 y 2020, caracterizado por las nuevas y más exigentes condiciones, definidas de absoluta necesidad por los expertos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).

En la Conferencia de París del año 2015, se define la ruta para después del segundo periodo de Kyoto y se establece el llamado Acuerdo de París que define los planes de acción mundiales para la década 2021 al 2030, con metas urgentes de reducción del calentamiento global (limitándolo a una meta de incremento de 1.5 °C), a través de mecanismos de Adaptación, Mitigación y Resiliencia. Se busca evitar que las afectaciones antropogénicas sumadas a las causas naturales, superen a la capacidad de autorrecuperación de la naturaleza y el punto de no retorno.

El Acuerdo de París, resulta además legalmente vinculante y define metas de acción específica, en las llamadas “Contribuciones Determinadas a nivel Nacional”, como corolario de la XXI Conferencia de las Partes (COP 21).

#### **4.1.2. Base legal**

Los aspectos legales involucrados en el presente estudio abarcan situaciones tanto políticas, históricas como circunstanciales. El desarrollo de nuestro país, así como su involucramiento global, requieren normar y establecer parámetros de interacción legales y jurisprudencia que se actualice.

En particular, la situación del transporte en el Perú, la acción medio ambiental y la gobernanza; son las principales temáticas del derecho que confluyen en la aplicación de las estrategias de mitigación y para la adaptación al cambio climático. En lo referido al gobierno general, es el Código del Medio Ambiente y los recursos Naturales quienes enmarcan la normatividad de la relación humana con su entorno. Específicamente para el sector transporte; son de suma importancia y de actual vigencia, la llamada Ley General de Transporte (Ley N° 27181, Ley General de Transporte, 2018) y los decretos supremos y legislativos, que la complementan, reglamentan, actualizan y especifican; en lo referido

principalmente a la institucionalidad, las características, la operatividad y la actualización y modernización del transporte terrestre de pasajeros y carga.

Sobre la legislación medio ambiental, son relevantes para esta investigación todas aquellas normas que muestran el adecuamiento del país a la realidad actual del entorno de la vida humana y de los efectos de la acción humana sobre los ecosistemas. Resaltan, la creación del Fondo Nacional del Medio Ambiente (Ley No. 26793, Ley de Creación del Fondo Nacional del Ambiente, 1997) como predecesora del actual MINAM; la Ratificación del Protocolo de Kyoto mediante el cual nos adherimos a las acción mundial conjunta (Decreto SNupremo N° 080-2002-RE, 2002); el establecimiento de la Estrategia Nacional sobre Cambio Climático, que convierte al interés medioambiental en punto de agenda permanente del gobierno y eje transversal del estado (Decreto Supremo 086-2003 PCM, 2003); la Ley General del Ambiente, en la que se establecen los principios los principios, la política al respecto, los actores y sus competencias; así como elementos de fiscalización y de resolución de conflictos (Ley 28611, Ley General del Ambiente, 2005); la creación del Ministerio de Ambiente con lo cual se oficializa y se le da jerarquía y rango a la acción ambiental (Decreto Legislativo 1013, 2008); y además, la Ratificación del Acuerdo de Paris por el cual nos vinculamos a la acción específica mundial y nos comprometemos a las NDC peruanas (Decreto Supremo 058-2016 RE, 2016).

Cabe además resaltar, el establecimiento del Grupo de Trabajo Multisectorial, el cuál fue creado a fin de generar información técnica para la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas peruanas (Resolución Suprema N° 005-2016-MINAM, 2020).

#### **4.1.3. Estrategia de mitigación del cambio climático en el Perú**

Los orígenes de la preocupación por el cambio climático no radican en la historicidad del tema; sino en que, la degradación del ambiente global es una realidad fáctica y cada vez más cercana al llamado punto de no retorno, concebido tal como un nivel de perjuicio de los ecosistemas que sobrepase la capacidad de reprocesamiento de la naturaleza, que haga tardía cualquier intervención humana por

recuperarla e inminente el colapso de nuestra casa común, en la que “*todos estamos conectados*” (Francisco, 2015).

Las tentativas peruanas llevan un recorrido de múltiples y fallidos intentos, pero también de aciertos. De ellos, las implementaciones que hoy en día avanzan sobre la base del Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), son las que muestran un mayor progreso, no sin opositores, fallas, ni imperfecciones; pero sí con buen viento y fuerte auspicio global. Su principal acción específica se verificó en el establecimiento y la determinación de sus propias iNDC<sup>3</sup> en el segundo semestre del 2014, en el marco de la COP 20 realizada en Lima, presentadas el siguiente año. Posteriormente el Perú ratifica el Acuerdo de París en Julio de 2016 y simultáneamente emite la norma de creación del llamado Grupo de Trabajo Multisectorial (GTM-NDC), encargado de la parte técnica para la implementación de las NDC. Dicho grupo de trabajo concluyó su cometido el 7 de diciembre de 2018, fecha en que fuera aprobado su informe final (GTM-NDC, 2018).

Las NDC se constituyen entonces, en dos líneas de desarrollo: como medidas de Adaptación, cuyo objetivo común es la reducción de la vulnerabilidad ante los peligros relacionados con el cambio climático; y como medidas de Mitigación de la emisión de GEI que son parte del objetivo de alcanzar, como nación, el desarrollo sostenible.

Estas acciones contemplan 91 medidas en la primera componente de Adaptación al Cambio Climático, divididas en cinco áreas priorizadas; y, en la segunda componente de Mitigación, el Perú se compromete a reducir en 30% la emisión de sus GEI para el año 2030 a través de 62 medidas distribuidas en cinco sectores priorizados.

Bajo este segundo grupo de acciones correspondientes a la mitigación del Cambio Climático, dentro del sector de Energía, se contemplan 38 medidas, 24 de

---

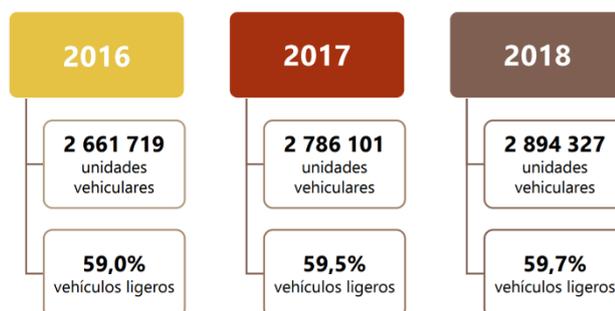
<sup>3</sup> La Resolución Suprema que creó el GTM-NDC denomina las Contribuciones Previstas y Determinadas a nivel nacional como iNDC. Posterior a la ratificación del Acuerdo de París por parte del Gobierno Peruano, las iNDC dejan de ser previstas (intended) y adquieren el carácter vinculante, por lo cual cambian su denominación a Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC).

ellas referidas a la categoría Combustión Estacionaria, que contempla cuatro componentes, y 14 relacionadas al mismo nivel con la Combustión Móvil. Esta última, contempla tres componentes, la mayor de las cuales desarrolla la categoría de Transporte Sostenible en cinco programas, entre los que se ubica el Programa Nacional de Chatarreo y Renovación Vehicular que enmarca el presente estudio.

#### 4.1.4. Parque automotor en el Perú

De acuerdo con el Anuario Estadístico 2017 del MTC, el parque automotor nacional está compuesto por un 85.2% de vehículos denominados tanto livianos como ligeros; y el restante 14.8% por vehículos pesados.

La actualización brindada por el Boletín Estadístico del MTC, correspondiente al segundo semestre 2018 nos muestra la siguiente evolución:



*Figura 1.* Evolución del Parque Automotor Circulante 2016 – 2018

Fuente: Boletín Estadístico 2018 II. MTC. OGGP. Oficina de Estadística (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019)

La legislación peruana, es precisa en la especificación de las categorías para la clasificación vehicular nacional. Así, en el Reglamento Nacional de Vehículos (Decreto Supremo N°058-2003-MTC anexo I, sus modificatorias y la Directiva N°002-2006 MTC/15), se encuentran los detalles para la denominación de cada tipo de vehículo que este apto para circular en las vías nacionales. De entre ellos, específicamente, la Categoría

N agrupa a vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías:

- N1: Vehículos de Peso Bruto Vehicular de 3,5 toneladas o menos.
- N2: Vehículos de Peso Bruto Vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.
- N3: Vehículos de Peso Bruto Vehicular mayor a 12 toneladas.



*Figura 2.* Evolución del Parque Vehicular de Empresas de Transporte de Carga, 2008-2017

Fuente: Anuario Estadístico MTC 2017 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

#### 4.1.5. Programa de chatarreo

Han sido muchas las iniciativas y los planes implementados en el Perú, con la intención de intervenir sobre una de las fuentes de mayor contaminación ambiental de origen antropogénico del sector, como es el transporte vehicular con motores de combustión interna.

Si bien las estadísticas demuestran que, dentro del parque automotor peruano, el número de camiones pesados es mucho menor a la suma de las unidades de las demás categorías (Buses, vehículos medianos, livianos y ligeros); los Vehículos de Transporte de Carga son responsables de la mayor parte de las emisiones de GEI del sector, además de material particulado nocivo.

Entre las causas más importantes figuran el tipo de combustible, el defectuoso mantenimiento, la conducción ineficiente, aunque principalmente la antigüedad de los vehículos. Los programas de retiro definitivo de estos vehículos de mayor antigüedad constituyen el principal mecanismo de intervención estatal de incentivo, a fin de lograr los beneficios esperados de recuperación para la mitigación del efecto invernadero. Dicha intervención tiene como acción principal la promoción del retiro

y la disposición final de dicha flota obsoleta, mediante implementaciones muy elaboradas de procesos de desguace y de chatarreo, de acuerdo con las normas que la ley determina para la disposición de residuos sólidos (Gobierno del Perú, 2017).

Para este programa de mitigación, la meta objetiva de referencia es de 0.105 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente (MtCO<sub>2</sub>eq), los que, de acuerdo con el Informe Final del GTM – NDC, se lograrían según los resultados siguientes:

Tabla 2. *Reducciones de emisiones de GEI calculadas por el GTM-NDC con datos al 2017.*

Año	Emisiones de GEI sin medida de mitigación (t CO <sub>2</sub> eq)	Emisiones de GEI con medida de mitigación (t CO <sub>2</sub> eq)	Reducción de emisiones (t CO <sub>2</sub> eq)
2020	7,360,538	7,286,095	74,443
2021	7,686,107	7,608,216	77,891
2022	8,003,649	7,922,433	81,216
2023	8,314,421	8,229,989	84,432
2024	8,619,462	8,531,910	87,552
2025	8,919,626	8,829,040	90,586
2026	9,215,614	9,122,069	93,545
2027	9,508,003	9,411,568	96,436
2028	9,797,271	9,698,005	99,266
2029	10,083,814	9,981,773	102,041
2030	10,367,965	10,263,197	104,767
<b>Total al 2030</b>	97,876,469	96,884,294	992,175
<b>Promedio anual</b>	8,897,861	8,807,663	90,198

Fuente: Anexos del Informe Final del GTM-NDC / Elaboración propia

De acuerdo con los anexos del referido informe, los datos de la tabla anterior se explican como una reducción progresiva de la emisión de GEI en la muestra, a un promedio de 90,198 tCO<sub>2</sub>eq (0.090198 MtCO<sub>2</sub>eq) por año en el periodo 2020 – 2030: implementando la medida a razón del 5% sobre vehículos de antigüedad mayor o igual a 20 años (GTM-NDC, 2018).

El cálculo de dichas emisiones en función de un escenario sin la aplicación de la medida de mitigación de chatarreo y renovación vehicular, refiere a una situación base, establecida por situaciones normales, definida como un escenario de

desenvolvimiento económico usual sin la aplicación de ninguna medida explícita adicional para enfrentar el cambio climático (IPCC, 2014). Los datos de emisiones de GEI con la implementación de la medida, figuran en la tercera columna y pueden notarse de forma desagregada por cada uno de los periodos de vigencia de la aplicación. En la cuarta fila, se pueden observar los resultados de reducción que se calculan por diferencia simple.

Para el cálculo de estos resultados, la variable proyectada es el parque automotor nacional de las categorías N2 y N3, individualizada por antigüedad de 1 a más de 30 años (31 categorías); a partir de los datos históricos de los años 2007 al 2017, contenidos en los anexos del referido informe final del GTM – NDC (Anexo III).

Dado a que el Informe Final del GTM – NDC fue presentado en diciembre del 2018, se contaba en aquel entonces con información oficial únicamente hasta el 2017; a la fecha los organismos públicos respectivos han consolidado ya la información referida al año 2018 y que ha sido considerada para el presente estudio.

#### **4.2. Procedimiento y resultados**

Como se mencionó anteriormente, los datos a evaluar corresponden a las unidades retiradas por el programa de chatarreo y renovación vehicular en cada periodo y por cada nivel de antigüedad; y su respectiva reducción de emisiones de GEI.

El programa contempla el retiro de unidades con más de 18 años de antigüedad por lo que sólo a este nivel se encontrarán reducciones de emisiones. En otras palabras, como las unidades más jóvenes no serían retiradas, entonces no existirá reducción de emisiones de GEI posibles para las unidades que tengan 17 o menos años de antigüedad. Esto acota la muestra a las unidades con 18 años y hasta mayores de 30 años de antigüedad (14 clases); para cada año entre el 2020 y el 2030 incluidos (11 periodos que contempla el programa); y sus respectivos cálculos de reducción de emisiones de GEI, para cada caso individual (Anexo IV). La variación

operacional, consiste en realizar los mismos procesos de cálculo, para cada una de las metodologías de proyección alternativas propuestas.

Para la determinación del método para el análisis estadístico inferencial se eligió la comparación de las correlaciones de las unidades retiradas por el programa y su respectiva reducción de emisiones de GEI, calculadas con cada una de las metodologías intervinientes.

Se consideró, en primer lugar, que los datos son cuantitativos y que provienen de una misma población (muestras relacionadas). La segunda consideración necesaria, es la prueba de Normalidad, la cual permitiría aplicar alguno de los métodos paramétricos para el contraste de hipótesis; la tercera consideración debería ser la de homocedasticidad en el caso que los datos provengan de grupos diferentes, pero en esta investigación, los datos son relacionados.

El resumen de los datos considerados para el procesamiento de la información, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3. *Resumen de procesamiento de casos*

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Unidades retiradas GTM-NDC	154	100,0%	0	0,0%	154	100,0%
Reducción de emisiones de GEI GTM-NDC	154	100,0%	0	0,0%	154	100,0%
Unidades retiradas MGEO	154	100,0%	0	0,0%	154	100,0%
Reducción de emisiones de GEI MGEO	154	100,0%	0	0,0%	154	100,0%
Unidades retiradas SUAVEXD	154	100,0%	0	0,0%	154	100,0%
Reducción de emisiones de GEI SUAVEXD	154	100,0%	0	0,0%	154	100,0%
Unidades retiradas POLII	154	100,0%	0	0,0%	154	100,0%
Reducción de emisiones de GEI POLII	154	100,0%	0	0,0%	154	100,0%

Fuente: Resultados procesamiento SPSS/ Elaboración propia

En el caso que los datos no presentaran una distribución normal de probabilidad, la metodología a emplear deberá ser la que implica el uso de las Pruebas

No Paramétricas para el contraste de hipótesis; en cuyo caso será relevante considerar que la variable independiente es discreta y la dependiente, de tipo continua (Flores y Ruiz, 2017).

#### 4.2.1. Prueba de Normalidad

Bajo la estructura de la comprobación inferencial, para la prueba de Normalidad, se plantearon las hipótesis:

$H_0$ : Las distribuciones probabilísticas de las variables en estudio no difieren de la distribución Normal

$H_1$ : Las distribuciones probabilísticas de las variables en estudio difieren de la distribución Normal.

Establecemos para este análisis un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ).

Emplearemos el estadístico de Kolmogorov - Smirnov, en el programa SPSS; dado a que, cada grupo de valores de la variable, tienen más de 50 datos. La siguiente tabla muestra los resultados de la prueba de Normalidad:

Tabla 4. *Resultados de Prueba de Normalidad en grupos elegidos*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Unidades retiradas GTM-NDC	,036	154	,200*	,990	154	,349
Reducción de emisiones de GEI GTM-NDC	,108	154	,000	,926	154	,000
Unidades retiradas MGEO	,322	154	,000	,485	154	,000
Reducción de emisiones de GEI MGEO	,160	154	,000	,761	154	,000
Unidades retiradas SUAVEXD	,264	154	,000	,572	154	,000
Reducción de emisiones de GEI SUAVEXD	,086	154	,007	,960	154	,000
Unidades retiradas POLI1	,086	154	,007	,939	154	,000
Reducción de emisiones de GEI POLI1	,162	154	,000	,898	154	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Resultados procesamiento SPSS/ Elaboración propia

Dados los niveles de significancia, podemos inferir que únicamente los datos de unidades retiradas, calculadas con la metodología del GTM-NDC, presentan distribución probabilística normal: ninguno de los grupos elegidos restantes presenta distribución normal en sus resultados (pvalor < 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula).

Se emplearán, por lo tanto, estadísticos no paramétricos; los que, bajo las consideraciones mencionadas, corresponden con el coeficiente de correlación de Spearman (rho de Spearman); que muestra el grado de correspondencia por rangos, entre los valores correspondientes a las variables analizadas.

Para efectos de la valoración de la intensidad de los niveles de correlación obtenidos para cada metodología alternativa; se consideró el siguiente baremo de interpretación en valores absolutos:

Tabla 5. *Baremación del grado de correlación de Spearman*

<b>Grado</b>	<b>Nivel</b>
<b>1</b>	Correlación perfecta
<b>[0.9 – 1&gt;</b>	Correlación muy alta
<b>[0.8 – 0.9&gt;</b>	Correlación alta
<b>[0.7 – 0.8&gt;</b>	Correlación moderada
<b>[0.6 – 0.7&gt;</b>	Correlación leve
<b>[0.5 – 0.6&gt;</b>	Correlación baja
<b>[0.0 – 0.5&gt;</b>	Correlación nula, muy baja o no

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.2. Resultado de contraste Hipótesis Específica 1**

Se definieron las siguientes hipótesis de trabajo:

H<sub>0</sub>: Existe independencia estadísticamente significativa entre la cantidad de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores

calculados con la metodología de panel de datos del GTM-NDC, para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

H<sub>1</sub>: Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de panel de datos del GTM-NDC; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

Para un nivel de significancia de 1%, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 6. *Correlación de Spearman para datos con metodología del GTM-NDC*

			Unidades retiradas GTM	Reducción de emisiones de GEI GTM
Rho de Spearman	Unidades retiradas GTM-NDC	Coefficiente de correlación	1,000	,699**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	154	154
	Reducción de emisiones de GEI GTM-NDC	Coefficiente de correlación	,699**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	154	154

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Procesamiento de datos en SPSS / Elaboración propia

De acuerdo con el nivel de significancia obtenido ( $0.000 < 0.01$ ), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; lo cual define que existe y es significativa, la correlación entre las unidades vehiculares que se proyectan que serían retiradas y las cantidades de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. que se reducirían por el programa de Chatarreo y Renovación Vehicular en el periodo 2020 al 2030; empleando la metodología del GTM-NDC para el pronóstico.

Los resultados muestran un grado de correlación de 0.699, lo cual determina un nivel de correlación leve, de acuerdo a la baremación establecida. Sin embargo,

este grado de correlación no evidencia un nivel suficiente como para demostrar causalidad, lo cual evidenciaría un estado bajo en la capacidad de determinación del instrumento o metodología empleada para la proyección de los datos pronosticados.

#### 4.2.3. Resultado de Hipótesis Específica 2

Se definieron las siguientes hipótesis de trabajo:

H<sub>0</sub>: Existe independencia estadísticamente significativa entre la cantidad de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de razón geométrica promedio, para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

H<sub>1</sub>: Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de razón geométrica promedio; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

Para un nivel de significancia de 1%, los resultados fueron:

Tabla 7. *Correlación de Spearman para los datos con metodología de razón geométrica promedio*

			Unidades retiradas	Reducción de emisiones de
			MGEO	GEI MGEO
<b>Rho de Spearman</b>	Unidades retiradas	Coefic. de correlación	1,000	,786**
		Sig. (bilateral)	.	,000
	MGEO	N	154	154
	Reducción de emisiones de GEI MGEO	Coefic. de correlación	,786**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	154	154

La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Procesamiento de datos en SPSS / Elaboración propia

De acuerdo con el nivel de significancia obtenido ( $0.000 < 0.01$ ), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; lo cual define que existe y es significativa, la correlación entre las unidades vehiculares que se proyectan que serían retiradas y las cantidades de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. que se reducirían por el programa de Chatarreo y Renovación Vehicular en el periodo 2020 al 2030; empleando la metodología de razón geométrica promedio para el pronóstico.

Los resultados muestran un grado de correlación de 0.786, lo cual determina un nivel moderado, de acuerdo a la baremación establecida. Este grado de correlación señala que entre las unidades intervenidas y la reducción de emisiones obtenidas, se evidencia un nivel mayor que, para la misma prueba, con los datos calculados con la metodología anterior; lo cual aproxima mejor las variables analizadas y evidenciaría una mejor capacidad de determinación, de la media geométrica como razón de proyección, respecto de la metodología empleada por el GTM - NDC; como instrumento para la determinación de los datos pronosticados.

#### **4.2.4. Resultado de Hipótesis Específica 3**

Se definieron las siguientes hipótesis de trabajo:

H<sub>0</sub>: Existe independencia estadísticamente significativa entre la cantidad de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de suavizamiento exponencial doble; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

H<sub>1</sub>: Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de suavizamiento exponencial doble; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

Para un nivel de significancia de 1%, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 8. *Correlación de Spearman para los datos obtenidos con la metodología de suavizamiento exponencial doble*

		Unidades retiradas SUAVEXD	Reducción emisiones de GEI SUAVEXD
Rho de Spearman	Unidades retiradas SUAVEXD	Coefic. de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	,847**
		N	,000
			154
	Reducción de emisiones de GEI SUAVEXD	Coefic. de correlación	,847**
		Sig. (bilateral)	1,000
		,000	
		N	154

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Procesamiento de datos en SPSS / Elaboración propia

De acuerdo con el nivel de significancia obtenido ( $0.000 < 0.01$ ), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; lo cual define que existe y es significativa, la correlación entre las unidades vehiculares que se proyectan que serían retiradas y las cantidades de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. que se reducirían por el programa de Chatarreo y Renovación Vehicular en el periodo 2020 al 2030; empleando la metodología de suavizamiento exponencial doble para el pronóstico.

Los resultados muestran un grado de correlación de 0.847, lo cual determina un nivel de correlación alta, de acuerdo a la baremación establecida. Con relación a los dos casos anteriores, esta metodología de pronóstico proporciona datos que muestran una dependencia mayor; lo cual es esperado porque en realidad, la reducción de emisiones de GEI es consecuencia de las unidades retiradas.

#### 4.2.5. Resultado de la Hipótesis Específica 4

Se definieron las siguientes hipótesis de trabajo:

H<sub>0</sub>: Existe independencia estadísticamente significativa entre la cantidad de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de tendencia polinómica de primer grado; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular

H<sub>1</sub>: Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de tendencia polinómica de primer grado; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

Para un nivel de significancia de 1%, los resultados fueron:

Tabla 9. *Correlación de Spearman para los datos obtenidos con la metodología de tendencia polinómica de primer grado*

		Unidades retiradas POLI1	Reducción de emisiones de GEI
Rho de Spearman	Unidades retiradas POLI1	Coefficiente de	1,000
		Sig. (bilateral)	,606**
		N	154
	Reducción de emisiones de GEI POLI1	Coefficiente de	,606**
		Sig. (bilateral)	1,000
		N	154

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Procesamiento de datos en SPSS / Elaboración propia

De acuerdo con el nivel de significancia obtenido ( $0.000 < 0.01$ ), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; lo cual define que existe y es significativa, la correlación entre las unidades vehiculares que se proyectan que serían retiradas y las cantidades de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. que se reducirían por el

programa de Chatarreo y Renovación Vehicular en el periodo 2020 al 2030; empleando la metodología de tendencia polinómica de primer grado para el pronóstico.

Los resultados muestran un grado de correlación de 0.606, lo cual determina un nivel de correlación leve, de acuerdo a la baremación establecida. Para la evaluación realizada, esta metodología de pronóstico, determina valores que no relacionan adecuadamente las unidades intervenidas con la consecuente reducción y es además la alternativa que provee la menor correlación de todas las consideradas.

De acuerdo con los resultados obtenidos para las hipótesis anteriores se establece el siguiente resumen para un nivel de significancia de 1%:

Tabla 10. *Ordinal de la Rho de Spearman para las metodologías consideradas*

<b>Orden</b>	<b>Metodología de proyección del parque automotor del programa</b>	<b>Nivel de correlación (Rho de Spearman)</b>	<b>Grado de correlación (Baremo)</b>
1°	Suavizamiento Exponencial Doble	0.847	Correlación alta
2°	Razón Geométrica Promedio	0.786	Correlación moderada
3°	Panel de datos GTM-NDC	0.699	Correlación leve
4°	Tendencia Polinómica de 1er. grado	0.606	Correlación leve

Elaboración propia

### **4.3. Resultado para la Hipótesis General**

De acuerdo con las condiciones del Programa de Chatarreo y Renovación vehicular, el objetivo de reducción deberá proyectarse al 2030 y las metas con periodicidad anual a partir del 2020. Los datos de la Tabla 11, muestran los resultados anuales de reducción de GEI obtenidos con la metodología de pronóstico del GTM - NDC; mientras que en la Tabla 12, los resultados de reducción de GEI, aplicando el Suavizamiento Exponencial Doble, como metodología de proyección.

Tabla 11. *Resumen de reducciones de emisiones de GEI con la metodología del GTM NDC*

Año	Escenario Emisiones Proyectadas sin Medida de Mitigación (t CO <sub>2</sub> eq)	Escenario Emisiones Proyectadas con Medida de Mitigación (t CO <sub>2</sub> eq)	Reducción de emisiones Diferencia entre escenarios con y sin medida de Mitigación (t CO <sub>2</sub> eq)
2020	7,369,213	7,294,362	74,851
2021	7,672,697	7,594,344	78,353
2022	7,967,743	7,886,041	81,702
2023	8,255,534	8,170,666	84,868
2024	8,537,122	8,449,170	87,952
2025	8,813,546	8,722,608	90,938
2026	9,085,381	8,991,567	93,814
2027	9,353,394	9,256,753	96,641
2028	9,617,885	9,518,448	99,437
2029	9,879,416	9,777,326	102,090
2030	10,138,391	10,033,740	104,651
Total al 2030	96,690,322	95,695,025	995,297
Promedio anual	8,790,029	8,699,548	90,482

Elaboración propia.

Tabla 12. *Resumen de reducciones de emisiones de GEI con la metodología alternativa*

Año	Escenario Emisiones Proyectadas sin Medida de Mitigación (t CO <sub>2</sub> eq)	Escenario Emisiones Proyectadas con Medida de Mitigación (t CO <sub>2</sub> eq)	Reducción de emisiones Diferencia entre escenarios con y sin medida de Mitigación (t CO <sub>2</sub> eq)
2020	7,941,186	7,862,827	78,359
2021	8,383,229	8,301,464	81,765
2022	8,825,365	8,740,203	85,162
2023	9,267,593	9,179,047	88,546
2024	9,709,589	9,617,650	91,939
2025	10,151,810	10,056,509	95,301
2026	10,593,940	10,495,260	98,680
2027	11,036,055	10,933,966	102,089
2028	11,478,181	11,372,684	105,497
2029	11,920,266	11,811,406	108,860
2030	12,362,384	12,250,119	112,265
Total al 2030	111,669,598	110,621,135	1,048,463
Promedio anual	10,151,782	10,056,467	95,315

Elaboración propia.

Para definir si la variación final es significativa, se procedió a realizar la prueba de hipótesis final; empleando los datos agregados por año, de acuerdo con los requerimientos del programa.

#### **4.3.1. Prueba de Normalidad**

Para la determinación del método para el análisis estadístico inferencial, se consideró, en primer lugar, que los datos son cuantitativos y que provienen de una misma población (muestras relacionadas). La segunda consideración necesaria, es la prueba de Normalidad, la cual permitiría aplicar alguno de los métodos paramétricos para el contraste de hipótesis; la tercera consideración debería ser la de Homocedasticidad en el caso de que los datos provengan de grupos diferentes, pero en esta investigación, los datos son relacionados.

En el caso de que los datos no presentaran una distribución normal de probabilidad, la metodología a emplear deberá ser haciendo uso de Pruebas No Paramétricas para el contraste de hipótesis (Flores y Ruiz, 2017).

Bajo la estructura de la comprobación inferencial, para la prueba de Normalidad, se plantean las siguientes hipótesis:

$H_0$ : Las distribuciones de las variables en estudio no difieren de la distribución Normal

$H_1$ : Las distribuciones de las variables en estudio difieren de la distribución Normal.

Se establece para todo el estudio un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ). Se emplea el estadístico de Shapiro-Wilk en el programa SPSS; dado que cada grupo de valores de la variable tienen menos de 50 datos.

Los resultados de la prueba de Normalidad fueron los siguientes:

Tabla 13. *Estadísticos descriptivos de las reducciones de GEI por metodología de proyección*

	Estadístico	Valor	Error estándar
<b>Reducción SUAVEXD</b> (t CO <sub>2</sub> eq)	Media	95315,32	3391,06
	Media recortada al 5%	95315,32	
	Mediana	95315,32	
	Varianza	126492422,90	
	Desviación estándar	11246,885	
	Asimetría	,000	,66
	Curtosis	-1,200	1,27
	<b>Reducción GTM-NDC</b> (t CO <sub>2</sub> eq)	Media	90487,64
Media recortada al 5%		90564,72	
Mediana		90942,24	
Varianza		97033194,55	
Desviación estándar		9850,54	
Asimetría		-,134	,66
Curtosis		-1,160	1,27

Fuente: Procesamiento de datos en SPSS / Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 13, los resultados obtenidos con la metodología de suavizamiento exponencial, para el pronóstico; muestran una mayor regularidad, que se verifica tanto en el coeficiente de asimetría como en la coincidencia casi perfecta de la media y la mediana.

Tabla 14. *Resultados de la prueba de Normalidad*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Reducción SUAVEXD (t CO <sub>2</sub> eq)	,968	11	,870
Reducción GTM-NDC (t CO <sub>2</sub> eq)	,968	11	,866

Fuente: Procesamiento de datos en SPSS / Elaboración propia

Dados los niveles de significancia, se infiere que ambos grupos de datos presentan distribución normal de datos ( $p_{\text{valor}} = 0.870 > 0.05$  y  $p_{\text{valor}} = 0.869 > 0.05$ ). Para este caso, el estadístico más adecuado como prueba de comparación será la t de

Student para dos muestras relacionadas. Al ser muestras provenientes de un mismo grupo de individuos (relacionadas) no será necesario realizar la prueba de homocedasticidad.

Tabla 15. *Correlaciones de muestras emparejadas*

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Reducción de GEI GTM-NDC (t CO <sub>2</sub> eq) & Reducción de GEI SUAVEXD (t CO <sub>2</sub> eq)	11	,999	,000

Fuente: Procesamiento de datos en SPSS / Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, los datos de niveles de reducción en las emisiones de GEI, obtenidos con las dos metodologías analizadas, para la proyección del parque automotor del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular; en el marco de la estrategia de mitigación del cambio climático en el Perú con perspectiva al 2030; muestran una muy alta correlación entre sí; lo cual permite la comparación entre ellas.

Finalmente, para evaluar las diferencias entre los resultados de reducción de GEI para ambos métodos, empleamos la prueba t como estadístico de prueba:

$H_0$ : No existe una diferencia significativa en el cálculo de la reducción de la emisión de GEI esperada, en el marco del programa de chatarreo y renovación vehicular para la mitigación del Cambio Climático en el Perú, con perspectiva al 2030, empleando Suavizamiento Exponencial Doble como metodología alternativa a la aplicada por el GTM -NDC.

$H_1$ : Existe una diferencia significativa en el cálculo de la reducción de la emisión de GEI esperada, en el marco del programa de chatarreo y renovación

vehicular para la mitigación del Cambio Climático en el Perú, con perspectiva al 2030, empleando Suavizamiento Exponencial Doble como metodología alternativa a la aplicada por el GTM -NDC.

Para un nivel de significancia de 5%, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 16. Prueba *t* para muestras emparejadas

Reducción		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilat.)
Par 1	(t CO <sub>2</sub> eq) - Reducción SUAVEXD (t CO <sub>2</sub> eq)	Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo confianza de la diferencia			
					Inferior	Superior		
					-4827,67	1469,28		

Fuente: Procesamiento de datos en SPSS / Elaboración propia

En la Tabla 16, se verifica la existencia de diferencias significativas en los resultados agregados anuales ( $\text{sig} = 0.000 < 0.05$  por lo que se rechaza la hipótesis nula). Adicionalmente, el valor de  $t < 0$  (-10.898) para la diferencia de los resultados en el orden Valores para la metodología GTM-NDC – Valores para la Metodología de Suavizamiento Exponencial Doble (en ese orden), indican que los valores del sustraendo son mayores.

Se puede inferir, por lo tanto, que esta metodología alternativa de pronóstico provee resultados más afianzados a un nivel estadísticamente significativo.

Para la práctica administrativa, resulta de suma importancia la mayor especificación posible de las aplicaciones, herramientas y metodologías; dado a que, particularmente para la proyección de datos, es muy importante la precisión o la reducción al mínimo de los márgenes de error entre el valor proyectado y el que llegue a realizarse. Del pronóstico adecuado, dependerán los resultados de gestión al aportar en la reducción del riesgo; las mermas, sobrestock o déficit en los inventarios; y, en general, la precisión de todos los presupuestos y futuros, en base a información histórica relevante.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Con una probabilidad del 99%, se puede inferir que la metodología de Panel de Datos empleada por el GTM-NDC, aplicada a la proyección de los datos del parque automotor referido al Programa de Chatarreo y reconversión vehicular para la mitigación del Cambio Climático en el Perú, con perspectiva al 2030, muestra resultados de una correlación leve ( $\rho_{\text{Spearman}} = 0.699$ ) entre el pronóstico de las unidades vehiculares intervenidas y su respectivo nivel de reducción de emisiones de GEI. De acuerdo con la escala previamente establecida, no se puede asegurar un comportamiento similar entre las variables correlacionadas, que por naturaleza deberían tenerlo; pues la reducción en la emisión de GEI, es en realidad una consecuencia del retiro definitivo de unidades vehiculares antiguas.
- También se puede inferir que la metodología de razón geométrica promedio, aplicada como metodología alternativa en la proyección de los datos del parque automotor referido al Programa de Chatarreo y reconversión vehicular para la mitigación del Cambio Climático en el Perú, con perspectiva al 2030, muestra resultados de una correlación moderada ( $\rho_{\text{Spearman}} = 0.786$ ) entre el pronóstico de las unidades vehiculares intervenidas y su respectivo nivel de reducción de emisiones de GEI; con una probabilidad de 1% de cometer error de Tipo I.
- Con un nivel de significancia del 1%, se infiere que la metodología de Suavizamiento Exponencial Doble, aplicada a la proyección de los datos del parque automotor referido al Programa de Chatarreo y reconversión vehicular para la mitigación del Cambio Climático en el Perú, con perspectiva al 2030, muestra resultados de una correlación alta ( $\rho_{\text{Spearman}} = 0.847$ ) entre el pronóstico de las unidades vehiculares intervenidas y su respectivo nivel de reducción de emisiones de GEI. Este nivel de correlación se aproxima de forma significativa a la relación natural entre las variables, puesto que la reducción de emisión de GEI de este programa, es

consecuencia directa de la intervención, mediante el retiro definitivo, de las unidades más antiguas y menos eficientes.

- Por otro lado, se puede inferir, con un nivel de confianza de 99%, que la metodología de Tendencia Polinómica de primer grado, aplicada a la proyección de los datos del parque automotor referido al Programa de Chatarreo y Reconversión Vehicular para la Mitigación del Cambio Climático en el Perú, con perspectiva al 2030, muestra resultados de una correlación leve ( $\rho_{\text{Spearman}} = 0.606$ ) entre el pronóstico de las unidades vehiculares intervenidas y su respectivo nivel de reducción de emisiones de GEI. Esto implica que la metodología en mención, no resulta ser adecuada para el proceso de cálculo de los pronósticos, al mostrar resultados poco significativos en la relación esperada entre los datos obtenidos.
- Se puede concluir un ordenamiento de prelación, a partir de los valores obtenidos para la correlación de Spearman en los cuatro casos anteriores; que permite inferir que la metodología de Suavizamiento Exponencial Doble presenta una mayor correlación entre las variables evaluadas. Esto nos permite definir que esta metodología nos proporciona mejores resultados, en el sentido de mostrar un mayor afianzamiento en la relación entre los vehículos chatarreados y la reducción de emisiones de GEI consecuentes.
- Evaluados los resultados agregados de reducción de GEI para cada año de vigencia del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, proyectados para el periodo 2020 al 2030; se corroboró una diferencia estadísticamente significativa, entre los valores obtenidos con la metodología de proyección empleada por el GTM - NDC y el pronóstico logrado con la metodología de suavizamiento exponencial doble.
- Adicionalmente, se determinaron factores que señalan que los resultados de cálculo de la reducción de GEI, obtenidos con la metodología de suavizamiento exponencial doble, presentan mayor estabilidad y capacidad de pronóstico; como la normalidad, la asimetría casi nula y la equivalencia de los valores de media y mediana.
- El estudio de las posibilidades de implementación de herramientas alternas de pronóstico, dentro de los proyectos que involucran datos numéricos, muestra una

gama amplia de posibilidades; con las cuales, finalmente, solo se puede pronosticar con una mayor o menor capacidad de aproximación y nunca sin margen de error.

- Esta variabilidad de las posibilidades en las proyecciones, determinan a su vez la posibilidad de resultados diferentes en los valores finales o globales que diferirán en mayor o menor medida de los datos reales o realizados. Este riesgo en la planeación viene siendo comúnmente cubierto, empleando afinamiento en los procesos intermedios de cálculo, además del empleo de metodologías de escenarios posibles y el de herramientas complementarias diversas.
- Los resultados obtenidos, demuestran que las consideraciones para definir procesos intermedios en proyectos de largo plazo afinan las aproximaciones, disminuyen los márgenes de error futuro y disipan discrepancias e inconsistencias al aplicar correcciones relevantes. Este trabajo no incluyó intervenciones que no estén referidos a los objetivos principales, en primera instancia para poder comparar resultados finales en condiciones similares; en segundo lugar, porque alterarían el enfoque y finalmente porque ameritarían estudios secundarios que desviarían la línea de trabajo.
- La meta del programa estudiado deberá ser lograda superando el mínimo asignado, debido a los compromisos que como nación tenemos frente a los acuerdos sobre mitigación del cambio climático. El compromiso es real y de carácter vinculante, lo cual involucra al programa aún más con las metas y los resultados; los cuales deberán ser cubiertos con la mayor seguridad posible y de la manera más holgada.

## **5.2. Recomendaciones**

- A la fecha de realización del presente estudio, el IPCC ha actualizado los valores de los factores de referencia que se emplean en este proceso (Anexos VII y VIII). Se hace muy necesaria la actualización de dicha información y la inclusión en los cálculos. Este trabajo no incluyó dichas consideraciones para conservar los términos de los cálculos iguales a los originales, a fin de poder realizar la comparación efectuada en condiciones semejantes.

- Los datos históricos empleados presentan una alta variabilidad interna; es decir que a pesar de que los periodos guardan una relación intrínseca (las unidades con determinada antigüedad provienen del periodo inmediatamente anterior), numéricamente no muestran esta secuencia, debido probablemente al recojo inicial de información y al procesamiento de la data original; por lo que se hace necesario reprocesar la información original por parte de las autoridades respectivas, además de las consideraciones que se mencionan más adelante.
- Una consideración adicional que se deduce del procesamiento realizado en este trabajo es que la información inicial podría reorganizarse, no por antigüedad sino por fecha de fabricación de los vehículos; lo cual permitiría aprovechar la tendencia de un mismo grupo de vehículos, de origen común y con características más relacionadas. Se hace una referencia gráfica en los anexos V y VI.
- Adicionalmente, en el detalle, el programa refiere a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> del parque automotor de las categorías N2 y N3; sin embargo, estas categorías incluyen las denominadas “carretas” y remolques, los cuáles no se corresponden con el objetivo mencionado, puesto a que no tienen motores ni emiten contaminación de GEI de este tipo. Por tal motivo, sería necesario implementar una depuración de las unidades consideradas en los datos históricos, refiriendo para esto a las entidades del estado que poseen la información necesaria para este fin.
- Así también, la inclusión de otras variables causales adicionales (por ejemplo, PBI sectorial, tipos de cambio por periodo, etcétera), permitiría el empleo de regresiones múltiples y un afinamiento en el pronóstico; además de facilitar la posibilidad del análisis de posibles ciclos y estacionalidades.
- Finalmente, aunque implique un cambio radical en el modelo de análisis empleado por el programa, se podría invertir el procedimiento de cálculo, en el sentido de cambiar el procedimiento de deductivo a inductivo. Según esto, se calcularía el requerimiento para expresarlo directamente como una meta.

### **Bibliografía**

- Berzosa, Á.(2013) *Análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de las carreteras*. (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Bravo, V. (2015) *Propuesta metodológica para estructuración de proyectos de concesión vial en Ecuador*. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Santo Domingo.
- Congreso Constituyente Democrático. (29 de 12 de 1993). Constitución Política del Perú. *Constitución Política del Perú*. Lima, Perú: Congreso Constituyente Democrático.
- Congreso de la República del Perú. (1992). Resolución Legislativa 26185. *Adhesión de la República Peruana al CMNUCC*.
- Decreto Legislativo 1013. (13 de mayo de 2008). Diario Oficial El Peruano. *Creación del Ministerio del Ambiente*. Lima, Perú.
- Decreto Supremo 058-2016 RE. (21 de julio de 2016). Diario Oficial El Peruano. *Ratifican el Acuerdo de Paris*. Lima, Perú.
- Decreto Supremo 080-2002 RE. (09 de Setiembre de 2002). Diario Oficial El Peruano. *Ratificación del Protocolo de Kyoto*. Lima, Perú.
- Decreto Supremo 086-2003 PCM. (24 de octubre de 2003). Diario Oficial El Peruano. *Establecimiento de la Estrategia Nacional sobre Cambio Climático*. Lima, Perú.
- Diaz Coutiño, R., & Escárcega Castellanos, S. (2009). *Desarrollo sustentable, una oportunidad para la vida*. México D.F., México: Mc Graw Hill.
- Domínguez Madrid, A. Y.(2016) *Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO2 Vehicular en Tijuana, B.C.* (Tesis de Maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada CICESE, Tijuana, México.
- Flores-Ruiz, M.-N. V.-K. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *revista Alergia México*,( ) 364 -370.
- Francisco I. (24 de Nayo de 2015). *Encíclica Laudato SI*. Obtenido de Sobre el cuidado de la casa común:  
[http://w2.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si.html](http://w2.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html)
- Garduño, G. (2011). *Metodología para calcular el pronóstico de ventas y una medición de su precisión en una empresa farmacéutica: caso de estudio*. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional, México.

- Garnica, D.(2011) *Pronóstico a corto plazo de afluencia de pasajeros utilizando técnicas de Data Mining: Metro S.A. (Tesis de Maestría)*. Universidad de Chile, Santiafo de Chile.
- Gobierno del Perú. (27 de 12 de 2017). Decreto Legislativo N° 1278. *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. lima, Lima, Perú: El Peruano.
- GTM-NDC, G. d. (2018). *INFORME FINAL*. Lima.  
[http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2019/01/190107\\_Informe-final-GTM-NDC\\_v17dic18.pdf](http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2019/01/190107_Informe-final-GTM-NDC_v17dic18.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodoogía de la Investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). México: McGraw Hill.
- Huaytani León, F. A., Monti Bustamante, M. A., y Bartra Pretell, P. (2015) *Propuestaa de implementación de inteligencia de negociosdelmodelo ITS (Sistema Inteligente de Transporte) para empresa de transporte de carga*. (Tesis de Maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. (T. d. Malta, Trad.) Obtenido de Publicaciones IPCC en español: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_0\\_Cover.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_0_Cover.pdf)
- IPCC. (2006). *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero*. Obtenido de Directrices del IPCC para los INGEI - Combustión Móvil: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: bases físicas. *Resumen para responsables de políticas, resumen técnico y preguntas fresuentes*. Ginebra, Suiza.
- IPCC. (05 de 2014). Cambio Climático 2014. *Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Ginebra, Suiza.
- IPCC. (2014). Cambio Climático 2014. *Informe de Sintesis*. Ginebra, Suiza.
- Keynes, J. M. (1920). *The Economic Consecuences of the Peace*. New York, Estados Unidos de Norteamérica: Harcourt, Brace and Howe.
- Ley 26793, Creación del Fondo Nacional del Ambiente. (10 de mayo de 1997). Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú.
- Ley 27181, Ley General de Transporte Terrestre. (8 de octubre de 1999). Diario Oficial El

- Peruano. Lima, Perú: Gobierno del Perú.
- Ley 28611, Ley General del Ambiente. (13 de octubre de 2005). Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú.
- Malacalza, L. (27 de mayo de 2013). Ecología y ambiente. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Recuperado el 23 de Octubre de 2019, de:  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/38507/Documento\\_completo\\_\\_\\_pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/38507/Documento_completo___pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Malthus, T. R. (1846). *Ensayo sobre El Principio de la Población*. (J. M. Noguera, & J. Miguel, Trads.) Madrid, España: D. Lucas González y Compañía.
- Martínez Ortega, R. M. (2009). El coeficiente de correlacion de los rangos de spearman caracterizacion. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8 (2), 9.
- Mayorca Morales, J. P., Motta Fernández, B. A., Rios Brito, E. I., y Tenazoa Huitron, G. I. (2018) *Oportunidades de desarrollo de bonos de carbono en el Perú*. (Tesis de Mestría). Universidad ESAN, Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (01 de Julio de 2018). *Anuario Estadístico 2017*.  
 Obtenido de:  
[https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/publicaciones/anuarios/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_2017.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/publicaciones/anuarios/ANUARIO_ESTADISTICO_2017.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (01 de febrero de 2019). *Boletín Estadístico II 2018*.  
 Recuperado el 31 de Mayo de 2020, de:  
[https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/publicaciones/boletines/boletin\\_estadistico\\_II\\_semestre\\_2018.pdf#page=31&zoom=100,212,113](https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/publicaciones/boletines/boletin_estadistico_II_semestre_2018.pdf#page=31&zoom=100,212,113)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (26 de mayo de 2020). *Portal del MTC Perú*.  
 Recuperado el 26 de mayo de 2020, de *Gobierno del Perú-Portal MTC*:  
<https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html>
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI)*. Lima: Infocarbono.
- Ministerio del Ambiente. (25 de setiembre de 2015). *Portal del Ministerio del Ambiente*.  
 Obtenido de *Estrategia Nacional ante el Cambio Climático 2015*:  
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCC-FINAL-250915-web.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (4 de julio de 2016). *Guía N°2: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero*. (Infocarbono, Ed.)  
Recuperado el 24 de junio de 2020, de *Sector Energía. Categoría: Combustión Móvil*:  
[http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Guia-02\\_Portada-Original.pdf](http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Guia-02_Portada-Original.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (24 de junio de 2020). *Portal Ministerio del Ambiente*.  
Obtenido de: <http://www.minam.gob.pe/cambioclimático/ndc>
- Murillo, Y. (2012) *Mejoramiento del desempeño de servicio de transporte de carga para reducir costos logísticos en tracto camiones y semirremolques*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Newbold, P., Carlson, W., y Thorne, B. (2008). *Estadística para Administración y Economía*. Madrid: Pearson.
- Odum, E. (1972). *Ecología*. México: Interamericana.
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (10 de 10 de 2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.  
Recuperado el 2019, de: *17 objetivos para transformar nuestro mundo*:  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>
- Pérez, P. (2010) *Propuesta de conversión del parque automotor de Lima y Callao para el uso del gas natural*. (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- PLAN CC. (julio de 2014). *Plan CC Perú*.  
Obtenido de: 77 Opciones de Mitigación:  
[http://plancperu.org/wp-content/uploads/2016/05/plancc\\_77\\_opciones\\_de\\_mitigacion\\_baja-2.pdf](http://plancperu.org/wp-content/uploads/2016/05/plancc_77_opciones_de_mitigacion_baja-2.pdf)
- Resolución Suprema N° 005-2016-MINAM. (24 de JUNIO de 2020). Diario Oficial El Peruano. *Creación del Grupo de Trabajo Multisectorial para la implementación de las NDC (GTM-NDC)*. Lima, Perú.
- Robbins, S. y Coulter, M. (2014). *Administración*. México: Pearson.
- Saavedra, J. D.(2014) *Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular*. (Tesis de Grado). UNALM, Lima, Perú.
- Sentencia del TC, Expediente N° 0018-2002-AI/TC (Tribunal Constitucional 06 de 11 de 2002).

Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías. (05 de 05 de 2014). *Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito*.

Obtenido de Decreto Supremo N° 016 - 2009 - MTC:

[http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/D\\_-NRO\\_016-2009-MTC\\_AL\\_05.05.14.pdf](http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/D_-NRO_016-2009-MTC_AL_05.05.14.pdf)

Vivanco Pinta, S. M. (2015) *Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

## ANEXOS

### ANEXO I: Tabla de abreviaturas

BAU	Escenario de contexto usual (Business as usual)
CMNUCC	Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
COP	Conferencia de las Partes o foro Anual de Miembros del NDC Partnership CMNUCC
FC	Factores de Corrección
FE	Factores de Emisión
GTM-NDC	Grupo de Trabajo Multisectorial para la implementación de las NDC
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental en Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change)
KRV	Kilometraje de Recorrido Vehicular
MGEO	Metodología de pronóstico o extrapolación empleando Media Geométrica
MINAM	Ministerio del Ambiente
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
NDC	Contribuciones Nacionalmente Determinadas (Nationally Determined Contributions)
PBV	Peso Bruto Vehicular
PCG	Potencial de Calentamiento Global
POLI1	Metodología de pronóstico o extrapolación por Tendencia Polinómica de primer grado
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
SI	Sistema Internacional de medidas
SUAVEXD	Metodología de pronóstico o extrapolación por medio de Suavizamiento Exponencial Doble
TJ	Tera Joule. $10^{12}$ Joules. Múltiplo unidad de energía, trabajo y calor.
VCN	Valor Calorífico Neto. Energía liberada principalmente por la combustión

## ANEXO II: Matriz de consistencia

1.2. Formulación del problema	1.4. Objetivos de la investigación	2.5. Hipótesis de la investigación	3.5. Variables	
			3.5.1. Conceptualización	3.5.2. Operacionalización
1.2.1. Problema Principal:	1.4.1. Objetivo General:	2.5.1. Hipótesis General:	Variable independiente	
¿Existirá una variación significativa en los resultados de la reducción de emisiones de GEI esperados, haciendo uso de la metodología de panel de datos empleado por el GTM-NDC, para el pronóstico del parque automotor de las categorías N2 y N3, individualizados por antigüedad, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; respecto de la aplicación de una metodología de proyección alternativa, que presente mayor correlación entre las unidades vehiculares retiradas y los niveles de reducción de GEI respectivos?	Contrastar los resultados obtenidos al calcular el pronóstico de la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero entre los años 2020 y 2030, empleando la metodología de GTM-NDC para la proyección del parque automotor anual, estratificados por antigüedad desde 1 año hasta mayores de 30 años, del programa de chatarreo y renovación vehicular en mención; con relación a los resultados obtenidos haciendo uso de la metodología alternativa que presente mayor grado de correlación entre los vehículos intervenidos y su respectiva reducción de emisiones de GEI.	La metodología alternativa de Suavizamiento Exponencial Doble para la proyección del parque automotor anual 2007-2018, por antigüedad, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, presenta resultados significativamente más favorables al calcular el pronóstico de la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero con proyección al 2030; que los resultados obtenidos empleando la metodología de GTM-NDC.	<p>Tipo cuantitativa discreta; representa al parque automotor anual individualizado por antigüedad, de los vehículos de transporte de carga general con un PBV mayor a 3.5 toneladas (categorías N2 y N3), que se encuentran registradas y cuentan con la autorización respectiva para circular en la red vial peruana, de acuerdo con la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre (Ley 27181) y el Reglamento Nacional de Vehículos (actualizado en el año 2019); que hayan estado circulando en el periodo registrado, sujetos a la reglamentación legal correspondiente y empadronados en los sistemas peruanos respectivos.</p>	
				V1

1.2.2. Problemas Específicos:	1.4.2. Objetivos Específicos:	2.5.2 Hipótesis Específicas:	Variable dependiente
<p>PE1.- ¿Existirá un nivel significativo de correlación entre las cantidades de vehículos intervenidos y las respectivas reducciones de GEI esperadas, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; haciendo uso de la metodología de panel de datos empleada por el GTM-NDC para la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3 con una antigüedad mayor a 18 años?</p>	<p>OE1.- Determinar el nivel de correlación entre las unidades vehiculares retiradas y la reducción de GEI asociada a esta intervención; para los resultados obtenidos por la metodología del GTM-NDC, en la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3, con perspectiva al 2030, individualizados por antigüedad; del programa de Chatarreo y Renovación Vehicular del MTC.</p>	<p>H.E.1. Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de panel de datos del GTM-NDC; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.</p>	<p>Tipo cuantitativa continua, dimensionada en unidades de “toneladas de CO2 equivalente”; representa la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero proyectada (diferencia de emisiones entre un escenario sin implementación de la medida de mitigación y otro escenario de emisiones con implementación de la medida de mitigación), debido a la aplicación del Programa de Renovación Vehicular y Chatarreo en el marco de las NDC peruanas.</p> <p>Reducción de emisiones de GEI del Parque automotor anual de las categorías N2 y N3; individualizado por antigüedad; desde 1 hasta mayores de 30 años; de los años 2007 a 2018 y proyectados del 2020 al 2030.</p>
<p>PE2.- ¿Existirá un nivel significativo de correlación entre las cantidades de vehículos intervenidos y las respectivas reducciones de GEI esperadas, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; haciendo uso de la razón geométrica promedio como método alternativo para la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3 con una antigüedad mayor a 18 años?</p>	<p>OE2.- Determinar el nivel de correlación entre las unidades vehiculares retiradas y la reducción de GEI asociada a esta intervención; para los resultados obtenidos empleando la metodología de razón geométrica promedio, en la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3, con perspectiva al 2030, individualizados por antigüedad; del programa de Chatarreo y Renovación Vehicular del MTC.</p>	<p>H.E.2. Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de razón geométrica promedio; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.</p>	<p>.</p>

---

<p>PE3.-¿Existirá un nivel significativo de correlación entre las cantidades de vehículos intervenidos y las respectivas reducciones de GEI esperadas, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; haciendo uso del suavizamiento exponencial doble como método alternativo para la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3 con una antigüedad mayor a 18 años?</p>	<p>OE3.- Determinar el nivel de correlación entre las unidades vehiculares retiradas y la reducción de GEI asociada a esta intervención; para los resultados obtenidos empleando la metodología de suavizamiento exponencial doble, en la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3, con perspectiva al 2030, individualizados por antigüedad; del programa de Chatarreo y Renovación Vehicular del MTC.</p>	<p>H.E.3. Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de suavizamiento exponencial doble; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.</p>
<p>PE4.-¿Existe un nivel significativo de correlación entre las cantidades de vehículos intervenidos y las respectivas reducciones de GEI esperadas, del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular, con perspectiva al 2030; haciendo uso de la tendencia polinómica de primer grado como método alternativo para la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3 con una antigüedad mayor a 18 años?</p>	<p>OE4.- Determinar el nivel de correlación entre las unidades vehiculares retiradas y la reducción de GEI asociada a esta intervención; para los resultados obtenidos empleando la metodología de tendencia polinómica de primer grado, en la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3, con perspectiva al 2030, individualizados por antigüedad; del programa de Chatarreo y Renovación Vehicular del MTC.</p>	<p>H.E.4. Existe un nivel significativo de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; en los valores calculados con la metodología de tendencia polinómica de primer grado; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.</p>

---

---

O5.- Determinar el orden de prelación de los niveles de correlación, de las unidades vehiculares intervenidas con la reducción de GEI asociada a estas; entre los valores obtenidos para cada una de las metodologías de proyección alternas, en la proyección del parque automotor de las categorías N2 y N3, con perspectiva al 2030, individualizados por antigüedad; del programa de Chatarreo y Renovación Vehicular del MTC.

H.E.5. Existe un mayor nivel de correlación de las cantidades de vehículos intervenidos de las categorías N2 - N3, y la reducción de emisiones de GEI esperadas, con perspectiva al 2030; entre los valores calculados con las metodologías alternativas entre si; para la proyección del parque automotor, estratificado por antigüedad; dentro del Programa de Chatarreo y Renovación Vehicular.

---

### ANEXO III: Datos históricos de la variable independiente

#### PARQUE VEHICULAR AUTORIZADO DEL TRANSPORTE DE CARGA GENERAL EN EL ÁMBITO NACIONAL, SEGÚN ANTIGÜEDAD: 2007-2017 (Unidades vehiculares)

ANTIGÜEDAD	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>TOTAL</b>	<b>96 297</b>	<b>124 872</b>	<b>143 332</b>	<b>145 525</b>	<b>153 411</b>	<b>186 872</b>	<b>210 841</b>	<b>234 316</b>	<b>241 697</b>	<b>277 422</b>	<b>287 938</b>
01 año	7 723	14 155	5 766	9 844	8 695	10 769	31 879	30 527	22 206	25 012	23 889
02 años	4 178	9 585	17 088	7 671	14 452	18 704	20 948	22 849	24 412	16 632	15 693
03 años	2 573	4 707	10 207	18 017	8 403	16 218	17 241	22 261	23 415	26 668	16 740
04 años	1 838	2 856	5 098	10 114	18 925	9 014	9 027	17 542	21 717	24 600	26 287
05 años	1 184	2 008	3 004	4 824	10 326	19 125	18 979	9 100	16 947	22 841	24 109
06 años	1 738	1 318	2 134	2 923	4 969	10 367	10 317	19 050	8 861	17 832	22 432
07 años	2 085	1 889	1 428	2 089	2 968	5 001	4 986	10 335	18 275	9 352	17 463
08 años	2 078	2 322	2 423	1 346	2 162	2 984	2 991	5 013	9 797	19 672	9 106
09 años	2 245	2 302	2 523	1 866	1 383	2 152	2 143	3 030	4 713	10 573	19 016
10 años	2 721	2 530	2 572	2 321	1 700	1 424	1 452	2 166	2 874	5 146	9 967
11 años	2 593	3 120	3 060	2 402	2 091	1 948	1 979	1 455	2 070	3 161	4 928
12 años	3 436	3 156	3 592	2 552	2 291	2 409	2 419	1 960	1 372	2 314	3 069
13 años	4 090	4 049	4 471	3 163	2 400	2 519	2 540	2 386	1 836	1 539	2 173
14 años	3 765	4 780	5 267	3 449	3 063	2 689	2 725	2 549	2 224	2 021	1 480
15 años	3 303	4 368	4 764	4 128	3 343	3 282	3 304	2 744	2 411	2 417	1 886
16 años	5 299	3 882	4 295	4 790	3 925	3 623	3 632	3 357	2 599	2 670	2 262
17 años	5 603	6 193	6 781	4 362	4 570	4 284	4 252	3 719	3 237	2 850	2 504
18 años	4 089	6 546	7 210	3 931	4 158	4 919	4 878	4 239	3 640	3 589	2 728
19 años	2 321	4 726	5 140	6 194	3 684	4 470	4 456	4 894	4 111	3 968	3 578
20 años	2 173	2 693	2 908	6 537	5 786	4 016	4 003	4 397	4 726	4 395	4 165
21 años	2 738	2 494	2 684	4 651	6 166	6 325	6 296	4 009	4 232	5 008	4 456
22 años	2 501	3 105	3 345	2 604	4 308	6 692	6 668	6 313	3 865	4 488	5 055
23 años	1 923	2 856	3 096	2 400	2 428	4 773	4 751	6 692	6 140	4 050	4 488
24 años	1 502	2 192	2 333	2 979	2 206	2 664	2 637	4 743	6 515	6 338	4 135
25 años	1 248	1 715	1 865	2 764	2 745	2 466	2 448	2 646	4 566	6 723	6 402
26 años	1 804	1 452	1 565	2 093	2 573	3 057	3 033	2 460	2 551	4 755	6 809
27 años	2 842	2 073	1 865	1 660	1 944	2 826	2 825	3 043	2 351	2 665	4 721
28 años	2 257	3 210	1 565	1 421	1 513	2 123	2 127	2 826	2 926	2 451	2 635
29 años	1 250	2 592	2 238	1 970	1 308	1 699	1 710	2 142	2 751	3 021	2 375
30 años	0 885	1 406	3 440	3 041	1 752	1 439	1 434	1 722	2 081	2 807	3 023
> 30 años	12 312	14 592	19 605	17 419	17 174	22 891	22 761	24 147	22 276	27 864	30 364

Nota: La información es del Padrón de Transportistas de Carga Nacional, conformado por Personas Jurídicas y Personas Naturales.

Fuente: MTC - Dirección General de Transporte Terrestre

Elaboración: MTC - OGPP - Oficina de Estadística

## ANEXO IV: Metodologías de cálculo de reducción de emisiones de GEI

El mecanismo inicial de evaluación a emplear, consiste en determinar los datos proyectados del parque automotor anual, individualizado por antigüedad, por cada metodología; para el periodo 2020 al 2030. Se obtendrá así, un conjunto de 31 valores por año (individualizados en un valor para cada nivel de antigüedad en cada uno de los 11 periodos del 2020 al 2030). Esto configura un conjunto de 341 datos.

De acuerdo con las definiciones del programa, al aplicar la medida deberían de reducirse en 5% anual, aquellos valores de parque automotor anual que correspondan a niveles de 18 años de antigüedad a más sobre los datos proyectados (los valores de parque automotor con antigüedad menor a la establecida quedan sin variación).

Seguidamente, se realizó el cálculo de emisiones de GEI para cada uno de los casos mencionados – con y sin medida de mitigación- haciendo uso de fórmulas y factores ad hoc, proporcionadas por el IPCC y los organismos rectores del sector; para finalmente determinar la diferencia de emisiones de ambos escenarios.

Este mismo procedimiento es aplicado para cada una de las metodologías

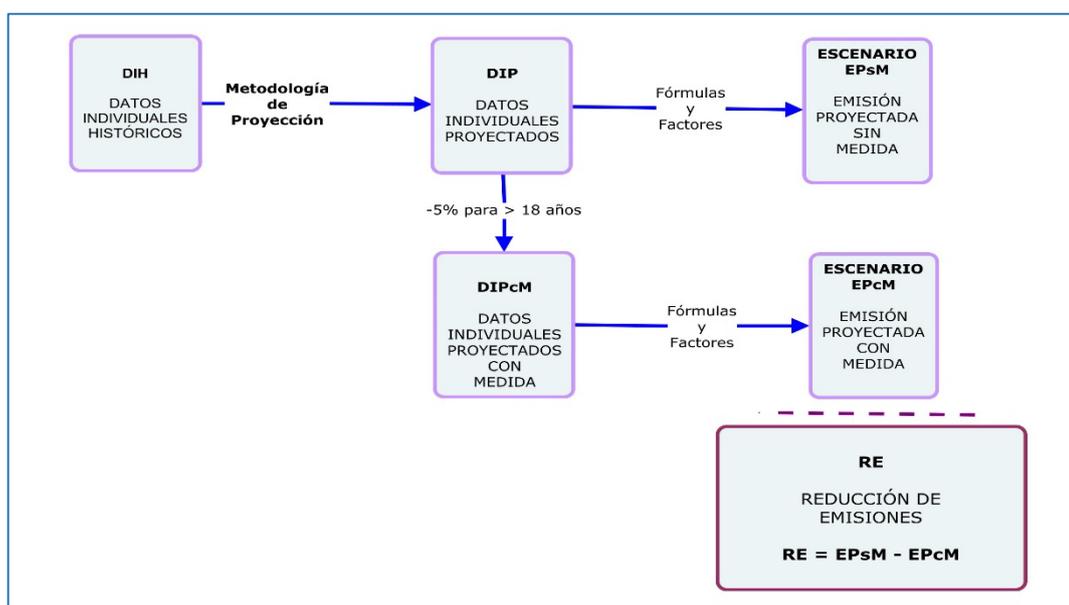


Figura 1. Esquema de cálculo de Reducción de Emisiones de GEI

Elaboración propia

alternativas elegidas; lo cual implica el manejo de cuatro líneas paralelas de datos; correspondientes a la metodología empleada originalmente por el GTM – NDC y por cada conjunto de cálculos alternativos obtenidos con cada metodología de proyección considerada.

Los cálculos de esta investigación se procesaron mediante MS-Excel empleando complementos de Análisis de Datos, Solver y NUM XL. El análisis inferencial se realizó

con el programa IBM-SPSS, empleando pruebas paramétricas y no paramétricas para muestras relacionadas; el nivel de confianza considerado fue de 95 % lo cual es bicondicional a un nivel de significancia de 5%.

Para la evaluación, se tomaron únicamente los datos individuales que se corresponden con los periodos de variación, por la aplicación del programa de chatarreo. Es decir, no se tomaron los datos del parque automotor anuales de antigüedad menor a 18 años, porque son iguales en los dos escenarios (sin medida y con la aplicación); lo cual significó una data de 154 valores predichos por cada metodología a ser contrastada.

## ANEXO V: Datos históricos clasificados por año de fabricación

### PARQUE VEHICULAR AUTORIZADO DEL TRANSPORTE DE CARGA GENERAL EN EL ÁMBITO NACIONAL, SEGÚN ANTIGÜEDAD: 2007-2018

(Unidades vehiculares)

Antigüedad	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
01 año	7 723	14 155	5 766	9 844	8 695	10 769	31 879	30 527	22 206	25 012	23 889	23 868	
02 años	4 178	9 585	17 088	7 671	14 452	18 704	20 948	22 849	24 412	16 632	15 693	16 422	
03 años	2 573	4 707	10 207	18 017	8 403	16 218	17 241	22 261	23 415	26 668	16 740	16 060	
04 años	1 838	2 856	5 098	10 114	18 925	9 014	9 027	17 542	21 717	24 600	26 287	16 895	
05 años	1 184	2 008	3 004	4 824	10 326	19 125	18 979	9 100	16 947	22 841	24 109	26 467	
06 años	1 738	1 318	2 134	2 923	4 969	10 367	10 317	19 050	8 861	17 832	22 432	24 421	
07 años	2 085	1 889	1 428	2 089	2 968	5 001	4 986	10 335	18 275	9 352	17 463	22 491	
08 años	2 078	2 322	2 423	1 346	2 162	2 984	2 991	5 013	9 797	19 672	9 106	17 580	
09 años	2 245	2 302	2 523	1 866	1 383	2 152	2 143	3 030	4 713	10 573	19 016	9 067	
10 años	2 721	2 530	2 572	2 321	1 700	1 424	1 452	2 166	2 874	5 146	9 967	19 093	
11 años	2 593	3 120	3 060	2 402	2 091	1 948	1 979	1 455	2 070	3 161	4 928	9 992	
12 años	3 436	3 156	3 592	2 552	2 291	2 409	2 419	1 960	1 372	2 314	3 069	4 956	
13 años	4 090	4 049	4 471	3 163	2 400	2 519	2 540	2 386	1 836	1 539	2 173	3 075	
14 años	3 765	4 780	5 267	3 449	3 063	2 689	2 725	2 549	2 224	2 021	1 480	2 186	
15 años	3 303	4 368	4 764	4 128	3 343	3 282	3 304	2 744	2 411	2 417	1 886	1 482	
16 años	5 299	3 882	4 295	4 790	3 925	3 623	3 632	3 357	2 599	2 670	2 262	1 907	
17 años	5 603	6 193	6 781	4 362	4 570	4 284	4 252	3 719	3 237	2 850	2 504	2 255	
18 años	4 089	6 546	7 210	3 931	4 158	4 919	4 878	4 239	3 640	3 589	2 728	2 504	
19 años	2 321	4 726	5 140	6 194	3 684	4 470	4 456	4 894	4 111	3 968	3 578	2 735	
20 años	2 173	2 693	2 908	6 537	5 786	4 016	4 003	4 397	4 726	4 395	4 165	3 601	
21 años	2 738	2 494	2 684	4 651	6 166	6 325	6 296	4 009	4 232	5 008	4 456	4 199	
22 años	2 501	3 105	3 345	2 604	4 308	6 692	6 668	6 313	3 865	4 488	5 055	4 497	
23 años	1 923	2 856	3 096	2 400	2 428	4 773	4 751	6 692	6 140	4 050	4 488	5 108	
24 años	1 502	2 192	2 333	2 979	2 206	2 664	2 637	4 743	6 515	6 338	4 135	4 540	
25 años	1 248	1 715	1 865	2 764	2 745	2 466	2 448	2 646	4 566	6 723	6 402	4 189	
26 años	1 804	1 452	1 565	2 093	2 573	3 057	3 033	2 460	2 551	4 755	6 809	6 505	
27 años	2 842	2 073	1 865	1 660	1 944	2 826	2 825	3 043	2 351	2 665	4 721	6 876	
28 años	2 257	3 210	1 565	1 421	1 513	2 123	2 127	2 826	2 926	2 451	2 635	4 781	
29 años	1 250	2 592	2 238	1 970	1 308	1 699	1 710	2 142	2 751	3 021	2 375	2 676	
30 años	0 885	1 406	3 440	3 041	1 752	1 439	1 434	1 722	2 081	2 807	3 023	2 409	
> 30 años	12 312	14 592	19 605	17 419	17 174	22 891	22 761	24 147	22 276	27 864	30 364	32 958	

Nota: La información es del Padrón de Transportistas de Carga Nacional, conformado por Personas Jurídicas y Personas Naturales.

Fuente: MTC - Dirección General de Transporte Terrestre

## ANEXO VI: Datos históricos reorganizados según año de fabricación

PARQUE VEHICULAR AUTORIZADO DEL TRANSPORTE DE CARGA GENERAL EN EL ÁMBITO NACIONAL, SEGÚN FECHA DE FABRICACIÓN: 2007-2018  
(Unidades vehiculares)

Año Fab.	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Fabricación 2017												23 868	
Fabricación 2016											23 889	16 422	
Fabricación 2015										25 012	15 693	16 060	
Fabricación 2014									22 206	16 632	16 740	16 895	
Fabricación 2013								30 527	24 412	26 668	26 287	26 467	
Fabricación 2012							31 879	22 849	23 415	24 600	24 109	24 421	
Fabricación 2011						10 769	20 948	22 261	21 717	22 841	22 432	22 491	
Fabricación 2010					8 695	18 704	17 241	17 542	16 947	17 832	17 463	17 580	
Fabricación 2009				9 844	14 452	16 218	9 027	9 100	8 861	9 352	9 106	9 067	
Fabricación 2008			5 766	7 671	8 403	9 014	18 979	19 050	18 275	19 672	19 016	19 093	
Fabricación 2007		14 155	17 088	18 017	18 925	19 125	10 317	10 335	9 797	10 573	9 967	9 992	
Fabricación 2006	7 723	9 585	10 207	10 114	10 326	10 367	4 986	5 013	4 713	5 146	4 928	4 956	
Fabricación 2005	4 178	4 707	5 098	4 824	4 969	5 001	2 991	3 030	2 874	3 161	3 069	3 075	
Fabricación 2004	2 573	2 856	3 004	2 923	2 968	2 984	2 143	2 166	2 070	2 314	2 173	2 186	
Fabricación 2003	1 838	2 008	2 134	2 089	2 162	2 152	1 452	1 455	1 372	1 539	1 480	1 482	
Fabricación 2002	1 184	1 318	1 428	1 346	1 383	1 424	1 979	1 960	1 836	2 021	1 886	1 907	
Fabricación 2001	1 738	1 889	2 423	1 866	1 700	1 948	2 419	2 386	2 224	2 417	2 262	2 255	
Fabricación 2000	2 085	2 322	2 523	2 321	2 091	2 409	2 540	2 549	2 411	2 670	2 504	2 504	
Fabricación 1999	2 078	2 302	2 572	2 402	2 291	2 519	2 725	2 744	2 599	2 850	2 728	2 735	
Fabricación 1998	2 245	2 530	3 060	2 552	2 400	2 689	3 304	3 357	3 237	3 589	3 578	3 601	
Fabricación 1997	2 721	3 120	3 592	3 163	3 063	3 282	3 632	3 719	3 640	3 968	4 165	4 199	
Fabricación 1996	2 593	3 156	4 471	3 449	3 343	3 623	4 252	4 239	4 111	4 395	4 456	4 497	
Fabricación 1995	3 436	4 049	5 267	4 128	3 925	4 284	4 878	4 894	4 726	5 008	5 055	5 108	
Fabricación 1994	4 090	4 780	4 764	4 790	4 570	4 919	4 456	4 397	4 232	4 488	4 488	4 540	
Fabricación 1993	3 765	4 368	4 295	4 362	4 158	4 470	4 003	4 009	3 865	4 050	4 135	4 189	
Fabricación 1992	3 303	3 882	6 781	3 931	3 684	4 016	6 296	6 313	6 140	6 338	6 402	6 505	
Fabricación 1991	5 299	6 193	7 210	6 194	5 786	6 325	6 668	6 692	6 515	6 723	6 809	6 876	
Fabricación 1990	5 603	6 546	5 140	6 537	6 166	6 692	4 751	4 743	4 566	4 755	4 721	4 781	
Fabricación 1989	4 089	4 726	2 908	4 651	4 308	4 773	2 637	2 646	2 551	2 665	2 635	2 676	
Fabricación 1988	2 321	2 693	2 684	2 604	2 428	2 664	2 448	2 460	2 351	2 451	2 375	2 409	
Fabricación 1987	2 173	2 494	3 345	2 400	2 206	2 466	3 033	3 043	2 926	3 021	3 023	32 958	
Fabricación 1986	2 738	3 105	3 096	2 979	2 745	3 057	2 825	2 826	2 751	2 807	30 364		
Fabricación 1985	2 501	2 856	2 333	2 764	2 573	2 826	2 127	2 142	2 081	27 864			
Fabricación 1984	1 923	2 192	1 865	2 093	1 944	2 123	1 710	1 722	22 276				
Fabricación 1983	1 502	1 715	1 565	1 660	1 513	1 699	1 434	24 147					
Fabricación 1982	1 248	1 452	1 865	1 421	1 308	1 439	22 761						
Fabricación 1981	1 804	2 073	1 565	1 970	1 752	22 891							
Fabricación 1980	2 842	3 210	2 238	3 041	17 174								
Fabricación 1979	2 257	2 592	3 440	17 419									
Fabricación 1978	1 250	1 406	19 605										
Fabricación 1977	0 885	14 592											
Fabricación 1976	12 312												

Elaboración propia

## ANEXO VII: Factores y equivalencias

### Factores de emisión

Combustible	Kg CO2/TJ	Kg CH4/TJ	Kg N2O / TJ
Diesel B5 (S-50)	74,100	3.9	3.9

Fuente: RAGEI Combustión móvil 2014

### Factores de corrección

Diesel (% biocombustible)	5%
---------------------------	----

Fuente: Petroperú

### Factores de conversión

Combustible	VCN	Unidad
Diesel B5 (S-50)	1.34E-04	TJ/gal

Fuente: RAGEI 2014-Energía Combustión Móvil

1 t CO2e	1000	kg CO2e
1kg CO2e	1000	g CO2e
Gases de Efecto Invernadero	PCG	
CO2	1	
CH4	21	
N2O	310	
Emisiones transporte de Carga	= Consumo de combustible x (1-FC 5%) x FC VCN x (FE CO2x1 + FE CH4x21 + FE N2Ox310) / 1000	
Total emisiones BAU (t CO2e)		
Consumo de combustible	= KRv(km) / RENDIMIENTO (km/gal) = gal	

**ANEXO VIII: Kilómetros de recorrido vehicular y rendimiento por antigüedad**

KRV Y RENDIMIENTO SEGÚN ANTIGÜEDAD		
ANTIGÜEDAD	KRV (km)	RENDIMIENTO (km/gal)
01 año	20000	7.00
02 años	20000	7.00
03 años	20000	7.00
04 años	20000	7.00
05 años	20000	7.00
06 años	20000	7.00
07 años	20000	7.00
08 años	20000	7.00
09 años	20000	7.00
10 años	20000	7.00
11 años	19 600	6.86
12 años	19 208	6.72
13 años	18 824	6.59
14 años	18 447	6.46
15 años	18 078	6.33
16 años	17 174	6.01
17 años	16 144	5.65
18 años	15 014	5.25
19 años	13 813	4.83
20 años	12 570	4.83
21 años	11 313	4.83
22 años	10 181	4.83
23 años	9 163	4.83
24 años	8 247	4.83
25 años	7 422	4.83
26 años	6 680	4.83
27 años	6 012	4.83
28 años	5 411	4.83
29 años	4 870	4.83
30 años	4 383	4.83
> 30 años	3 944	4.83