



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ESTUDIO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN FLOTAS DE  
VEHÍCULOS PESADOS Y DISEÑO DE UN PLAN DE REDUCCIÓN  
DE EMISIONES”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:**

**ROBERT STEVEN FIALLOS GODOY**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ESTUDIO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN FLOTAS DE  
VEHÍCULOS PESADOS Y DISEÑO DE UN PLAN DE REDUCCIÓN  
DE EMISIONES”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR: ROBERT STEVEN FIALLOS GODOY**

**DIRECTOR: PAÚL ALEJANDRO MONTÚFAR PAZ**

Riobamba – Ecuador

2023

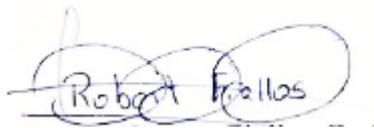
© 2023, Robert Steven Fiallos Godoy

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Robert Steven Fiallos Godoy, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de diciembre de 2023

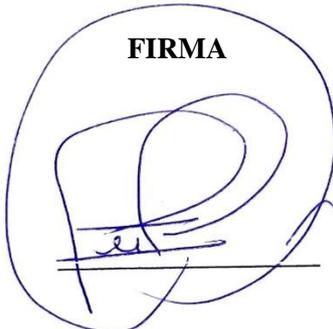
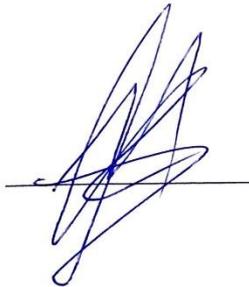
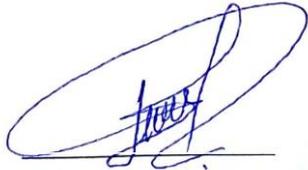
A handwritten signature in blue ink that reads "Robert Fiallos". The signature is stylized with large loops and is written over a horizontal line.

**Robert Steven Fiallos Godoy**

**060496459-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, : **ESTUDIO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN FLOTAS DE VEHÍCULOS PESADOS Y DISEÑO DE UN PLAN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES**, realizado por el señor: **ROBERT STEVEN FIALLOS GODOY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Homero Almendariz Puente <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-12-19
Ing. Paúl Alejandro Montúfar Paz <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-19
Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Palladares <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-19

## **DEDICATORIA**

Este logro tan importante en mi vida va dedicado a mis apreciados padres Manuel y Fanny, este logro no habría sido posible sin su amor inquebrantable y el apoyo constante que me han brindado a lo largo de mi trayecto académico. Sus sacrificios y palabras alentadoras han sido mi motor para alcanzar este objetivo.

A mis demás familiares y amigos, quienes han compartido conmigo tanto los momentos difíciles como las alegrías, les dedico este trabajo. Cada uno de ustedes ha dejado una marca indeleble en mi viaje, inspirándome a esforzarme cada día.

Este trabajo es el resultado de la red de apoyo que he tenido a mi alrededor, y quiero expresar mi profundo agradecimiento a todos los que han sido parte de este viaje.

Robert

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a dos personas extraordinarias en mi vida: a mi amada mamá, Fanny, y a mi querido papá, Manuel. Su inquebrantable apoyo, amor y aliento han sido los cimientos sobre los cuales he construido este camino académico. Gracias por ser mi fuente constante de inspiración y por creer en mí cuando más lo necesitaba.

A mi extensa familia y amigos, que han sido testigos de mis esfuerzos y éxitos, les agradezco de corazón. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera única a mi crecimiento y desarrollo. Compartir este logro con ustedes es un honor y un recordatorio de la importancia de las conexiones que hemos construido a lo largo de los años.

Deseo expresar mi gratitud a mi alma mater, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Agradezco a esta institución por brindarme las herramientas y el conocimiento necesarios para alcanzar mis metas académicas. Los profesores, compañeros y el entorno educativo enriquecedor han sido elementos clave en mi formación.

Este logro no solo es personal, sino también un tributo a todos aquellos que han sido parte de mi viaje. Gracias a cada persona que ha dejado una huella en mi vida y que ha contribuido a mi éxito.

Robert

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1	Planteamiento del Problema .....	3
1.2	Limitaciones y delimitaciones .....	3
1.3	Problema General de la Investigación.....	4
1.4	Problemas específicos de investigación .....	4
1.5	Objetivos .....	4
1.5.1	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.5.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.6	Justificación.....	4
1.6.1	<i>Justificación teórica</i> .....	4
1.6.2	<i>Justificación metodológica</i> .....	5
1.6.3	<i>Justificación práctica</i> .....	5
1.7	Hipótesis .....	5
1.7.1	<i>Variable dependiente</i> .....	5
1.7.2	<i>Variable independiente</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	Antecedentes de Investigación .....	6
2.2	Referencias Teóricas .....	7
2.2.1	<i>Arca Continental</i> .....	7
2.2.2	<i>Vehículos pesados</i> .....	8
2.2.2.1	<i>Camiones</i> .....	8
2.2.3	<i>Petróleo</i> .....	9
2.2.3.1	<i>Combustibles</i> .....	9

2.2.3.2	<i>Combustibles (Gasolina) en el Ecuador</i> .....	9
2.2.3.3	<i>Octano 12</i>	
2.2.3.4	<i>Principales propiedades de la gasolina</i> .....	12
2.2.3.5	<i>Consumo de combustible</i> .....	13
2.2.3.6	<i>Factores para el consumo de combustible</i> .....	13
2.2.3.7	<i>Factores de conducción para el consumo de combustible</i> .....	14
2.2.4	<b><i>Emisión de contaminantes</i></b> .....	14
2.2.4.1	<i>Gases Tóxicos</i> .....	15
2.2.4.2	<i>Gases no tóxicos</i> .....	15
2.2.5	<b><i>Normativas de anticontaminación de gases</i></b> .....	16
2.2.6	<b><i>Normativa de anticontaminante de gases en Ecuador</i></b> .....	16
2.2.7	<b><i>Huella de carbono</i></b> .....	18

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	20
3.1	<b>Enfoque de investigación</b> .....	20
3.2	<b>Nivel de Investigación</b> .....	20
3.3	<b>Diseño de investigación</b> .....	20
3.3.1	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i> .....	20
3.3.2	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i> .....	21
3.4	<b>Tipo de estudio</b> .....	21
3.5	<b>Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	21
3.6	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	22
3.6.1	<i>Técnicas e instrumentos de investigación</i> .....	22

### CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	24
4.1	<b>Caracterización de los vehículos</b> .....	25
4.2	<b>Toma de datos</b> .....	25
4.3	<b>Cálculo de las distancias recorridas</b> .....	25
4.4	<b>Cálculo del consumo del combustible</b> .....	27
4.5	<b>Cálculo del uso de energía</b> .....	34
4.6	<b>Cálculo de las Emisiones</b> .....	35
4.6.1	<i>Emisiones CO</i> .....	37
4.6.2	<i>Emisiones CO2</i> .....	37

4.6.3	<i>Emisiones CH</i> .....	38
4.6.4	<i>Emisiones CH4</i> .....	39
4.6.5	<i>Emisiones NOx</i> .....	39
4.6.6	<i>Emisiones PM</i> .....	40
4.6.7	<i>Emisiones Sox</i> .....	40
4.6.8	<i>Emisiones Totales</i> .....	41

## CAPÍTULO V

5.	<b>MARCO PROPOSITIVO</b> .....	43
5.1	<b>Propuesta de un plan de reducción de emisiones</b> .....	43
5.2	<b>Estrategias y programas para disminuir el consumo de combustible y de emisiones.</b> .....	43
5.3	<b>Análisis de los parámetros que serán utilizados en la propuesta</b> .....	44
5.4	<b>Definición de los parámetros y desarrollo del plan de reducción de emisiones...</b>	49
5.4.1	<i>Monitoreo del rendimiento del combustible</i> .....	49
5.4.2	<i>Conducción eficiente</i> .....	51
5.4.3	<i>Mantenimiento de la flota vehicular</i> .....	52
5.5	<b>Estimación de resultados establecidos en el plan</b> .....	57

## CAPÍTULO V

6.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	59
6.1	<b>Conclusiones</b> .....	59
6.2	<b>Recomendaciones</b> .....	60

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Valores máximos permitidos de emisiones para vehículos a gasolina, diésel y motocicletas en el Ecuador.....	17
<b>Tabla 2-2:</b> Porcentaje de Opacidad. ....	17
<b>Tabla 2-3:</b> Valores límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina a partir del año de vehículos de modelos desde el 2000. ....	18
<b>Tabla 4-1:</b> Caracterización los vehículos pesados de la empresa ARCA CONTINENTAL. ....	25
<b>Tabla 4-2:</b> Distancia promedio recorrida de la muestra por días en una semana. ....	26
<b>Tabla 4-3:</b> Cálculo de la Utilización de Capacidad de Carga (LCU) al 75% para diferentes tipos de camino de los camiones de la muestra en estudio. ....	27
<b>Tabla 4-4:</b> Consumo de combustible de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	28
<b>Tabla 4-5:</b> Uso de energía de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	34
<b>Tabla 4-6:</b> Emisiones de los camiones en estudio durante nueve semanas, a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	36
<b>Tabla 4-7:</b> Emisiones de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	36
<b>Tabla 5-1:</b> Ahorro de combustible a través de la conducción eficiente. ....	46
<b>Tabla 5-2:</b> Ficha de monitoreo diario flota kilometraje. ....	50
<b>Tabla 5-3:</b> Ficha de registro del consumo de combustible.....	51
<b>Tabla 5-4:</b> Técnicas de la conducción eficiente. ....	52
<b>Tabla 5-5:</b> Ficha de revisión diaria vehicular.....	53
<b>Tabla 5-6:</b> Ficha de revisión semanal vehicular.....	54
<b>Tabla 5-7:</b> Plan de mantenimiento preventivo. ....	55
<b>Tabla 5-8:</b> Ficha de registro de mantenimiento.....	56
<b>Tabla 5-9:</b> Disminución del consumo de combustible y emisiones de CO <sub>2</sub> .....	57
<b>Tabla 5-10:</b> Incremento del consumo de combustible y emisiones de CO <sub>2</sub> . ....	58

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Arca Continental Ecuador.....	7
<b>Ilustración 2-2:</b> Camión NQR 915 EIII Chevrolet. ....	9
<b>Ilustración 4-1:</b> Flujograma de la metodología experimental y análisis de resultados.....	24
<b>Ilustración 4-2:</b> Distancia promedio recorrida de la muestra por días en una semana. ....	26
<b>Ilustración 4-3:</b> Consumo de combustible de la semana 01, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	29
<b>Ilustración 4-4:</b> Consumo de combustible de la semana 02, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	29
<b>Ilustración 4-5:</b> Consumo de combustible de la semana 03, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	30
<b>Ilustración 4-6:</b> Consumo de combustible de la semana 04, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	30
<b>Ilustración 4-7:</b> Consumo de combustible de la semana 05, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	31
<b>Ilustración 4-8:</b> Consumo de combustible de la semana 06, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	31
<b>Ilustración 4-9:</b> Consumo de combustible de la semana 07, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	32
<b>Ilustración 4-10:</b> Consumo de combustible de la semana 08, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	32
<b>Ilustración 4-11:</b> Consumo de combustible de la semana 09, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos. ....	33
<b>Ilustración 4-12:</b> Consumo de combustible de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75%. ....	33
<b>Ilustración 4-13:</b> Uso de energía de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	35
<b>Ilustración 4-14:</b> Emisión de CO de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	37
<b>Ilustración 4-15:</b> Emisión de CO de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	38
<b>Ilustración 4-16:</b> Emisión de CH de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	38
<b>Ilustración 4-17:</b> Emisión de CH <sub>4</sub> de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	39

<b>Ilustración 4-18:</b> Emisión de NOx de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	39
<b>Ilustración 4-19:</b> Emisión de PM de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	40
<b>Ilustración 4-20:</b> Emisión de PM de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	40
<b>Ilustración 4-21:</b> Emisiones totales de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	41
<b>Ilustración 4-22:</b> Emisiones totales de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.....	41
<b>Ilustración 5-1:</b> Ahorro de combustible según las tecnologías y estrategias operativas para flotas de camiones.....	44
<b>Ilustración 5-2:</b> La conducción eficiente y la reducción del consumo de combustible.....	45

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CONSUMO COMBUSTIBLE VELOCIDAD MÁXIMA 50KM/H CAMINO  
TERCER ORDEN

**ANEXO B:** CONSUMO COMBUSTIBLE VELOCIDAD MÁXIMA 50-80KM/H CAMINO  
2DO ORDEN

**ANEXO C:** CONSUMO COMBUSTIBLE VELOCIDAD MAXIMA 70-90 KM/H CAMINO  
PRIMER ORDEN

**ANEXO D:** CATACTERÍSTICAS DIESEL MK1

**ANEXO E:** LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN

## RESUMEN

La presente investigación planteó como objetivo elaborar un plan de reducción de emisiones contaminantes mediante el estudio de consumo de combustible de una flota de vehículos pesados para generar una mejor sostenibilidad ambiental. La metodología aplicada fue una investigación de campo, con un diseño no experimental, el nivel de investigación es tipo descriptivo. La población objeto de estudio son los vehículos pesados de la empresa ARCA CONTINENTAL de la ciudad de Riobamba, con una muestra de 14 vehículos. Para la recolección de datos se utilizó la observación científica mediante la cual, se pudo recabar datos sobre la medición del consumo de combustible y emisiones vehiculares. Los resultados demuestran un consumo de combustible Diésel promedio semanal de 202,97 litros. En cuanto a las emisiones contaminantes en ruta, los vehículos de carga en las nueve semanas de estudio, emiten al medio ambiente: CO = 0,15 Ton; CO<sub>2</sub> = 0,532 Ton; CH<sub>4</sub> = 1,5 \* 10<sup>-5</sup> Ton; CH<sub>4</sub> = 3 \* 10<sup>-7</sup> Ton; NO<sub>x</sub> = 0,004 Ton; PM = 2,44 \* 10<sup>-5</sup> Ton y SO<sub>x</sub> = 2,44 \* 10<sup>-6</sup> Ton. Variables cuantificadas en función de la utilización de la capacidad de carga al 75% y los límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres. En el caso del dióxido de carbono supera el límite establecido norma establecida por EURO IV, por lo tanto, se realizó un plan de reducción de emisiones, mediante la reducción del consumo de combustible y por ende reducción de costos donde es posible lograr un ahorro que oscila entre 8.82 \$ por unidad por semana, tras capacitar al conductor, y un máximo de 35.66 \$ por unidad por semana al mejorar la forma en que se aplica el acelerador durante la conducción.

**Palabras clave:** < CONSUMO DE COMBUSTIBLE >, < VEHÍCULOS PESADOS >, < EMISIONES VEHICULARES >, < REDUCCIÓN DE EMISIONES >



05-01-2024

0045-DBRA-UPT-2024

## SUMMARY

This research aimed to develop a plan to reduce polluting emissions by studying the fuel consumption of a fleet of heavy vehicles to generate better environmental sustainability. The methodology applied was a field investigation with a non-experimental design; the level of research is descriptive. The population under study is the heavy vehicles of the ARCA CONTINENTAL company in the city of Riobamba, with a sample of 14 cars. Scientific observation will be used to collect data, which could be data collected on the measurement of fuel consumption and vehicle emissions. The results show a weekly average diesel fuel consumption of 202.97 liters. Regarding polluting emissions on the road, freight vehicles in the nine weeks of study emit into the environment: CO = 0.15 Ton; CO<sub>2</sub> = 0.532 Ton; CH<sub>4</sub> =  $1.5 \cdot 10^{-5}$  Ton; CH<sub>4</sub> =  $3 \cdot 10^{-7}$  Ton; NO<sub>x</sub> = 0.004 Ton; PM =  $2.44 \cdot 10^{-5}$  Ton and SO<sub>x</sub> =  $2.44 \cdot 10^{-6}$  Ton. Variables quantified based on the utilization of the 75% load capacity and the maximum permissible emission limits for land mobile sources. In the case of carbon dioxide, it exceeds the established limit established by EURO IV. Therefore, an emissions reduction plan has been carried out by reducing fuel consumption and thus reducing costs where it is possible to achieve savings that range from \$8.82 per unit per week after driver training to a maximum of \$35.66 per unit per week by improving the way the accelerator is applied while driving.

**Keywords:** <FUEL CONSUMPTION>, <HEAVY VEHICLES>, <VEHICULAR EMISSIONS>, <EMISSIONS REDUCTION>



Licda. Mónica A. Castelo R. Mgs.

C.I: 060453982-5

## **INTRODUCCIÓN**

No hay duda de que el transporte de mercancías y personas es un factor clave en el desarrollo socioeconómico global, pero también tiene algunas consecuencias ambientales graves, como la emisión de gases de efecto invernadero y esto a su vez desencadena el cambio climático, que actualmente es el problema ambiental más importante.

La transportación de carga pesada es una acción de suma importancia para el desarrollo de la sociedad desde su carácter industrial hasta doméstico, convirtiéndose en un área fundamental en la economía mundial, al realizar la movilidad de los recursos entre países para su intercambio, así como el desarrollo industrial.

Los datos estadísticos ofrecidos por la americana WardsAuto muestran que, de los 1,42 mil millones de vehículos, 1,06 mil millones son autos de pasajeros y 363 millones son vehículos comerciales.

Los camiones pesados se pueden definir como vehículos comerciales. Actualmente, el mercado de camiones pesados se valoró en USD 204.56 mil millones y se espera que alcance USD 313.95 mil millones en los próximos cinco años, registrando un CAGR de alrededor del 7.4% durante el período de pronóstico. Mientras que el mercado de automóviles ligeros se valoró en unos 70.000 millones de dólares en 2021, y se espera que alcance un valor de unos 93.000 millones de dólares en 2027, registrando una tasa compuesta anual de más del 4,5% durante el período previsto de 2022-2027. De hecho, según datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente, un vehículo de gasolina de tamaño mediano emite de media unos 143 gramos de CO<sub>2</sub> por kilómetro, a diferencia de un camión, emite alrededor de 2,5 Kg CO<sub>2</sub>/Litro de combustible quemado.

Bajo este contexto se nota el crecimiento de la población de los vehículos de carga con respecto a los vehículos livianos para el periodo 2022-2027, también es sumamente considerable la diferencia con respecto a la emisión de CO<sub>2</sub> entre un automóvil y un vehículo de pesado, en tal virtud se debe tomar muy en cuenta reducir la huella de carbono, reduciendo el consumo de combustible fósil mediante la implementación de nuevas tecnologías o como es el caso de este proyecto de investigación relajando gestión y de hábitos culturales en una empresa.

A lo largo del ciclo de vida de un vehículo, la fabricación ha hecho grandes avances en los últimos años para producir vehículos que sean más eficientes, consuman menos, tengan más potencia y emitan emisiones significativamente más bajas. Esta mejora ahora debe complementarse con

esfuerzos durante todo el ciclo de vida del vehículo, esto implica, usarlos de forma respetuosa y amigable con el medio ambiente y reflexivos del impacto ambiental que se puede provocar.

Las empresas dedicadas al transporte enfrentan desafíos continuos en su búsqueda de rentabilidad y eficiencia. Las complejas estructuras de costos y la necesidad de optimizar constantemente los recursos para una mayor rentabilidad hacen de esta tarea un desafío constante. En ese sentido, la presente investigación, la cual se llevó a cabo en la empresa Arca Continental, detalla un plan de reducción de emisiones contaminantes partiendo del análisis del consumo de combustible de una flota de vehículos pesados con la finalidad de generar una mejor sostenibilidad ambiental en la empresa. El plan de reducción de emisiones contaminantes podrá ser aplicado no solo en la empresa objeto de estudio, sino que también, se convierte en un instrumento práctico para diversas empresas de transporte de mercadería puesto que permite una gestión eficiente del combustible.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del Problema

La circulación vehicular en el país es algo vital de día a día para las personas, dentro de ello la población busca siempre la economía, sin embargo, grandes empresas e industrias buscan aportar de manera significativa con el medio ambiente fomentando planes de reducción de emisión de gases y contaminantes que puedan seguir destruyendo la capa de ozono.

El consumo de combustible representa un gasto elevado en flotas vehiculares de transporte pesado, lo que genera un malestar económico y pérdidas para la empresa ARCA CONTINETAL, lo que a su vez genera un aumento de las emisiones contaminantes.

La empresa busca ser sustentable y sostenible con el medio ambiente, planteando un estudio de consumo de combustible de la flota de camiones repartidores, buscando la reducción de hidrocarburos y como consecuencia generar un menor impacto ambiental a través de una correcta recolección de datos mediante registradores de datos. La presión incorrecta en los neumáticos hace que el motor aumente sus RPM (revoluciones por minuto) generando un alto consumo de gasolina y como resultado una pérdida de kilómetros por galón.

Un vehículo alcanza su máxima economía de combustible cuando el motor alcanza su temperatura óptima. Algunos motores se calientan más rápido debido a sobrecargas, arranques demasiado frecuentes, líquido refrigerante insuficiente, ventilador averiado, fugas del radiador, falta de aceite entre otros, y otros más lentamente. Manejar a altas velocidades afecta de manera negativa la eficiencia de la gasolina.

#### 1.2 Limitaciones y delimitaciones

Esta investigación pretende realizar el estudio del consumo de combustible de una flota de vehículos pesados, lo que conlleva a generar una estrategia para lograr que el consumo de este sea reducido y que con ello las emisiones se disminuyan. Siendo importante el estudio de cuánto gastan y cuánto consumen en combustible, así como las rutas más significativas y horarios que representen el mayor índice de consumo, obteniendo datos por medio de un análisis a bordo mediante escáner y filtrando correctamente los datos, así como el análisis de las emisiones contaminantes.

### **1.3 Problema General de la Investigación**

¿La elaboración de un plan de reducción de emisiones contaminantes mediante el estudio de consumo de combustible de una flota de vehículos pesados puede generar una mejor sostenibilidad ambiental?

### **1.4 Problemas específicos de investigación**

¿De qué manera se podrían recolectar los datos reales sobre el consumo de combustible?

¿Cómo se podría calcular la emisión de contaminantes en ruta?

¿Cómo se podría calcular el consumo de combustible en ruta?

¿Cómo se plasmará los resultados de emisión de contaminantes y las recomendaciones para evitar el exceso de contaminantes en el ambiente?

### **1.5 Objetivos**

#### ***1.5.1 Objetivo general***

Elaborar un plan de reducción de emisiones contaminantes mediante el estudio de consumo de combustible de una flota de vehículos pesados para generar una mejor sostenibilidad ambiental.

#### ***1.5.2 Objetivos específicos***

- Analizar, filtrar y tabular datos entregados por la empresa.
- Realizar el análisis del consumo de combustible en ruta.
- Establecer una línea base del estado actual de consumo y emisiones de los vehículos de la empresa.
- Elaborar el plan de reducción de emisiones.

### **1.6 Justificación**

#### ***1.6.1 Justificación teórica***

Esta investigación se basa en analizar los datos obtenidos sobre la emisión de contaminantes y el consumo de combustible o con el fin de buscar un punto en el que se mejore la eficiencia en el consumo de combustible y el comportamiento de las emisiones contaminantes, a su vez incentivar a la investigación en este campo y generar un plan de reducción de la emisión de contaminantes.

### ***1.6.2 Justificación metodológica***

La presente investigación busca utilizar los datos emitidos por el estudio de rutas a través de un escáner y emisiones de gases mediante métodos analíticos- sintéticos para analizar a través de datos el comportamiento de cuánto combustible se consume y cuántas emisiones se generan.

### ***1.6.3 Justificación práctica***

El beneficiario directo del presente trabajo es la Empresa ARCA CONTINETAL debido a que el plan de reducción de emisiones contaminantes permitirá una gestión eficiente del combustible lo que generará menores costes y además se posicionará como empresa con una producción sostenible y amigable con el medio ambiente. En cuanto a los beneficiarios indirectos, será la población riobambeña ya que al disminuir el consumo de combustible y por ende las emisiones vehiculares mejorarán la calidad de vida de la población.

El plan desarrollado podrá ser aplicado no solo en la empresa objeto de estudio, sino que también, será útil en diversas empresas de transporte de mercadería mediante el adecuado desarrollo de su actividad económica.

## **1.7 Hipótesis**

La elaboración de un plan de reducción de emisiones contaminantes, mediante el estudio del consumo de combustible genera una mejor sostenibilidad ambiental.

### ***1.7.1 Variable dependiente***

Sostenibilidad ambiental

### ***1.7.2 Variable independiente***

Consumo de combustible

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de Investigación

La gasolina para utilizar va a estar de acuerdo con las posibilidades del consumidor y del tipo de vehículo que se conduzca, pero hay que tener presente varios factores como el rendimiento depende del tipo de gasolina, la economía y las emisiones. En Ecuador se comercializan dos tipos de gasolinas la denominada Súper que tiene un costo de \$ 3.99 por galón y Ecopaís con un costo de \$ 2.40 por galón es la que utilizaremos para las pruebas de ruta.

(Cárdenas, 2021) En su trabajo de titulación tipo trabajo experimental: “Análisis de emisiones contaminantes y consumo de combustible a diferentes proporciones y marcas de aceites lubricantes para motores de dos tiempos empleando gasolina extra y super” menciona que: Ha establecido una fórmula matemática en base a la proporción de mezcla combustible-aceite de acuerdo a la cantidad de combustible que se desee preparar, y que se encuentre fácilmente la cantidad de aceite correcta que se debe agregar a la mezcla para una buena combustión. Esta fórmula permite reducir significativamente la reducción del consumo de combustible.

(Quizhpilema, 2021) En su tesis: “Análisis comparativo del consumo de combustible (gasolina) en distintas marcas de vehículos con similar cilindraje” hace referencia a que: El rendimiento del motor está relacionado directamente con el consumo de combustible y va depender de la velocidad con la que se circule, de las características de cada uno de los autos, el Hyundai Veloster es el que mejor equipado, es el que ofrece mayor potencia, torque, velocidad y suspensión en comparación a los otros vehículos, algunas de las características que hacen que el Hyundai Veloster tenga menor rendimiento, con un promedio de 11.85 km/L un 35.62 % menor al del Aveo Activo y 26.03 % menos que el Toyota Corolla. Por lo tanto, se debe tener varias consideraciones para analizar el consumo de combustible.

(Barriga G., y otros, 2018) En su tesis "Determinación del consumo de combustible en vehículos con ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis. Casos de estudio: vehículos Toyota RAV-4 1.8L 2003 y Chevrolet Optra 1.8L 2006" menciona que: La variación de consumo de combustible obtenido en el flujómetro en el vehículo Chevrolet Optra 1.8L 2006 es del 33% en el ciclo de conducción urbano mientras que en el ciclo de conducción en carretera es de 23%, en el vehículo Toyota RAV-4 1.8L 2003 es de 55% en el ciclo de conducción urbano y de 54% en el ciclo de conducción en carretera, con respecto a la ficha técnica del fabricante.

En el Ecuador existen estudios en cuanto a contaminación de gases y métodos para reducir las emisiones, sin embargo, se encuentran enfocados a motocicletas de 4 tiempos. En la ciudad de Cuenca se realizó un estudio para realizar emisiones de estos motores al ambiente en el cual se menciona lo siguiente: Las motocicletas generan contaminación desde: el Carter, el sistema de escape, el carburador, depósito de gasolina. Los contaminantes más frecuentes en estos tipos de transporte son: Monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), óxido de azufre (SO<sub>x</sub>), y gasolina quemada (HC) (Toledo M., 2016).

Existe una investigación sobre la evaluación de la Calidad del Aire referente a emisiones de gases de combustión: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) generados por los vehículos que transitan en el Sector de Durán, recomiendan utilizar vehículos eléctricos o híbridos de ser el caso, o que aumenten el octanaje en los combustibles que se comercializan en el país para reducir considerablemente la emisión y contaminación ambiental que existe en cada uno de los rincones del Ecuador.

## **2.2 Referencias Teóricas**

### **2.2.1 Arca Continental**

Arca Continental es conocida por ser una empresa multinacional mexicana que se encarga de la producción, distribución y comercialización de bebidas bajo la marca The Coca-Cola Company, así como también snacks con la marca Bokados en México, Inalecsa en Ecuador y Wise y Deep River en Estados Unidos. Lidera el segmento de lácteos en el Ecuador con la marca ToniCorp. Es considerado el segundo embotellador de Coca-Cola más grande de toda América Latina. Su franquicia Coca-Cola, actualmente se encuentra atendiendo a más de 123 millones de personas en las regiones mexicanas, así como en Ecuador, Perú, la parte norte de Argentina y el suroeste de los Estados Unidos.



**Ilustración 2-1:** Arca Continental Ecuador.

**Fuente:** (Continental, 2021 pág. 1)

### 2.2.2 Vehículos pesados

Se considera un vehículo pesado a transportes destinados a transportar mercadería como también la movilización de un lugar a otro de más de 8 personas y que su masa exceda los 3500 kg. Entre estos tipos de vehículos pesados podemos encontrar la siguiente clasificación:

- **Camión:** vehículo destinado al transporte de mercadería con la cabina del conductor no integrada.
- **Furgón:** vehículo destinado al transporte de mercadería con la cabina del conductor integrada.
- **Autobús:** vehículo destinado al transporte de viajeros con más de 9 plazas incluida la del conductor.
- **Autobús articulado:** Este tipo de vehículo está compuesto por dos partes rígidas que se encuentran juntas entre sí.
- **Tracto camión:** Un tipo de vehículo construido para arrastrar un semirremolque.
- **Remolque:** Este tipo de vehículo es remolcado por un vehículo a motor.
- **Semirremolque:** La combinación de un remolque que se acopla a un automóvil.
- **Tren de carretera:** Otro tipo de vehículo que se encuentra constituido por un vehículo a motor y un remolque enganchado al mismo.
- **Vehículo articulado:** Es un conjunto de vehículos constituidos por un vehículo a motor al que se acopla un semirremolque.
- **Vehículo mixto adaptable:** Es un vehículo que se encuentra dispuesto para el transporte de mercancías y pasajeros.

#### 2.2.2.1 Camiones

En Arca Continental la mayoría de los vehículos pesados son estilo camiones debido a la movilización constante de sus productos en todo el Ecuador. La marca más utilizada son los camiones NQR 915 EIII Chevrolet. Estos presentan un motor Isuzu con una potencia de 148 HP, una distancia entre ejes de 4.175 mm, permitiendo cargar en este tipo de camiones 5.7 toneladas.

El motor es de tipo ISUZU 4JH1-TCN con turbo intercooler que se encuentra en la parte frontal del camión, el tipo de combustible que utilizan es Diesel. El turbo intercooler permite que el aire caliente que entra al turbo se enfríe a medida que pasa por el mismo antes de entrar al motor para así mejorar la potencia del motor.



**Ilustración 2-2:** Camión NQR 915 EIII Chevrolet.

Fuente: (Chevrolet, 2023)

### **2.2.3** *Petróleo*

El petróleo es considerado una sustancia oleaginosa que se encuentra a temperatura ambiente. Su color varía desde el amarillo o rojo pardo hasta negro, que le da su aspecto más característico. Está compuesto por una mezcla de hidrocarburos que se encuentran en yacimientos subterráneos de los estratos superiores de la corteza terrestre en un estado natural. A través de un proceso de refinado se realiza una serie de transformaciones físicas y químicas de gran importancia para la industria dando como resultado la gasolina, el queroseno y derivados del petróleo.

#### **2.2.3.1** *Combustibles*

Es un producto que se obtiene del petróleo mediante una serie de procesos, es utilizada para todo tipo de automóviles que contienen motores de combustión interna y otros tipos de máquinas y diversos usos.

Este producto petrolífero es uno de los más consumidos a nivel mundial, debido a la fuerte demanda en el sector del transporte, representando aproximadamente el 80% del consumo final de los derivados del petróleo. (Montero M., 2020 pág. 9)

#### **2.2.3.2** *Combustibles (Gasolina) en el Ecuador*

Desde el 11 de febrero de 2023, Petroecuador informó a través de sus cuentas oficiales y por los diferentes medios de comunicación que el precio de venta al público se encuentra en un valor referencial sugerido para la gasolina Súper Premium de 95 octanos, en las estaciones de servicio propias y afiliadas de la comercializadora Petroecuador, será de \$ 3,98 por galón. El costo de cada

galón se redujo en \$ 0,17 frente al precio fijado en diciembre de 2022.

La empresa Petroecuador en el año 2011 importó gasolina con un número de octano alto para así mezclarlos y procesarlos para la obtención de la gasolina Ecopaís y Extra con un número de octano entre 81-87 y para la gasolina súper con un número de octano entre 90-92, pese a la importación de gasolina con un alto octanaje sigue siendo muy contaminante para el medio ambiente, pero cabe recalcar que se redujeron un porcentaje alto las emisiones contaminantes.

En la actualidad Ecuador cuenta con los siguientes tipos de combustibles a diferentes precios que se encuentran controlados por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARC, 2021) :

- Súper-3,99\$
- Extra-2,40\$
- Ecopaís-2,40\$
- Diesel-1,75\$
- Eco plus-3,15\$

### **Ecopaís**

Es un combustible (Gasolina) dado a conocer a través de un proyecto que se realizó en la ciudad de Loja con la finalidad de contaminar menos y ser amigable con el medio ambiente. La Empresa Pública Petroecuador es la encargada de producir y distribuir a nivel nacional.

Entre las ventajas de este combustible se puede reducir los gases contaminantes como el CO<sub>2</sub>, disminuye la salida de divisas ya que importan en menor cantidad Naftas de alto octanaje los mismos que utilizan en la fabricación de gasolinas. Esta gasolina está hecha con base de caña de azúcar la cual permite beneficiar al sector cañicultor y a los que producen el etanol con un mayor empleo, la cantidad de octanos de este combustible es de 85 Y 650 PPM.

Esta gasolina se encuentra elaborada con Nafta alto y Etanol bajo, esto con el propósito de cumplir con los requisitos de calidad que requiere la norma Técnica Ecuatoriana INEN NTE 935, este combustible cumple con los mismos estándares de calidad que la gasolina denominada Extra (PETROECUADOR, 2022).

## **Súper**

Este tipo de combustible es comercializado en nuestro país, contiene mayor número de octanos en comparación a la gasolina Extra o Ecopaís con 92 octanos para vehículos de altas prestaciones y gamas. Este tipo de gasolina es utilizado en motores de relación de compresión alta, su composición es de hidrocarburos isoparafínicos y aromáticos que beneficia la elevación del índice de octano ayudando a soportar altas presiones y temperaturas (PETROECUADOR, 2022).

## **Diesel**

En el Ecuador la mayoría de los vehículos que utilizan este tipo de combustible se encuentran en la industria, el valor por galón se encuentra en 1,90\$ debido a que se encuentra subsidiado pro el gobierno, siendo un valor mejor en toda Sudamérica.

Algunas de las ventajas que tienen los vehículos con motores a diésel es que tienen un mayor rendimiento en kilómetros por galón, el mantenimiento de los mismos es menos costoso. Sin embargo, existen también desventajas que perjudican tanto al vehículo como a su entorno, entre ellos se encuentra que necesitan filtros especiales y ciertos aditivos para cumplir con las normas de emisión de gases contaminantes, el combustible diésel es contaminante para el medio ambiente debido al azufre que lo compone.

## **Extra**

La gasolina extra tiene mayor octanaje, es decir consta con una alta resistencia a la presión y temperatura en sus cámaras, antes de iniciar la combustión que se genera por la chispa de la bujía, permitiendo que el motor tenga una mejor eficacia, da una mejor potencia y torque con un leve incremento en el kilometraje recorrido por galón, cuenta con una combustión más completa además de emitir menos emisiones y humo negro.

## **Eco Plus**

Éste nuevo combustible se encuentra en el país desde el año 2022 en el Ecuador, llega al mercado como una contraoferta a la Súper que tiene un valor de 5,13 dólares. Es una gasolina de mejor calidad debido a que tiene 200 ppm de azufre, 91 puntos menos que la Extra y Ecopaís. Cuanto más azufre tiene un combustible, más emisiones contaminantes genera produciendo la contaminación ambiental.

### 2.2.3.3 *Octano*

El octanaje o también conocido como índice de octano permite medir la capacidad de anti-detonación de la gasolina, es decir, hasta qué punto aguanta sin detonar apresuradamente. Este fenómeno es producido cuando la mezcla explota antes de que se genere la chispa producida por la bujía y como resultado el pistón no está situado en el lugar adecuado (PETROECUADOR, 2022).

La gasolina proviene de una mezcla líquida de hidrocarburos, del ISOCTANO ( $C_8H_{18}$ ), y del *n*-HEPTANO ( $C_7H_{16}$ ), siendo estas las cadenas principales, esta mezcla tiene mucho que ver en sus porcentajes ya que los vapores desprendidos con gran volatilidad pueden dañar las paredes de los cilindros de cualquier motor, generando un golpeteo juntamente con el pistón. De allí nace la importancia del octanaje que se define como la capacidad antidetonante del combustible, es decir que el combustible no se auto detone antes de que la mezcla ascienda hacia el pistón. Otra característica del octanaje es que también indica la calidad y pureza de la gasolina.

### 2.2.3.4 *Principales propiedades de la gasolina*

- Poder calorífico: Esta propiedad se le conoce como la cantidad de energía interna que se encuentra en los diferentes tipos de combustibles, cuanto más alto sea, mayor será la energía contenida en la gasolina. Un combustible se compone de hidrógeno y carbono, el hidrógeno tiene un poder calorífico de 28.700 Kcal/kg mientras que el carbono de 8.140Kcal/kg, cuanto mayor cantidad de hidrógeno tenga el combustible mayor será el poder calorífico de éste.
- Viscosidad: La gasolina tiene una viscosidad entre 0,4 y 0,5 Cp.
- Numero de octano: Conocido también como índice de octano o simplemente octanaje, es una escala que permite medir la capacidad antidetonante del combustible cuando se comprime dentro del cilindro de un motor.
- Densidad: Entre los valores característicos de la gasolina se tiene una densidad de 720 g/L, el punto de ebullición se encuentra aproximadamente entre 28 y 177°C. La densidad del diésel se encuentra sobre los 850 kg/m<sup>3</sup> con un punto de ebullición que se encuentra entre 151-371°C

#### 2.2.3.5 *Consumo de combustible*

Cuando conducimos cualquier tipo de vehículo el consumo de combustible no va a ser el mismo, todo depende de las condiciones en las que se conduzca, se presenta un mayor empleo de gasolina cuando frene o se detenga varias veces en un recorrido, mientras que el consumo será menor cuando se mantenga una sola velocidad. Hay que tener en cuenta también que el gasto de combustible va a ser diferente en un motor de 8 cilindros que al de 4 cilindros y también dependerá del tipo de sistema de cada vehículo, según estudios realizados el promedio de consumo de gasolina es de un litro por cada doce kilómetros de recorrido.

El consumo de combustible en camiones se encuentra entre 30 y 40 litros por cada 100 kilómetros recorridos. Los factores que influyen en el consumo de gasolina dependen de varios parámetros como, por ejemplo:

- Peso del camión
- Potencia del motor
- Peso de la carga
- Entorno habitual de conducción: calles de la ciudad, carretera de doble vía o autopistas
- Estado de mantenimiento del camión
- Estilo de conducción
- Factores ambientales: viento, nieve, niebla, etc.

Hay que tener en cuenta que los factores ambientales como la nieve o la neblina también hacen que se duplique o triplique el consumo de gasolina debido a que se debe conducir a velocidades extremadamente bajas.

#### 2.2.3.6 *Factores para el consumo de combustible*

- La eficiencia energética de los motores.
- factores de carga, velocidad y la marcha en vacío.
- El ambiente en donde se circula.
- Aerodinámica

Otros factores que se debe tomar en cuenta en el consumo de combustible son: las características constructivas del vehículo, el tipo de vía en donde circula, el estado del vehículo, las intersecciones e interferencias al movimiento, las curvas, el conductor y su experiencia. En contexto la aerodinámica es el estudio sobre los fluidos del aire. El consumo depende en gran

parte de la aerodinámica de cada vehículo, este valor se mide con coeficiente  $C_x$  igual a 1, mientras más bajo sea dicho coeficiente mejor será la aerodinámica del auto por consiguiente el vehículo tendrá menor resistencia al avance favoreciendo al consumo, el valor de 0.3 es un promedio de buen coeficiente aerodinámico.

#### *2.2.3.7 Factores de conducción para el consumo de combustible*

- **Conductor:** La persona encargada del volante va a ser el responsable principal de una conducción eficiente, depende de cómo son sus reacciones, la velocidad a la que vaya circular, como se realiza los cambios de marcha y con qué frecuencia realiza paradas.
- **Aire acondicionado:** El consumo del aire acondicionado se encuentra entre un 5% a 20 % del combustible, depende de la temperatura y no de la velocidad.
- **Ventanas:** En un caso muy particular depende de la velocidad en la que circule el auto a partir de los 90 km/h consume más energía debido a que empeoramos la aerodinámica del auto.
- **La velocidad del vehículo y la resistencia del viento:** Existe una relación directa entre la velocidad del vehículo y el consumo de gasolina, debido que al acelerar más consume mucha más gasolina debida a que el motor trabaja con mayor intensidad y va a aumentar si conducimos por un trayecto en contra del viento.
- **El factor freno:** Se recomienda frenar durante las bajadas, pero tratando de realizar lo menos frecuente posible debido al frenado excesivo puede ocasionar el aumento en el consumo de combustible y que se dañen o se recalienten los frenos.
- **Acelerador y cambio de marcha:** Para reducir el consumo de combustible es necesario optimizar los cambios de marcha y siempre tener en cuenta al momento de conducir hacerlo el mayor tiempo posible marchas más largas y bajas revoluciones siempre tratando de conducir en 4ta y 5ta marcha si es posible.

#### *2.2.4 Emisión de contaminantes*

Desde los años cincuenta nace la situación latente de la contaminación y unas décadas después llega a ser preocupante con los vehículos como protagonistas, particularmente en los gases generados por los motores de combustión. Estados Unidos con su estado de California han sido

los pioneros en establecer control y normas de emisiones cada año más severas y exigentes, después más continentes con Europa se han unido a esta iniciativa y van tomando sus propias medidas. Las emisiones contaminantes en un motor de combustión provienen de: evaporaciones del combustible, emisiones del cárter y gases de la combustión. De estos factores nacen gases tóxicos y no tóxicos que deben ser analizados.

#### 2.2.4.1 Gases Tóxicos

- **Monóxido de Carbono (NO):** Es un gas inodoro, incoloro, explosivo y altamente tóxico. Es mortal ya que impide la oxigenación a la sangre a través de los glóbulos rojos. Se encuentra en fuentes de exposición muy comunes como automóviles, tabaquismo y combustión de gases o combustibles (Sánchez, 2011. p.194).
- **Óxidos de Nitrógeno (NOx):** Se forman cuando reaccionan el oxígeno con el nitrógeno en una combustión perfecta a alta temperatura en el motor. Son tóxicos principalmente el *NO* y *NO<sub>2</sub>* producen problemas respiratorios y dolores de cabeza (Carreras, 2015. p.340).
- **Hidrocarburos (HC):** Son directamente los hidrocarburos expulsados sean líquidos, sólidos o gaseosos productos de una mala e incompleta combustión (Muñoz, 2015. p.116).
- **Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>):** Es un gas de olor penetrante que nace del azufre presente en el combustible, está presente en bajo porcentaje en los gases de escape sin embargo puede causar problemas en las vías respiratorias (Sánchez, 2011. p.194).
- **Partículas de hollín:** Presenten por un mal funcionamiento del motor y muy común en los motores diésel, que causan problemas en las vías respiratorias (Sánchez, 2011. p.194).
- **Plomo:** Anteriormente era utilizado como aditivo para prevenir la auto detonación del combustible. Sin embargo, es perjudicial para la salud y puede causar problemas de desarrollo intelectual. En la actualidad se usan gasolinas sin plomo (Sánchez, 2011. p.195).

#### 2.2.4.2 Gases no tóxicos.

- **Nitrógeno (NO<sub>2</sub>):** Es el 78% del aire y está presente en la admisión del motor en el proceso de la combustión (Sánchez, 2011. p.195).

- **Oxígeno ( $O_2$ ):** Es el 21% del aire y es esencial para que la combustión se lleve a cabo (Sánchez, 2011. p.195).
- **Agua ( $H_2O$ ):** Se enfría y se condensa oxidando algunos gases a lo largo del escape (Sánchez, 2011. p.195).
- **Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ):** En un inicio no es tóxico cuando la naturaleza pueda cumplir su ciclo al transformarlo en oxígeno (Sánchez, 2011. p.195).

### 2.2.5 Normativas de anticontaminación de gases

Las normas medioambientales continuamente se actualizan y exigen vehículos con menos emisiones cada vez. Entre los entes más importantes están la legislación de Estado de California, quien exige reducir en gran medida las emisiones de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx), entre sus decisiones más severas esta prohibir la venta de vehículos a diésel y gasolina desde 2035.

A su vez la Unión Europea también cumple la misión de reducir emisiones contaminantes utilizando el sistema OBD y específicamente en vehículos europeos EOBD (diagnóstico a bordo), el cual es universal y se utilizan en todos los vehículos modernos, el objetivo de este sistema es monitorear el funcionamiento del motor del vehículo, controlar y evitar que se eleven las emisiones contenientes.

Existen normativas en los cuales los entes reguladores se basan para controlar los valores permitidos de emisiones contaminantes como las normas EURO, sin embargo, cada país se basa en normas internacionales o implementa sus valores máximos permitidos ya sea para automotores gasolina o diésel.

### 2.2.6 Normativa de anticontaminante de gases en Ecuador

En Ecuador la norma técnica que trata sobre la gestión ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina es la NTE INEN 2 204:2002.

En esta norma se hace referencia a que toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no puede emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de

nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las cuales se va a detallar a continuación:

En las siguientes tablas se presentan ejemplos de los valores máximos permitidos de emisiones para vehículos a gasolina, diésel y motocicletas en el Ecuador.

**Tabla 2-1:** Valores máximos permitidos de emisiones para vehículos a gasolina, diésel y motocicletas en el Ecuador.

Año	% CO (volumen)		Ppm HC (volumen)	
	0-1500 (Altitud)	1500-3000(Altitud)	0-1500 (Altitud)	1500-3000(Altitud)
2000 y posteriores	1.0	1.0	200	200
1990-1999	3.5	4.5	650	750
1999 y anteriores	5.5	6.5	1000	1200

Fuente: (NTE INEN 2204,2017)

Realizado por: (Fiallos, 2023)

La opacidad es el concepto contrario a la luz, que debido a partículas que en el análisis de vehículos salen por el escape impiden la visibilidad.

**Tabla 2-2:** Porcentaje de Opacidad.

Año	% opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

Fuente: (NTE INEN 2204,2017)

Realizado por: (Fiallos, 2023)

La siguiente tabla contiene los valores límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina a partir del año de vehículos de modelos desde el 2000.

**Tabla 2-3:** Valores límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina a partir del año de vehículos de modelos desde el 2000.

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos livianos			2,10	0,25	0,62	FTP-75	2
Vehículos medianos	=<3860	=<1700	6,2	0,5	0,75		2
		1700-3860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos pesados	>3860=<6350		14,4	1,1	5,0	Transiente	3
	>6350		37,1	1,9	5,0	pesado	4

Fuente: (NTE INEN 2204,2017)

Realizado por: (Fiallos, 2023)

### 2.2.7 Huella de carbono

La huella de carbono se define como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero, generadas directa o indirectamente por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas. Se expresa en términos equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y actúa como una herramienta de gestión valiosa para comprender las conductas o acciones que contribuyen al aumento de nuestras emisiones. Además, proporciona información sobre cómo mejorar estas prácticas y promover un uso más eficiente de los recursos (Ministerio del Ambiente Chile, 2020).

En otras palabras, la huella de carbono representa una métrica ambiental esencial que revela las fuentes y sumideros de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Sirve como una herramienta de gestión clave para comprender las que impactan en el aumento o reducción de las emisiones de GEI acciones relacionadas con nuestra actividad, directamente vinculada a nuestro impacto en el cambio climático (Climate Trade, 2021).

En el contexto actual de la urgencia climática, se destaca la necesidad de una transformación a nivel global. Esta transformación abarca desde el individuo y el entramado empresarial hasta los gobiernos, con el objetivo de establecer un modelo económico que considere tanto a las personas como al medio ambiente. Dicho modelo debe ser sostenible en el tiempo y neutral en emisiones de gases de efecto invernadero, respondiendo así a la llamada urgente de preservar nuestro planeta (Climate Trade, 2021).

Ecuador, se ha implementado el "Programa Ecuador Carbono Cero – PECC", una iniciativa propuesta por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica (MAATE) con el objetivo

de fomentar e incentivar la adopción de medidas y acciones en los sectores productivos y de servicios a nivel nacional. Estas acciones buscan cuantificar, reducir y neutralizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas en diversos procesos y actividades. El programa se basa en un esquema transparente y verificable, permitiendo mejorar el desempeño ambiental y la posición competitiva de las empresas participantes, además de brindar acceso a diversos incentivos y beneficios (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica, s.f.).

Los beneficios proporcionados por este programa incluyen:

Reducción de Emisiones

Posible Reducción de Costos Operativos

Mejora de la Imagen Corporativa

Reconocimiento y Valoración de Sostenibilidad en el Mercado

Acceso a Incentivos Tributarios y Laborales

Este programa representa no solo una oportunidad para contribuir a la mitigación del cambio climático, sino también una estrategia integral para mejorar la sostenibilidad empresarial y posicionarse favorablemente en el mercado.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de investigación

La presente investigación se enmarca en el enfoque mixto, puesto que el investigador recolecta, analiza y mezcla datos cuantitativos y cualitativos en un único estudio o un programa multifase de indagación (Hernández Sampieri, 2014 págs. 2-21). Por lo tanto, se trabaja tanto con datos cualitativos obtenidos por parte de la empresa para caracterizar la flota vehicular y la actividad vehicular (aspectos sobre los hábitos de conducción y el estado mecánico del automóvil). En cuanto a los datos cuantitativos, resultan de la medición del consumo de combustible y la emisión de gases.

#### 3.2 Nivel de Investigación

De acuerdo al nivel de investigación el presente estudio, reúne las características de la investigación descriptiva, cuyo objetivo principal es recopilar datos e informaciones sobre las características, propiedades, aspectos o dimensiones de un hecho o fenómeno. La investigación descriptiva, comprende la colección de datos para probar hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación corriente de los sujetos del estudio (Nieto, 2018).

Este tipo de investigación nos permitirá realizar un diagnóstico o levantamiento de datos en la empresa Arca Continental, para posteriormente tomar decisiones correctivas y finalmente elaborar un plan de reducción de emisiones.

#### 3.3 Diseño de investigación

##### 3.3.1 *Según la manipulación o no de la variable independiente*

El diseño de investigación recae en la investigación no experimental debido a que no existe intervención directa, por ende; el investigador no altera el objeto investigado. Se fundamenta principalmente en la observación de hechos, sucesos o eventos tal cual se desarrolla en su contexto originario para posteriormente analizarlos (Dzul, 2019). En ese sentido, se recolecta datos del consumo de consumo de combustible y la emisión de gases vehiculares en varios puntos de la ruta, sin ningún tipo de manipulación o intervención.

### 3.3.2 *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

Según las intervenciones en el trabajo de campo se realiza una investigación transversal, ya que nos centramos en analizar cuál es el nivel de las variables en un momento dado. En este tipo de diseño se analizaron los datos provenientes del consumo de combustible y la emisión de gases vehiculares en varios puntos de la ruta en un tiempo determinado.

### 3.4 **Tipo de estudio**

Se desarrolla un tipo de investigación de campo, puesto que este tipo de investigación permite obtener datos de la reales y analizarlos tal y como se muestran, sin intervención de las variables, siendo la característica fundamental es que se lleva a cabo fuera del laboratorio, en el lugar de ocurrencia del fenómeno. En esta investigación se recolectaron datos de las emisiones vehiculares y el consumo de combustibles en ruta.

### 3.5 **Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra**

La población objeto de estudio son los vehículos pesados de la empresa ARCA CONTINENTAL que se encuentra en la ciudad de Riobamba-Ecuador. Se seleccionaron los vehículos pesados de la marca Hino a Diesel 2020 que realizan rutas dentro del perímetro urbano.

La muestra se determinó mediante la fórmula para población finita, ya que se conoce el total de unidades de observación que integran la población.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * P * Q}$$

**Donde:**

**n**= tamaño muestral

**Z**= valor correspondiente a la distribución de gauss,  $z_{\alpha} = 0.05 = 1.96$

**E**= error

**N**= total de la población

**p**= prevalencia esperada del parámetro a evaluar

**q**=  $1 - p$

**Cálculo del tamaño de la muestra**

**Z**=1.96 (para 95% de confiabilidad)

$e=10\%$

$N= 55$

$p=5$

$q=95$

$$n = \frac{(55)(1.96)^2(0.05)(0.95)}{0.10^2(55-1)+1.96^2(0.05)(0.95)}$$

$$n = 13.89 = \mathbf{14}$$

### **3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación**

El método utilizado en la investigación es el analítico-sintético, pues permite al investigador conocer la realidad. El análisis maneja juicios, es un proceso de conocimiento que se inicia por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad, podrá establecer la relación causa efecto entre los elementos que componen el objeto de investigación. La síntesis considera los objetos como un todo, la interrelación de los elementos que identifican el objeto. El método que emplea el análisis y la síntesis consiste en separar el objeto de estudio en dos partes y, una vez comprendida su esencia, construir un todo. Análisis y síntesis son dos procesos que se complementan en uno (Vásquez, 2019).

La metodología incluye tres aspectos considerados como necesarios: 1. caracterización de la flota vehicular (año de fabricación del vehículo, peso, potencia, torque, masa, etc., información emitida por la empresa) y 2. medición del consumo de combustible y emisiones vehiculares en ruta, utilizando diversos instrumentos. Por medio del análisis de estos datos se generará una estrategia para un plan de reducción de emisiones.

#### **3.6.1 Técnicas e instrumentos de investigación**

- **Análisis de información**

Es un conjunto de manipulaciones, transformaciones, operaciones, reflexiones, comprobaciones que realizamos sobre los datos con el fin de extraer significado relevante en relación a un problema de investigación (Saiz, 2018). El análisis de la información permitió recolectar información como: año, peso, potencia, Torque, etc. Estos datos permitieron caracterizar la flota vehicular.

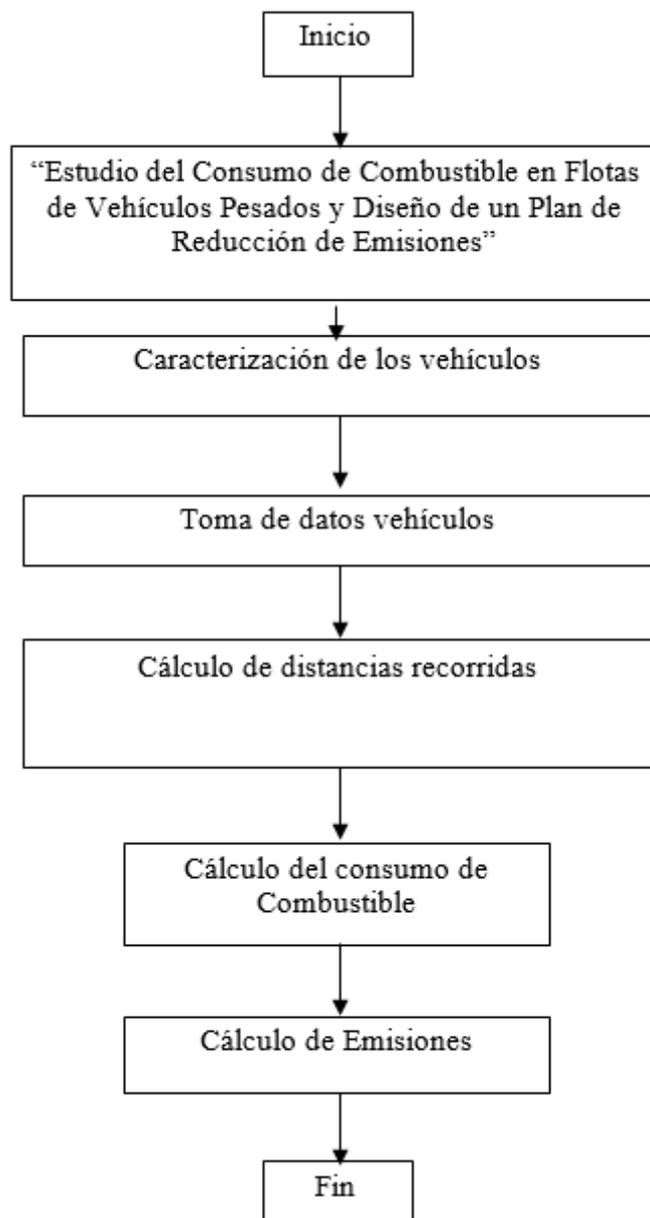
- **Observación científica o estructurada**

Este tipo de observación es sistemática, apela a instrumentos para la recolección de los datos o hechos observados, estableciendo de antemano qué aspectos se van a estudiar (Fabbri, 2019). Mediante la observación científica se realizó la medición del consumo de combustible y emisiones vehiculares en ruta mediante un Scanner vehicular OBD2.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las actividades para el desarrollo de la investigación, titulada “Estudio del Consumo de Combustible en Flotas de Vehículos Pesados y Diseño de un Plan de Reducción de Emisiones”, se efectuarán de forma ordenada de acuerdo con el flujograma de la Ilustración 4-1.



**Ilustración 4-1:** Flujograma de la metodología experimental y análisis de resultados.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.1 Caracterización de los vehículos

La población objeto de estudio son los vehículos pesados de la empresa ARCA CONTINENTAL que se encuentra en la ciudad de Riobamba-Ecuador. Se seleccionaron los vehículos pesados de la marca Hino con las siguientes características técnicas de los 14 vehículos que forman parte de la muestra de una población de 55, como muestra la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1:** Caracterización los vehículos pesados de la empresa ARCA CONTINENTAL.

Parámetros	Descripción
Año:	2020
Peso:	3,840 kg (vacío) / 11,900 kg (bruto)
Potencia:	247 kW (330 hp) a 2,500 rpm
Torque:	75.4 kg-m (556 lb-ft) a 1,500 rpm
Masa:	1,500 kg
CD:	0.35
Área frontal:	2.2 m <sup>2</sup>
Tipo de transmisión:	Manual, 6 velocidades
Número de marchas:	6
Capacidad de carga:	8,060 kg
Peso bruto:	11,900 kg

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.2 Toma de datos

El trabajo de campo consistió en tomar los datos durante nueve semanas a los 14 camiones correspondientes a la muestra establecida, en sus diferentes rutas de recorridos realizadas por estos vehículos dentro y fuera de la ciudad. Dichos datos darán mayor detalle se adjuntan en el Anexo A.

#### 4.3 Cálculo de las distancias recorridas

Para el cálculo de las distancias recorridas por cada uno de los camiones, partiendo como dato de entrada las coordenadas de latitud y longitud entre dos puntos, de cada una de las posiciones del vehículo tomadas a en un intervalo de tiempo de 1 segundo, se aplicó la fórmula de Haversine.

$$d = 2r \operatorname{arcsin} \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left( \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

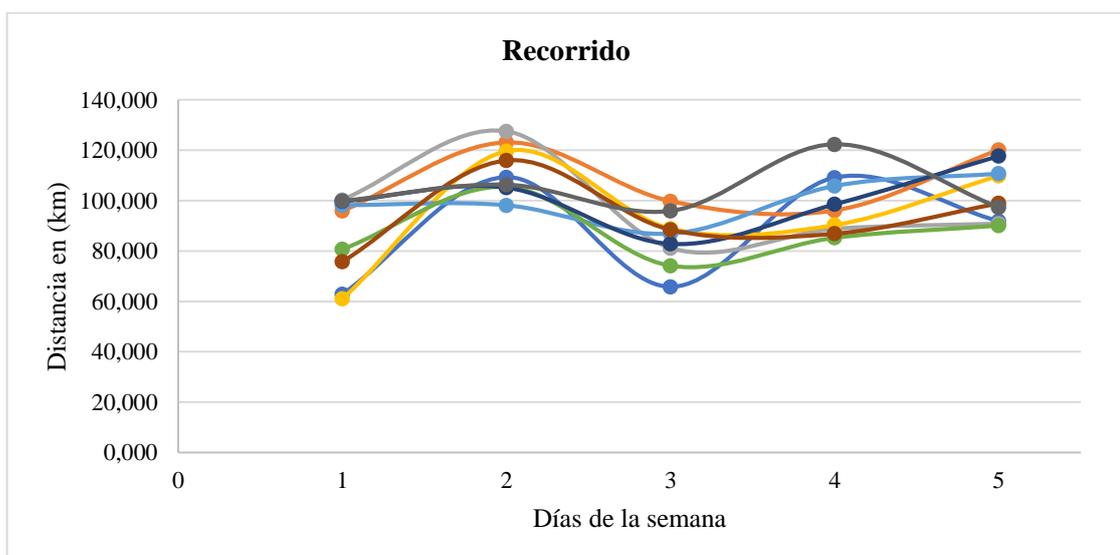
Bajo este contexto en la Tabla 4-2, se presenta el recorrido de las distancias en km por día, promedio de los 14 camiones, por un lapso de nueve semanas.

**Tabla 4-2:** Distancia promedio recorrida de la muestra por días en una semana.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Nº Semana	distancia (km)					
Semana 01	62,835	109,276	65,825	109,120	91,842	438,898
Semana 02	95,898	123,148	99,773	96,081	120,173	535,072
Semana 03	100,306	127,488	81,137	88,760	90,823	488,514
Semana 04	61,087	119,640	88,903	90,337	109,886	469,852
Semana 05	98,214	98,148	86,882	105,824	110,719	499,787
Semana 06	80,712	105,456	74,196	85,267	90,102	435,732
Semana 07	99,753	105,204	82,845	98,575	117,726	504,103
Semana 08	75,747	115,989	88,459	86,879	98,924	465,998
Semana 09	99,886	106,323	95,923	122,338	97,351	521,821

Realizado por: (Fiallos, 2023)

Para una mejor apreciación de los recorridos realizados por los camiones de la empresa ARCA CONTINENTAL, se presenta una Ilustración 4-2, de dispersión, donde la variable independiente (tiempo) esquematizada en el eje de las X, representa los días de la semana. Mientras que la variable dependiente, distancia promedio de la muestra recorrida se encuentra ilustrada en el eje de las Y.



**Ilustración 4-2:** Distancia promedio recorrida de la muestra por días en una semana.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.4 Cálculo del consumo del combustible

De acuerdo con la caracterización de los vehículos de carga que usa la empresa se establece que se trata camiones Medianos EURO IV, con una restricción de uso máximo del 75% de carga, respecto a la carga máxima del camión, bajo este contexto se procede a hacer el cálculo de consumo de combustible.

Para el cálculo de consumo de combustible de las rutas de trabajo, los coeficientes numéricos de consumo de combustible en función de la utilización de la capacidad de carga se los abstrae de los anexos B, C y D, los mismos que muestran los utilización de la capacidad de carga para un uso de 0% y 100% de carga, en tal virtud se determina los coeficientes específicos para una carga de 75%, mediante una extrapolación de los coeficientes ya que se considera una relación proporcionalidad lineal del consumo de combustible respecto a la cantidad de carga transportada.

Teniendo en cuenta estos parámetros descritos más el orden el tipo de camino, a continuación, se presenta en la Tabla 4-3, los valores de establecidos por la NTM del consumo de combustible en función de la utilización de la capacidad de carga de 0% y 100% respectivamente, agregando la extrapolación para una capacidad de 75%.

**Tabla 4-3:** Cálculo de la Utilización de Capacidad de Carga (LCU) al 75% para diferentes tipos de camino de los camiones de la muestra en estudio.

Tipo de Vehículo			Tipo de Camino	Consumo de Combustible (l/km)								
				Freeflow (LCU)			Saturated (LCU)			Stop+Go (LCU)		
Notación NTM	Notación ARTEMIS	Combustible/Combinación de Energía		0%	75%	100%	0%	75%	100%	0%	75%	100%
Camión Mediano	Capacidad de (7,5-12) Ton	Diesel, euro 4	Primer Orden	0,147	0,181	0,192	0,178	0,223	0,238	0,378	0,401	0,409
			Segundo Orden	0,159	0,203	0,217	0,228	0,2805	0,298	0,407	0,433	0,442
			Tercer Orden	0,158	0,196	0,208	0,235	0,283	0,299	0,397	0,423	0,431

Realizado por: (Fiallos, 2023)

Como los camiones viajan por diferentes tipos de caminos y a diferentes velocidades ya que dichos vehículos ejecutan el cumplimiento de la ruta establecida mediante paradas y avances. En consecuencia, se debe combinar los coeficientes del consumo de combustible para una utilización

de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos obteniendo un coeficiente promedio, el mismo que servirá para conseguir el consumo de combustible en función de la distancia recorrida.

$${}_{1er,2do\ y3er.Orden}^{75\%}LCU = \frac{0,401 + 0,433 + 0,423}{3}$$

$${}_{1er,2do\ y3er.Orden}^{75\%}LCU = 0,419$$

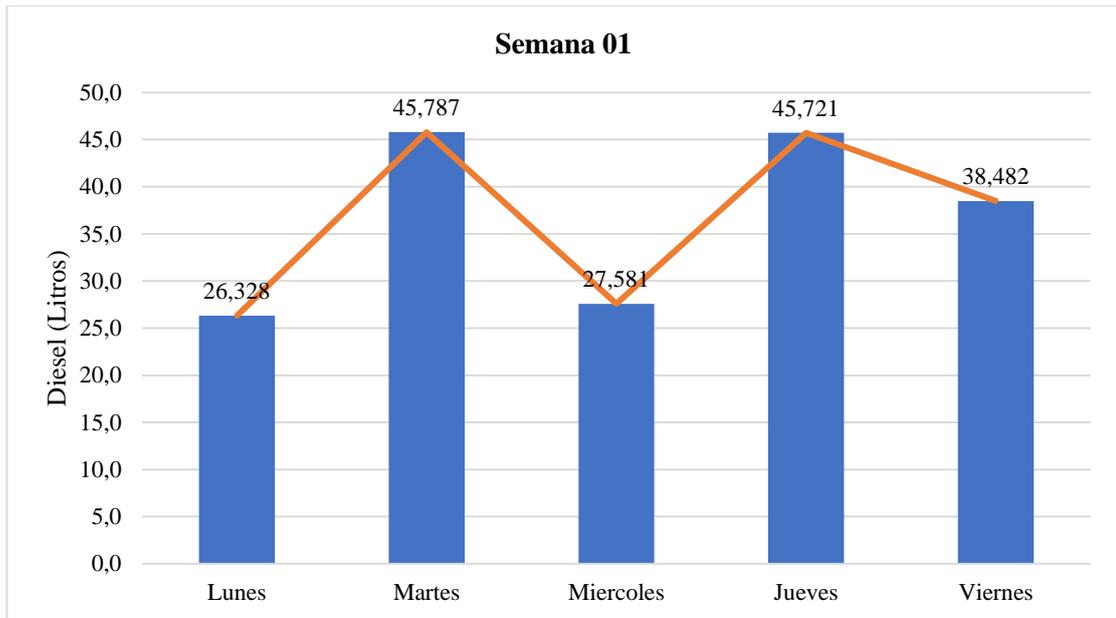
Con este valor de 0,419 que representa la utilización de capacidad de carga promedio para los camiones de la muestra en estudio se debe multiplicar por el recorrido realizado en rutas durante las nueve semanas del trabajo de campo, valores que se muestran en la Tabla 4-4.

**Tabla 4-4:** Consumo de combustible de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
N° Semana	Consumo de Combustible (FC) Litros					
Semana 01	26,328	45,787	27,581	45,721	38,482	183,898
Semana 02	40,181	51,599	41,805	40,258	50,352	224,195
Semana 03	42,028	53,417	33,996	37,190	38,055	204,687
Semana 04	25,595	50,129	37,250	37,851	46,042	196,868
Semana 05	41,152	41,124	36,404	44,340	46,391	209,411
Semana 06	33,818	44,186	31,088	35,727	37,753	182,572
Semana 07	41,797	44,080	34,712	41,303	49,327	211,219
Semana 08	31,738	48,599	37,064	36,402	41,449	195,253
Semana 09	41,852	44,549	40,192	51,259	40,790	218,643

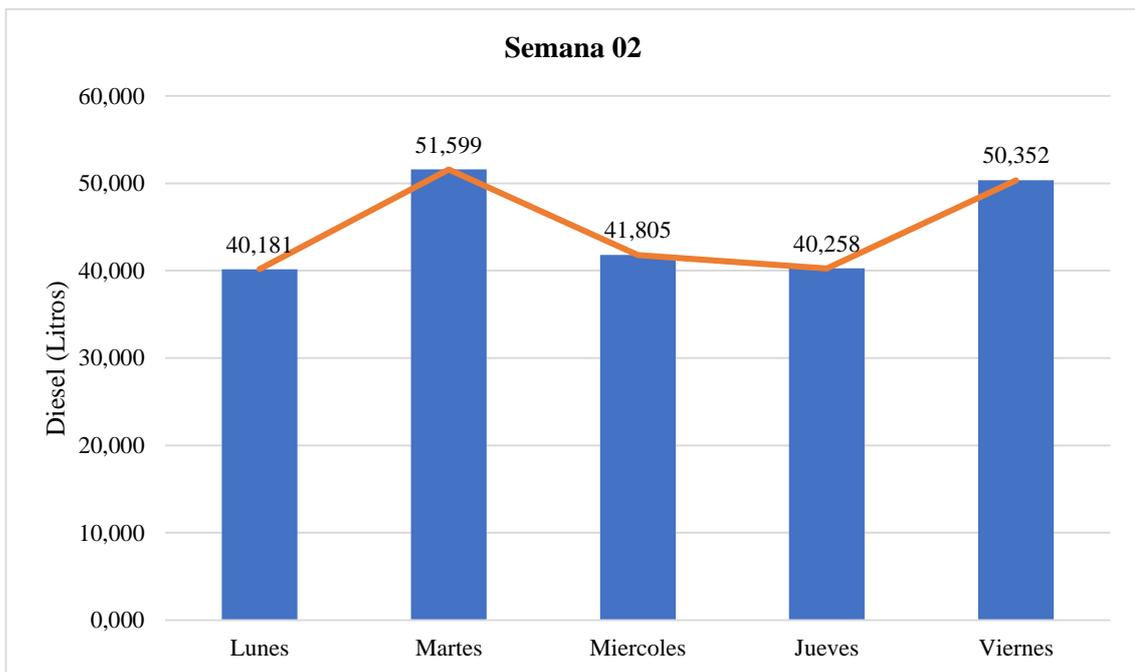
Realizado por: (Fiallos, 2023)

Para una mayor apreciación del consumo de combustible Diesel de los camiones se tiene las gráficas las siguientes gráficas.



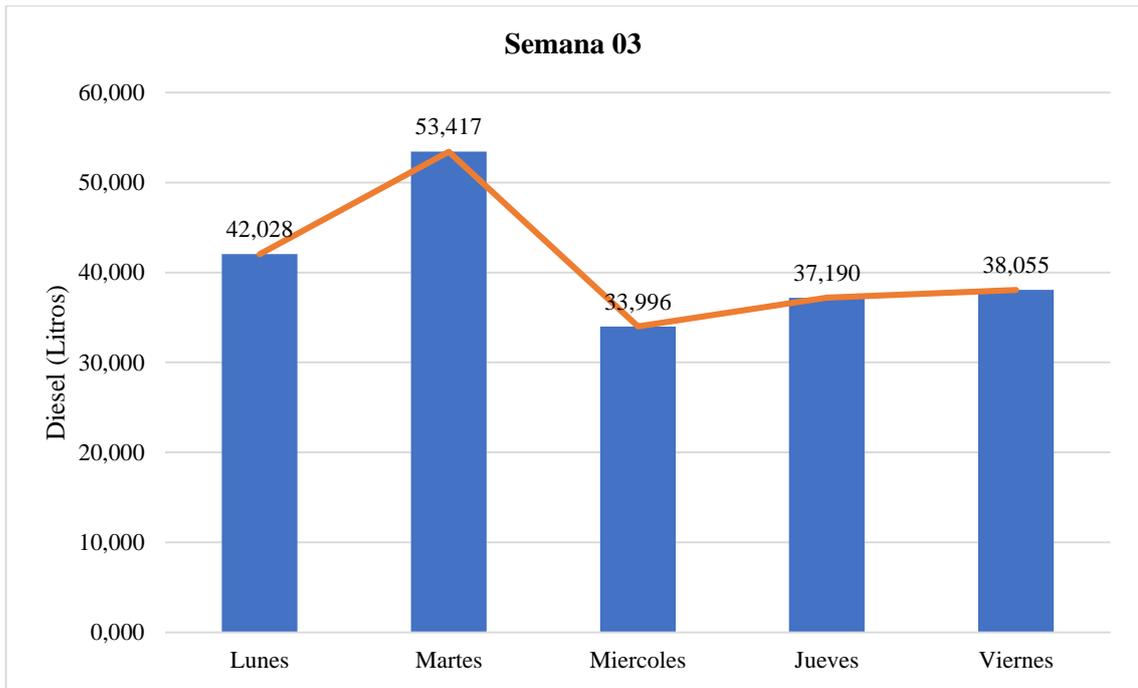
**Ilustración 4-3:** Consumo de combustible de la semana 01, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



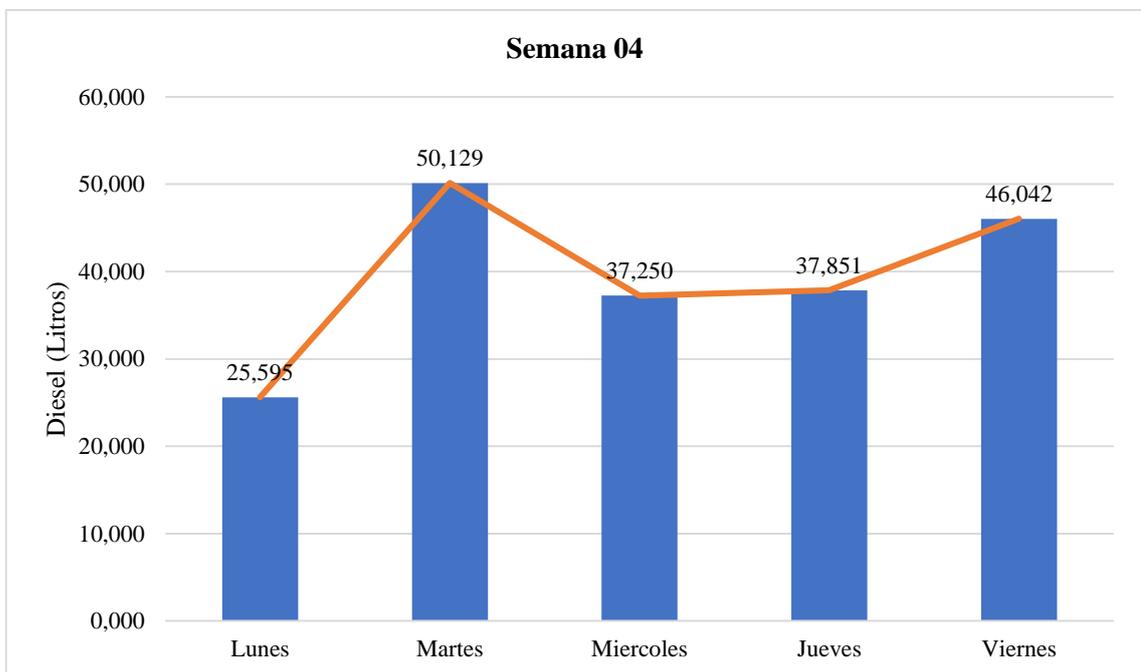
**Ilustración 4-4:** Consumo de combustible de la semana 02, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



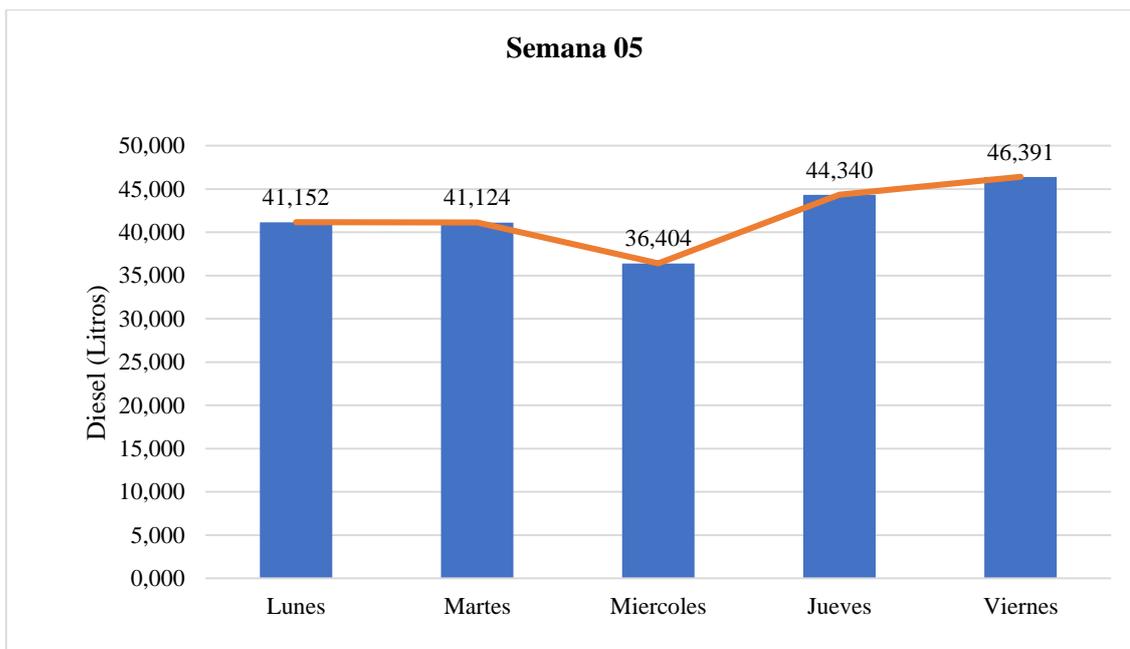
**Ilustración 4-5:** Consumo de combustible de la semana 03, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



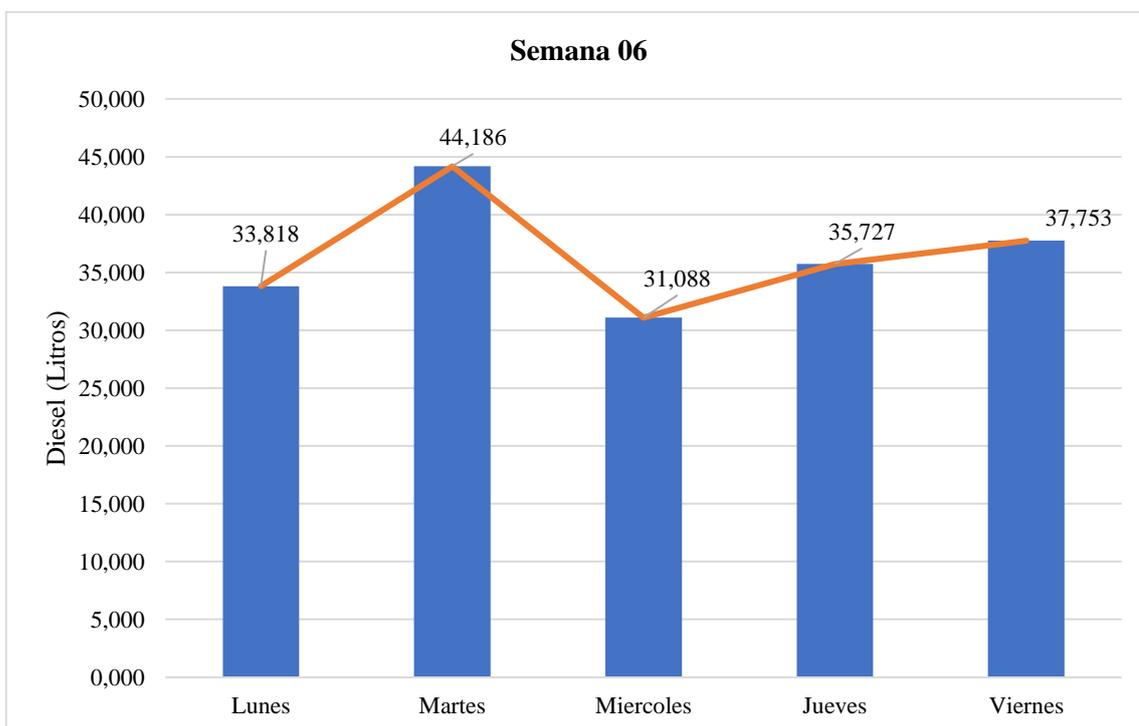
**Ilustración 4-6:** Consumo de combustible de la semana 04, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



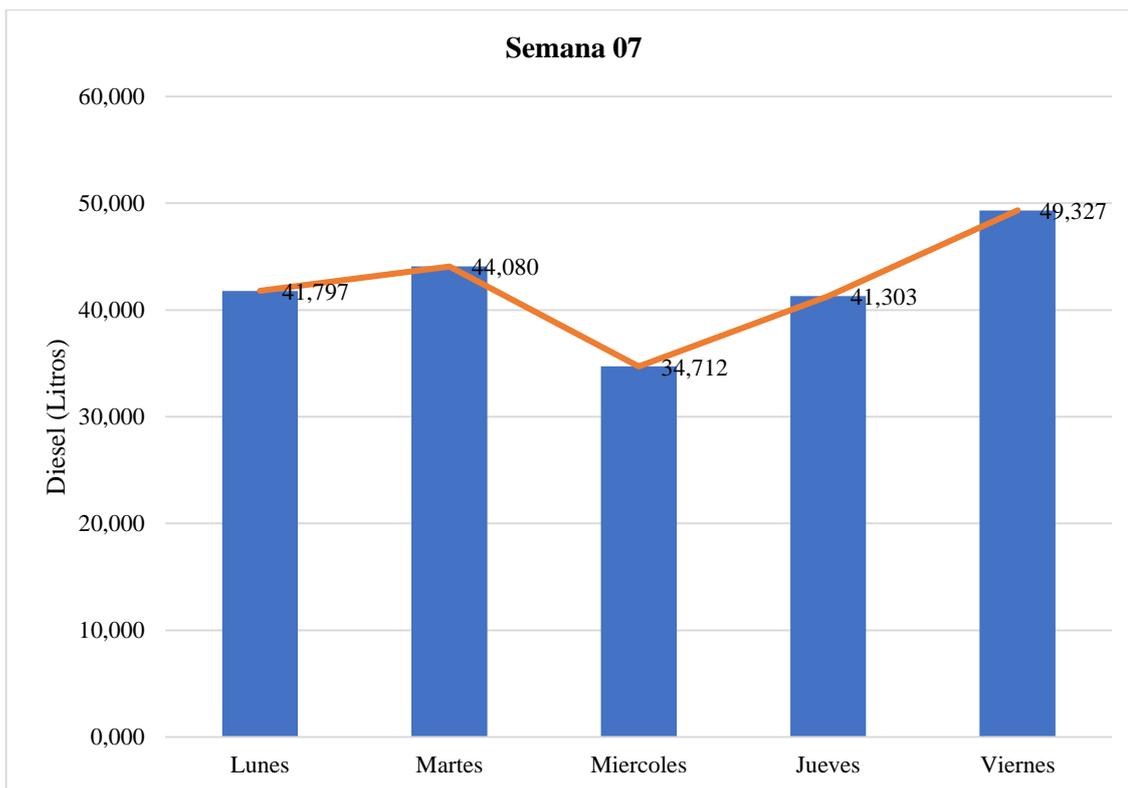
**Ilustración 4-7:** Consumo de combustible de la semana 05, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



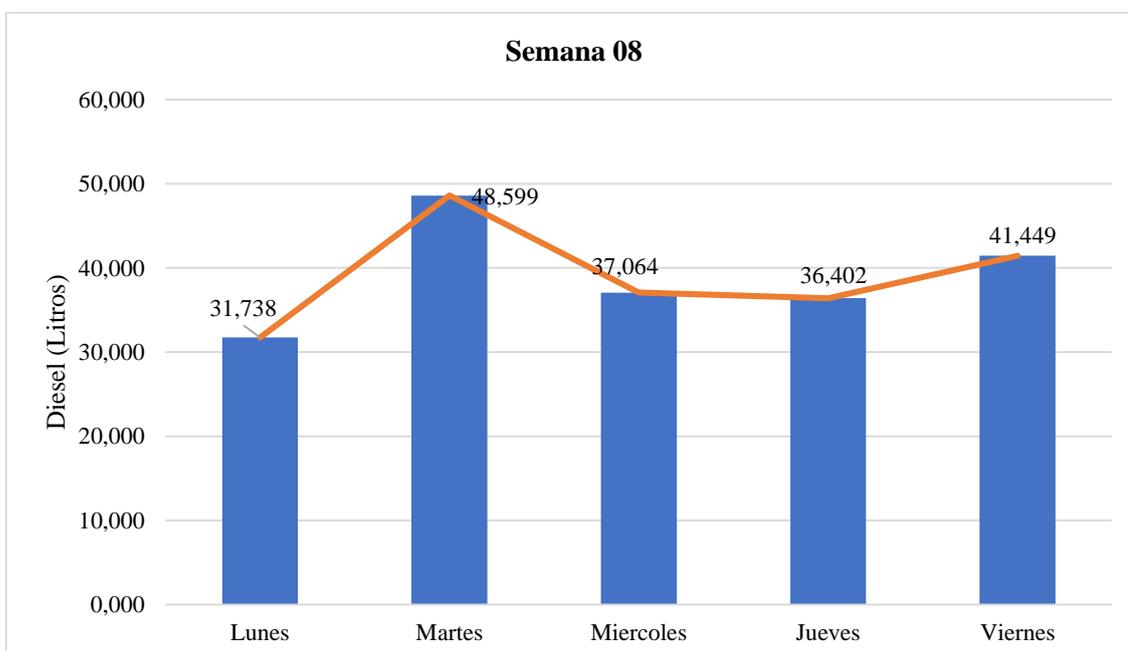
**Ilustración 4-8:** Consumo de combustible de la semana 06, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



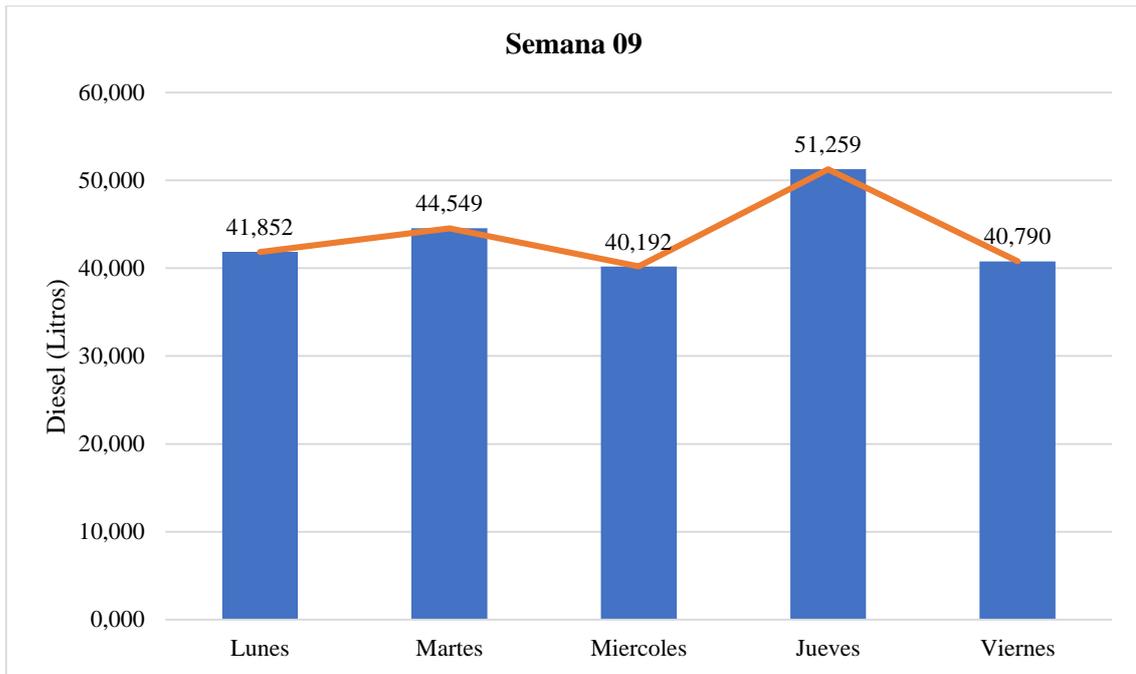
**Ilustración 4-9:** Consumo de combustible de la semana 07, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



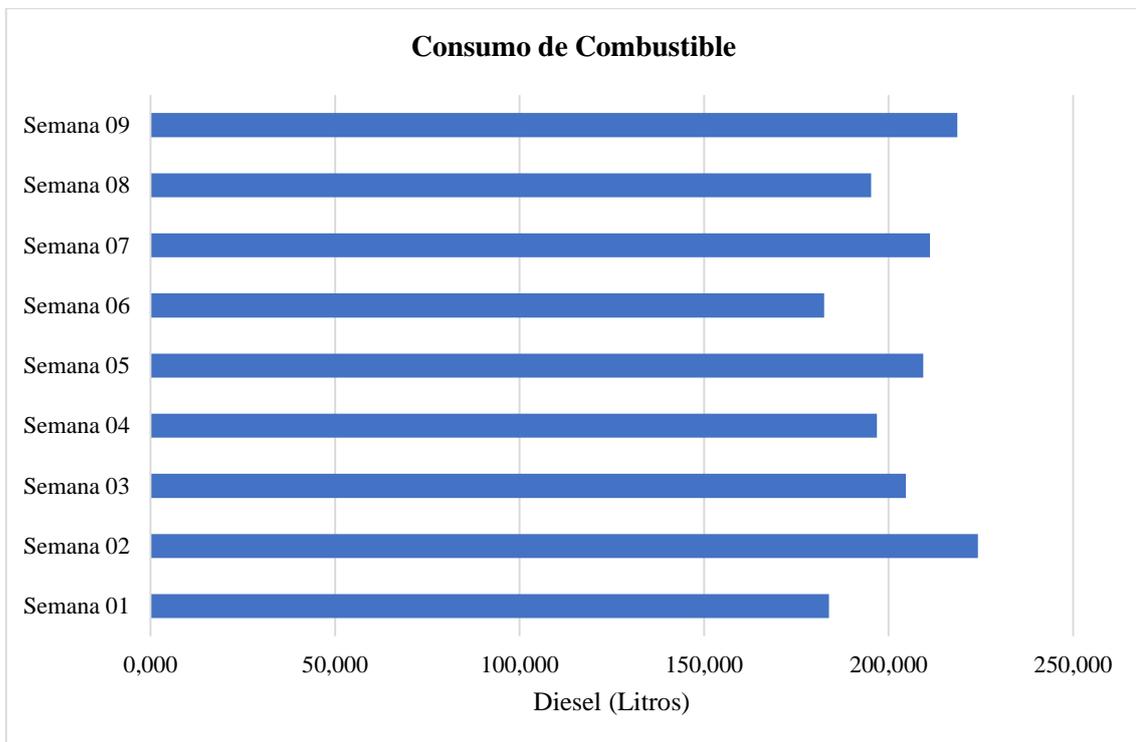
**Ilustración 4-10:** Consumo de combustible de la semana 08, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



**Ilustración 4-11:** Consumo de combustible de la semana 09, de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



**Ilustración 4-12:** Consumo de combustible de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75%.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.5 Cálculo del uso de energía

En cuanto al cálculo de energía consumida por los camiones se usó los valores conseguidos sobre el consumo de combustible para una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos, por tanto, es fundamental utilizar las distancias recorridas. En tal virtud el cálculo se realizó de forma diaria durante nueve semanas. Para la determinación del valor de uso de energía se aplicó la siguiente ecuación:

$$EU = Dist.* LCU * VC$$

Donde:

*EU: Uso de energía*

*Dist. : Distancia recorrida por los camiones*

*LCU: utilización de capacidad de carga igual*

$VC = 35,3 \left[ \frac{MJ}{l} \right]$ : Valor calórico de Diesel

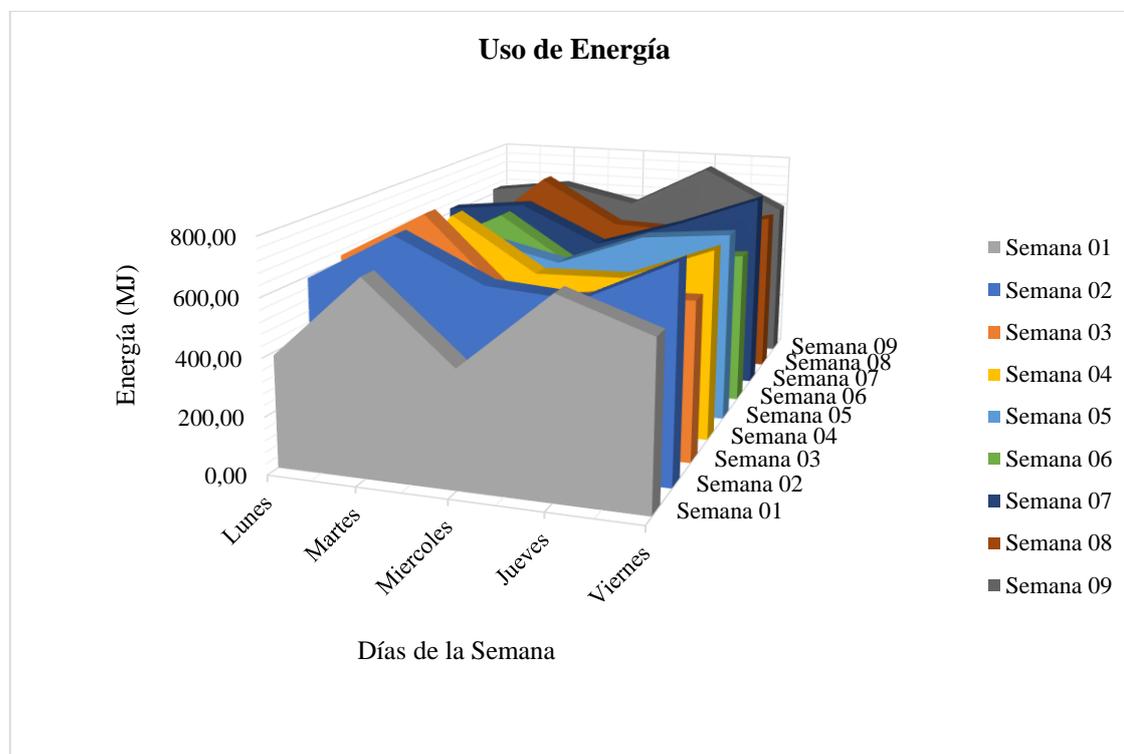
Con respecto al uso las características del combustible tipo Diesel MK1, estas se asemejan a los valores calóricos del Diesel ecuatoriano (Pastor, 2013), los valores se encuentran descritos en el Anexo E. Por tanto, al reemplazar con los datos numéricos medidos y calculados se presenta en la Tabla 4-5 el uso de energía que consume los camiones en un día durante nueve semanas de estudio.

**Tabla 4-5:** Uso de energía de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

N° Semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
	Uso de Energía (MJ)				
Semana 01	389,406	677,217	407,937	676,251	569,173
Semana 02	594,307	763,186	618,324	595,441	744,749
Semana 03	621,627	790,082	502,831	550,073	562,857
Semana 04	378,572	741,448	550,956	559,843	680,998
Semana 05	608,662	608,253	538,434	655,823	686,159
Semana 06	500,194	653,540	459,815	528,425	558,389
Semana 07	618,200	651,981	513,416	610,899	729,584
Semana 08	469,427	718,819	548,207	538,416	613,063
Semana 09	619,024	658,916	594,464	758,164	603,314

Realizado por: (Fiallos, 2023)

En la Ilustración 4-13, se esquematiza las áreas bajo las curvas generadas por el uso de la energía en función del tiempo tomando como referencia los días de la semana, en el eje X y en el eje Y la energía medida en [MJ], cada área está diferenciada por un color distinto, un total de nueve que representan las semanas en estudio de los camiones.



**Ilustración 4-13:** Uso de energía de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.6 Cálculo de las Emisiones

Para el cálculo de emisiones de sustancias se hizo uso de los resultados obtenidos anteriormente tomando en cuenta los parámetros de consumo de combustible en función de la utilización de la capacidad de carga para los camiones de la muestra en estudio. Los factores de emisión se tomaron los límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres de carretera clasificadas como vehículos pesados con motor de encendido por compresión en prueba dinámica, evaluados mediante ciclos de la Unión Europea (ESC, ETC y ELR), los cuales se encuentran descritos en la base de datos en el Anexo F. En tal virtud para el cálculo de emisiones se utilizará la siguiente ecuación:

$$EM_i = EF_i * (FC_i)$$

$$EM_i = EF_i * ({}_{1er,2do\ y3er.Orden}^{75\%LCU} * Distancia_i)$$

$EM_i = \text{Emisiones totales}$

$EF_i: \text{Factor de emisión}$

$FC_i: \text{Consumo de combustible}$

Bajo este contexto, se puede realizar una proyección de emisiones de gases al medio ambiente para un año. Para una mejor descripción se presentan tablas de resumen y gráficos.

**Tabla 4-6:** Emisiones de los camiones en estudio durante nueve semanas, a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

N° Semana	CO2		CO		CH		CH4		Nox		PM		Sox	
	(kg)	(Ton)	(kg)	(Ton)	(kg)	(Ton)	(kg)	(Ton)	(kg)	(Ton)	(kg)	(Ton)	(kg)	(Ton)
Semana 01	481,81	0,48	136,09	0,14	0,01	1,40E-05	2,80E-04	2,80E-07	3,68	0,004	0,002	2,20E-05	0,002	2,20E-06
Semana 02	587,39	0,59	165,91	0,17	0,02	1,70E-05	3,40E-04	3,40E-07	4,48	0,005	0,003	2,70E-05	0,003	2,70E-06
Semana 03	536,28	0,54	151,47	0,15	0,02	1,50E-05	3,10E-04	3,10E-07	4,09	0,004	0,003	2,50E-05	0,003	2,50E-06
Semana 04	515,79	0,52	145,68	0,15	0,01	1,50E-05	3,00E-04	3,00E-07	3,94	0,004	0,002	2,40E-05	0,002	2,40E-06
Semana 05	548,66	0,55	154,96	0,16	0,02	1,60E-05	3,10E-04	3,10E-07	4,19	0,004	0,003	2,50E-05	0,003	2,50E-06
Semana 06	478,34	0,48	135,14	0,14	0,01	1,40E-05	2,70E-04	2,70E-07	3,65	0,004	0,002	2,20E-05	0,002	2,20E-06
Semana 07	553,39	0,55	156,36	0,16	0,02	1,60E-05	3,20E-04	3,20E-07	4,22	0,004	0,003	2,50E-05	0,003	2,50E-06
Semana 08	511,56	0,51	144,49	0,14	0,01	1,50E-05	2,90E-04	2,90E-07	3,91	0,004	0,002	2,30E-05	0,002	2,30E-06
Semana 09	572,84	0,57	161,86	0,16	0,02	1,60E-05	3,30E-04	3,30E-07	4,37	0,004	0,003	2,60E-05	0,003	2,60E-06

Realizado por: (Fiallos, 2023)

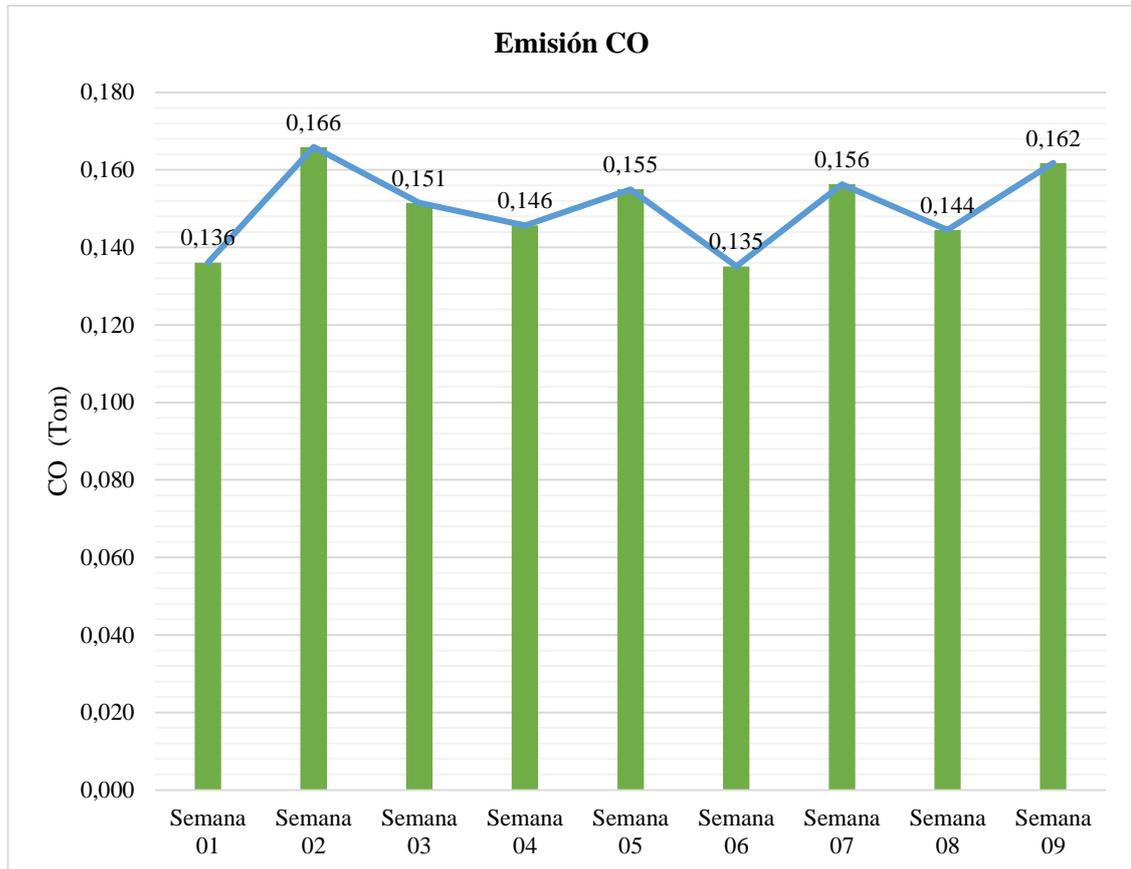
**Tabla 4-7:** Emisiones de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Anual	CO2	CO	CH	CH4	Nox	PM	Sox
Unidades	(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Ton)	(Ton)
Anual	6,38	1,8	1,83E-04	3,65E-06	0,05	2,92E-04	2,92E-05

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.6.1 Emisiones CO

Como se había comentado a continuación se presenta cada tipo de emisión de forma ilustrada. Para el caso de las emisiones de CO de cada semana se tomó los datos de la Tabla 4-6 columna 3. Dando como resultado la Ilustración 4-14.

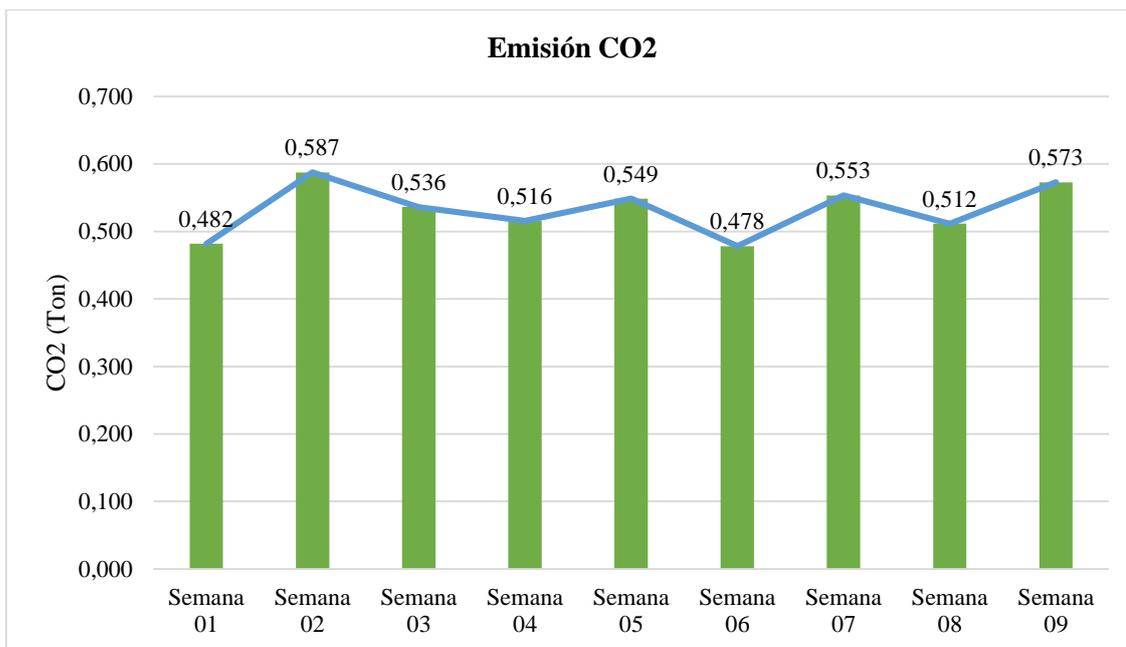


**Ilustración 4-14:** Emisión de CO de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.6.2 Emisiones CO2

A continuación, se presenta la Ilustración 4-15. Para el caso de las emisiones de CO2 de cada semana se tomó los datos de la Tabla 4-6.

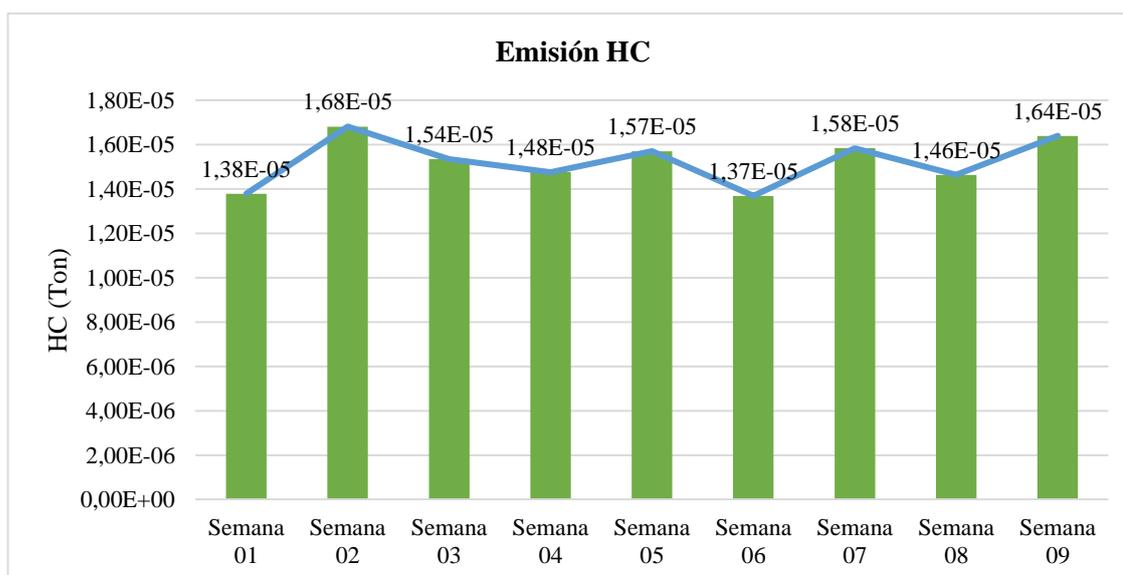


**Ilustración 4-15:** misión de CO de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.6.3 Emisiones CH

Ahora se presenta la Ilustración 4-16. Para el caso de las emisiones de HC de cada semana se tomó los datos de la Tabla 4-6.

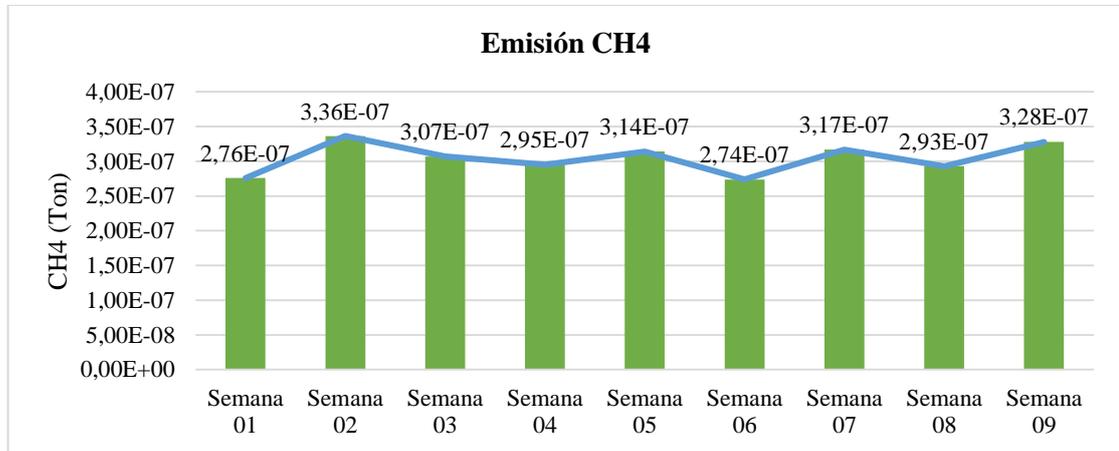


**Ilustración 4-16:** Emisión de CH de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.6.4 Emisiones CH4

Ahora, se presenta la Ilustración 4-17. Para el caso de las emisiones de CH4 de cada semana se tomó los datos de la Tabla 4-6.

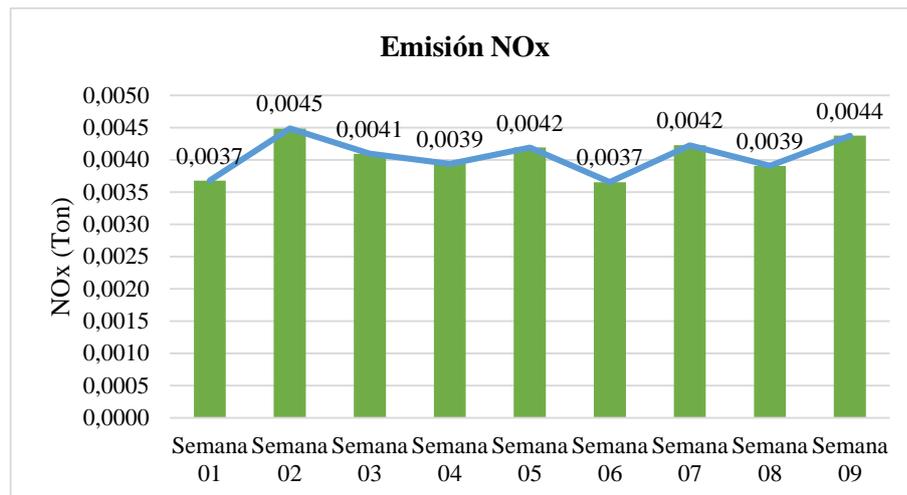


**Ilustración 4-17:** Emisión de CH4 de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.6.5 Emisiones NOx

Seguidamente se presenta la Ilustración 4-18. Para el caso de las emisiones de NOx de cada semana se tomó los datos de la Tabla 4-6.

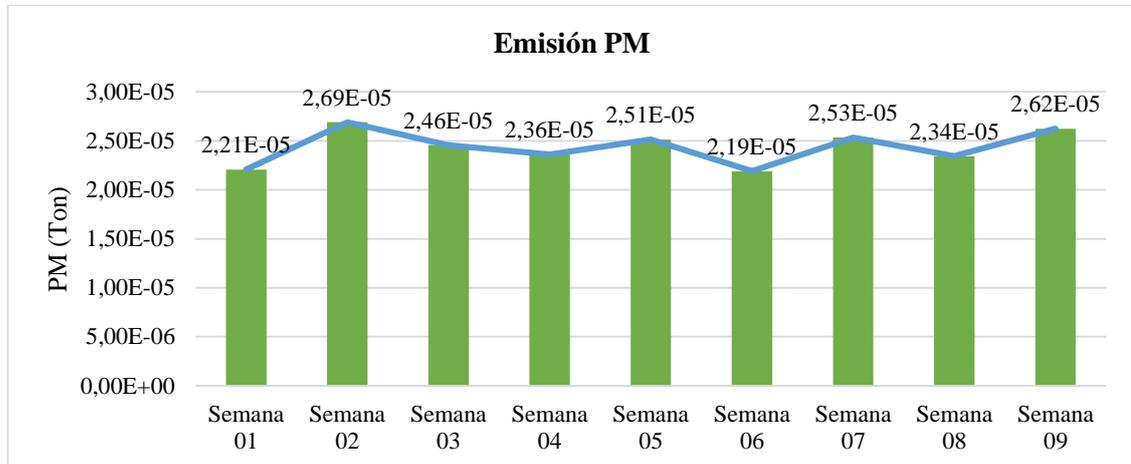


**Ilustración 4-18:** Emisión de NOx de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.6.6 Emisiones PM

Para el caso de las emisiones de PM de cada semana se tomó los datos de la Tabla 4-6, dando lugar a la Ilustración 4-19.

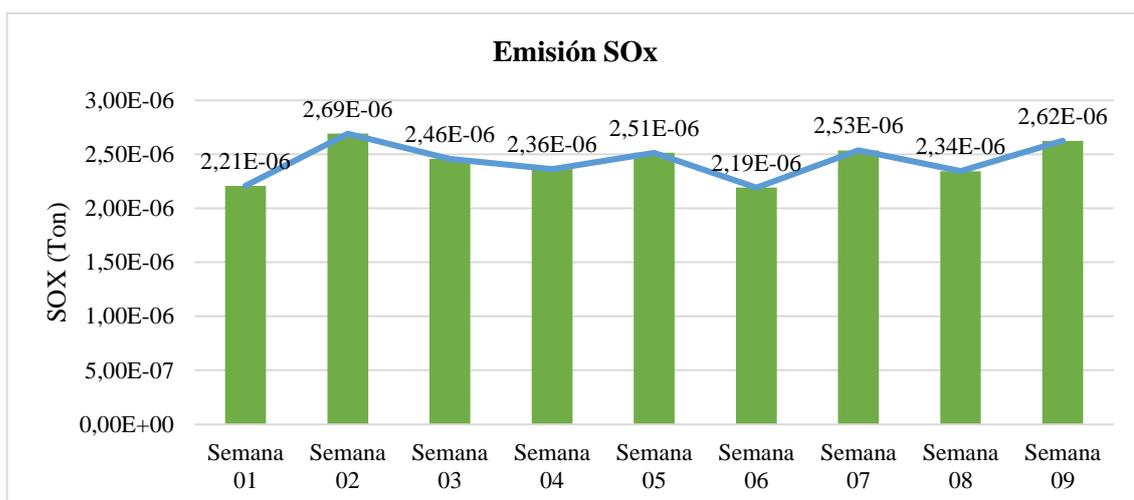


**Ilustración 4-19:** Emisión de PM de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 4.6.7 Emisiones Sox

Para el caso de las emisiones de SO<sub>x</sub> de cada semana se tomó los datos de la Tabla 4-6, resultando la Ilustración 4-20.

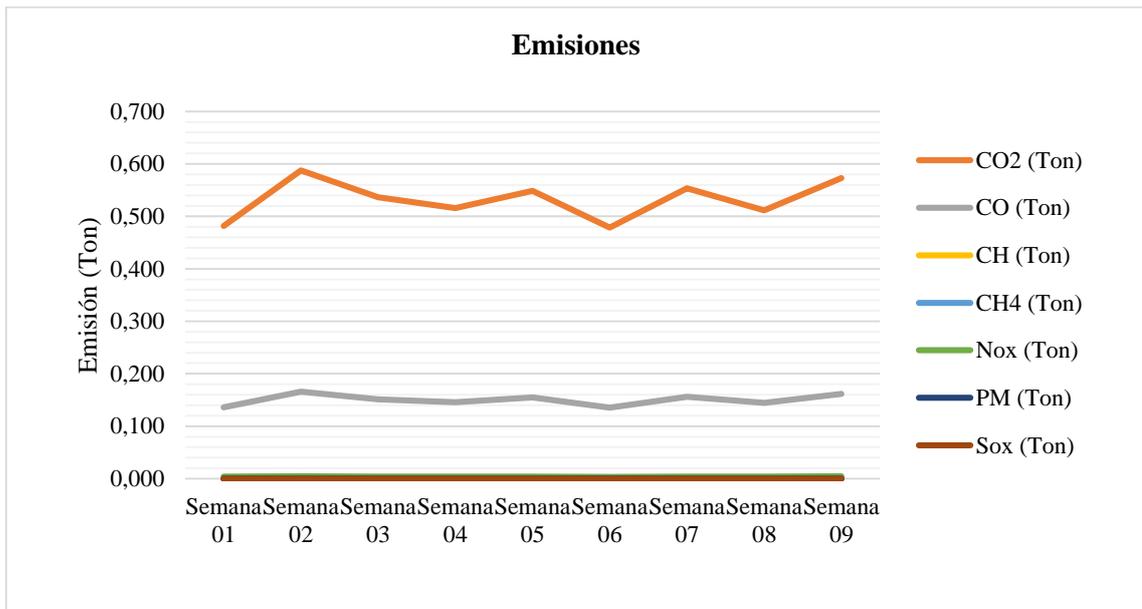


**Ilustración 4-20:** Emisión de PM de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

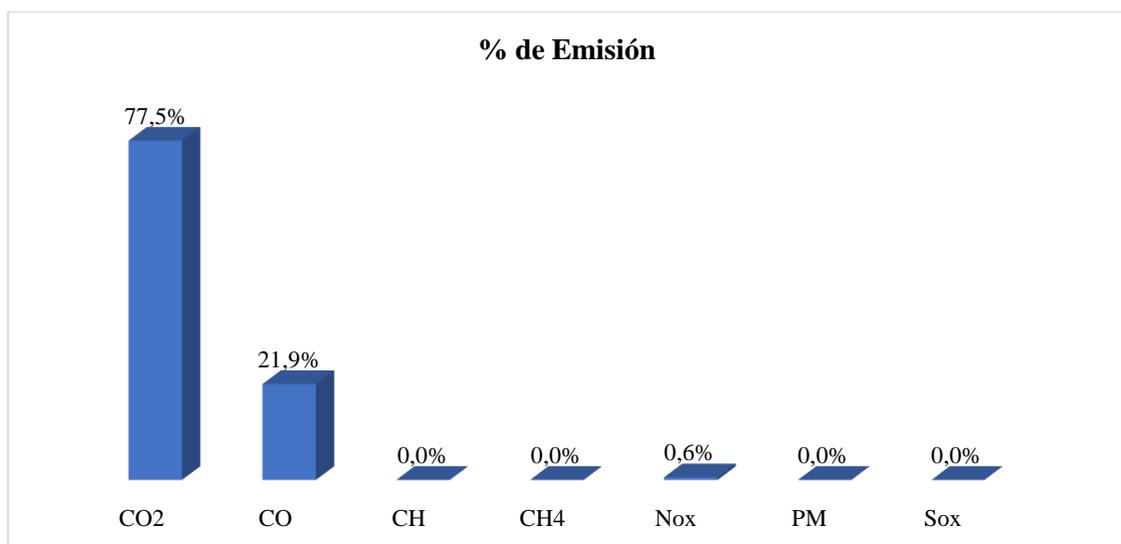
#### 4.6.8 Emisiones Totales

En la Ilustración 4-21 e Ilustración 4-22 presentan una clara diferencia de emisiones al medio ambiente donde el CO<sub>2</sub> es la que supera con creces al resto y también una cantidad considerable de emisión de CO; por tal motivo es aquí donde se debe prestar más importancia para poder reducir estos dos gases que genera el efecto invernadero en el planeta.



**Ilustración 4-21:** Emisiones totales de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)



**Ilustración 4-22:** Emisiones totales de los camiones en estudio a una utilización de capacidad de carga igual al 75% en diferentes tipos de caminos.

Realizado por: (Fiallos, 2023)

Como ya se había mencionado anteriormente, el CO<sub>2</sub> es la mayor emisión contaminante con respecto a las otras sustancias pues representa un 77,51% y 21,89 % de CO, de las emisiones contaminantes que generan los camiones en las nueve semanas de estudio.

Al comparar el coeficiente de CO<sub>2</sub> experimental promedio en el tiempo de estudio es igual a 1097,78 g/km con respecto a la norma establecida por EURO IV que es igual 0,5 g/km. En tal virtud al contrastar estos dos valores la diferencia es grande, por lo tanto, es fundamental poner en marcha un plan de reducción de emisiones.

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPOSITIVO

#### 5.1 Propuesta de un plan de reducción de emisiones

#### 5.2 Estrategias y programas para disminuir el consumo de combustible y de emisiones

Una vez realizada la caracterización de la flota vehicular y los respectivos cálculos de consumo actual de combustible y de las emisiones, es preciso comprender la experiencia de otros países y regiones que han desarrollado programas obligatorios y voluntarios para mejorar el rendimiento energético de estos vehículos.

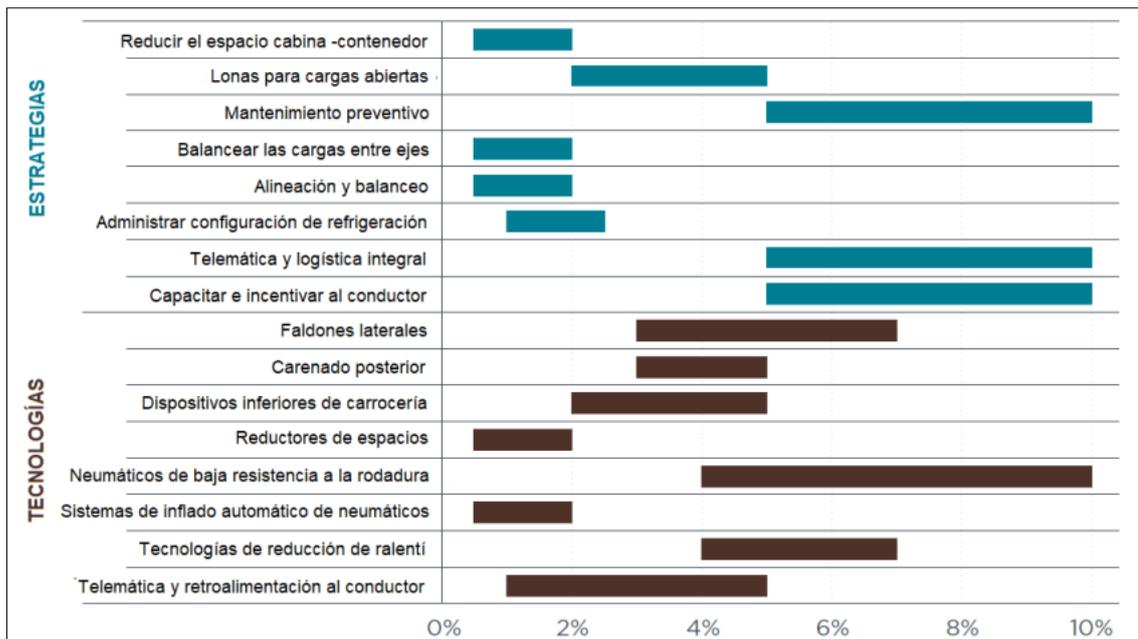
Japón fue uno de los primeros países en establecer estándares de economía de combustible para vehículos pesados como parte del compromiso del país con el Protocolo de Kioto. Estos estándares exigen una mejora del 12% en la economía de combustible para 2015 («Eco-routing: comparing the fuel consumption of different routes between an origin and destination using field test speed profiles and synthetic speed profiles», 2011), por lo que el gobierno japonés optó por medir los ahorros anteriores a través de las siguientes pruebas: consumo de combustible del motor, simulación de cambio de marcha y simulación de carga de resistencia del vehículo.

Estados Unidos y Canadá colaboran para reducir las emisiones contaminantes, implementando regulaciones muy similares a las de Japón. Sin embargo, en sus simulaciones de consumo de combustible, también consideran parámetros adicionales como la eficiencia de los neumáticos, la aerodinámica y la reducción de peso.

En España, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía emitió la “Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera”, con el objeto de difundir a los profesionales de la gestión de flotas de transporte las nociones básicas y procedimientos utilizados para la realización de una gestión más eficiente del combustible, la misma que se encuentra ligada a: 1) Una adecuada planificación de rutas y de vehículos. 2) La utilización de las técnicas de conducción eficiente. 3) Un correcto mantenimiento de los vehículos. 4) La calidad del servicio prestado al cliente. Esta guía destaca que un ahorro del 10% en los costos del combustible puede generar un aumento del beneficio del 31%. En un contexto donde los márgenes de beneficio son estrechos, ese 10% de ahorro puede marcar la diferencia entre tener un negocio rentable o enfrentar pérdidas en la cuenta de resultados. También destaca que la base fundamental para establecer un sistema de gestión de combustible efectivo en las flotas de vehículos industriales

radica en el conocimiento preciso de los consumos de carburante de cada uno de los vehículos (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2016).

En la Ilustración 5-1 se puede apreciar el porcentaje de ahorro de combustible para las estrategias y las tecnologías individuales, el mismo que oscila entre aproximadamente el 1% y el 10%. Cabe destacar que los rangos representan cuándo las tecnologías y estrategias se utilizan adecuadamente. Por ejemplo, las tecnologías aerodinámicas típicas requieren una velocidad mínima para generar ahorros de combustible, y un transportista que opera exclusivamente a bajas velocidades probablemente no lograría el grado de ahorro que se muestra en la figura.



**Ilustración 5-1:** Ahorro de combustible según las tecnologías y estrategias operativas para flotas de camiones.

Fuente: (Sharpe, 2015)

### 5.3 Análisis de los parámetros que serán utilizados en la propuesta

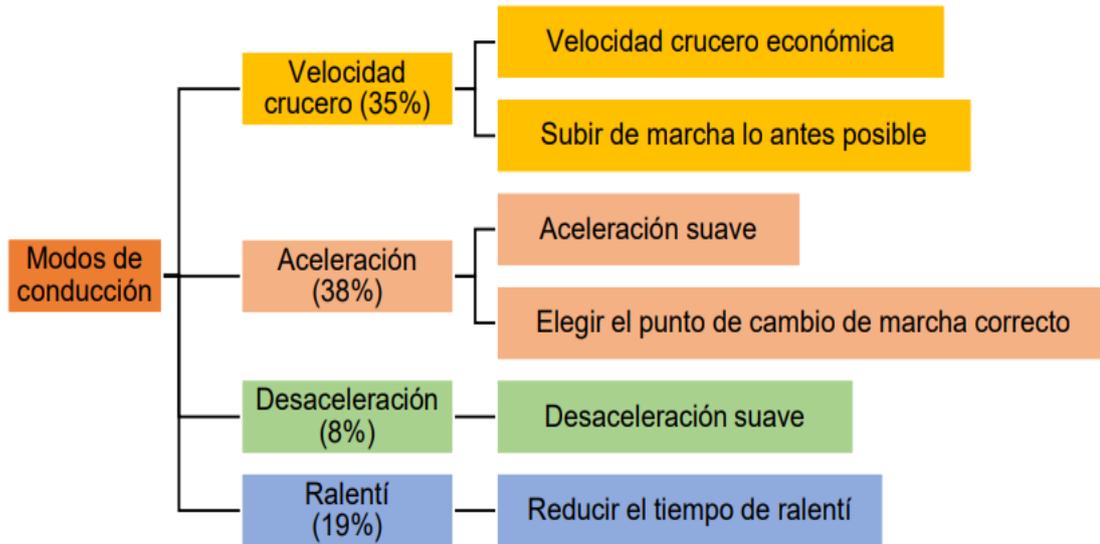
Para determinar los parámetros que serán utilizados en la propuesta, es preciso el análisis de los siguientes factores que influyen en el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub>:

#### a) Conducción eficiente

Aunque el rendimiento de los vehículos está mejorando rápidamente gracias a los avances tecnológicos, el factor humano y sus hábitos de conducción siguen desempeñando un papel decisivo en el consumo de energía. La conducción eficiente permite a los conductores tomar

decisiones estratégicas, tácticas y operativas; esto ayudará a limitar el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> (Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy, 2021).

La conducción eficiente se fundamenta en cuatro aspectos clave: aceleración, desaceleración, velocidad de cruceo (constante) y ralenti. En la Ilustración 5-2 se muestra cómo estos factores impactan en la reducción del consumo de combustible.



**Ilustración 5-2:** La conducción eficiente y la reducción del consumo de combustible.

**Fuente:** (Una descripción general de la teoría de la conducción ecológica, la evaluación de capacidades y las aplicaciones de capacitación, 2021)

En cuanto a la conducción eficiente de vehículos pesados de transporte por carretera, se han llevado a cabo varios estudios en Europa, Asia, Australia y América del Norte, que muestran ahorros en el consumo de combustible del 5% al 40% (Reducing the carbon footprint of freight movement through eco-driving programs for heavy-duty trucks, 2018). En todos estos estudios, los conductores fueron capacitados a través de cursos individuales y grupales, el uso de simuladores y otras técnicas de retroalimentación; y fueron evaluados en pruebas de carretera y simuladores, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 5-1.

**Tabla 5-1:** Ahorro de combustible a través de la conducción eficiente.

Año	Ubicación	Método de capacitación	Contexto de evaluación	Cantidad de conductores	Ahorro de combustible
2005	Reino Unido	Simulador de manejo	Simulador de manejo	> 600	3.5 % inmediatamente después de la capacitación
2007	Estados Unidos	Clases	Circuito de manejo cerrado	36	33.6 a 40.5 % inmediatamente después de la capacitación
2009	Australia	Clases	Ruta real predeterminada	12	27.3 % inmediatamente después de la capacitación; 26.9 % después de 3 meses
2010	Países europeos	Clase seguida de retroalimentaciones mensuales y clase de repaso periódica	Rutas reales	322	9.4 % después de un período de tiempo indeterminado
2011	Estados Unidos	Clases personalizadas y sistema de retroalimentación en tiempo real en el vehículo	Rutas reales	695	13.7 % después de 2 meses
2013	Japón	Clases	Sin información disponible	~3000	8.7 % inmediatamente después de la capacitación
2014	Estados Unidos	Clases personalizadas y devoluciones en tiempo real en el vehículo	Rutas reales	46	2.6 % (5.4 % con incentivos económicos) para cabina litera y 5.2 % (9.9 % con incentivos económico) para cabina corta después de 2 meses

**Fuente:** (Reducing the carbon footprint of freight movement through eco-driving programs for heavy-duty trucks, 2018)

## b) Mantenimiento

Los vehículos pesados de carretera pueden tener algunas deficiencias mecánicas que impiden un funcionamiento óptimo en términos de eficiencia energética y consumo de combustible (McKinnon, y otros, 2015). Con el tiempo, muchos de estos defectos pueden pasar desapercibidos, provocando un desperdicio innecesario de combustible, por lo que es importante cumplir con el

mantenimiento programado prescrito por el fabricante del vehículo, además de estar consciente del aumento en el consumo de combustible que puede ocurrir debido a los siguientes factores:

- **Lubricante.** – La contaminación del aceite con partículas metálicas (óxido) y hollín, la temperatura y el agotamiento del paquete de aditivos provocan un aumento de su viscosidad [66], por lo que se recomienda utilizar aceites sintéticos de baja viscosidad para el motor y para la transmisión, medida que permite ahorros de combustible del 5% y 4% respectivamente (Ang-Olson, y otros).
- **Sistemas de admisión y escape.** - Hay varios componentes en los sistemas de admisión y escape que hacen que el motor funcione de manera eficiente; cuando estos componentes fallan, el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentan. La válvula EGR se encarga de regular la cantidad de gases de escape que recirculan en el colector de admisión, si se mantiene completamente cerrada puede entrar más oxígeno a la cámara de combustión, lo que se traduce en una reducción del 31% en el consumo de combustible en relación al funcionamiento normal de la misma; por el contrario, si la válvula EGR se mantiene completamente abierta, el consumo de combustible y las emisiones de dióxido de carbono aumentarán un 16% y un 15% respectivamente (Impacto de posibles averías del motor en el consumo de combustible y las emisiones gaseosas de un camión diésel Euro VI, 2019).
- **Sistema de refrigeración.** – En el sistema de refrigeración, ciertas fallas pueden surgir debido al mal funcionamiento de sus componentes. Estos problemas pueden dar lugar a sobrecalentamiento, sobre enfriamiento y pérdida de refrigerante, impidiendo que el motor alcance la temperatura óptima de funcionamiento. Esta situación no solo aumenta el consumo de combustible, sino que también puede causar daños permanentes al motor (Denton, 2016). Por ejemplo, si un ventilador eléctrico sigue funcionando debido a un problema en el sensor de temperatura, crea una carga adicional innecesaria, elevando el consumo de combustible en un rango del 8% al 12% (North American Council for Freight Efficiency, 2015).
- **Compresores de aire.** – Una de las principales fallas del sistema de frenos ocurre cuando las líneas de aire (como mangueras, acoplamientos y válvulas) tienen fugas o tienen diafragmas rotos y abrazaderas defectuosas en la cámara de freno; esto hace que el compresor trabaje más de lo habitual para mantener la presión de suministro en el tanque, lo que a su vez da como resultado una vida útil más corta del compresor (Un sistema de diagnóstico para frenos neumáticos en vehículos comerciales, 2006 págs. 360-376). El funcionamiento excesivo del compresor puede resultar en una reducción del 2% en la eficiencia del consumo de combustible (North American Council for Freight Efficiency, 2015).

- **Alineación de ruedas.** – La desalineación de las ruedas puede ocurrir por diversas razones, una de las más comunes es cuando el vehículo es golpeado por un terreno irregular o un bache en el pavimento. La alineación de las ruedas de un vehículo es importante tanto para el consumo de combustible como para el funcionamiento del motor, ya que una desalineación de 1° de los ejes aumenta el consumo de combustible en aproximadamente un 5 % (Department for Transport, 2010), porque el motor tiene que trabajar más para hacer que el vehículo se mueva.
- **Inflado adecuado de los neumáticos.** – Una presión de aire insuficiente provocará un desgaste anormal de los neumáticos, aumentará la resistencia a la rodadura y aumentará el consumo de combustible. Por ejemplo, una caída de 10 psi en la presión de los neumáticos aumentará la resistencia a la rodadura en un 2% y el consumo de combustible entre un 0,5% y un 1,5% (Influencia de la presión de los neumáticos en el combustible, 2019).
- **Filtro de combustible.** – Hoy en día, los sistemas de combustible deben cumplir requisitos más altos, como que los orificios de los inyectores tengan tolerancias de una milésima de pulgada, por lo que, si el filtro se obstruye, las impurezas pueden causar daños a los inyectores, bombas y otros componentes del sistema [34]. Estos daños pueden provocar un aumento en el consumo de combustible del 14 al 21% debido a sensores de presión de inyectores y bombas de combustible defectuosos (Impacto de posibles fallos del motor en el consumo de combustible y las emisiones gaseosas, 2019).
- **Sistemas eléctricos.** – La electricidad generada por los vehículos pesados de carretera proviene del consumo de combustible para alimentar alternadores, el cual se almacena en baterías para su posterior consumo en sistemas auxiliares como aire acondicionado, iluminación, plumaje, etc. Debido al uso constante, se debe cuidar que estén siempre en buen estado para lograr el confort adecuado y garantizar la seguridad de los ocupantes y de terceros. La eficiencia energética en la conversión de energía térmica a eléctrica se reduce al 21% debido a la eficiencia promedio del alternador del 55% y una pérdida adicional del 2% en la transmisión del movimiento del cigüeñal al alternador a través de la banda (Bradfield, 2008). Para mantener esta eficiencia y prevenir su disminución, es crucial llevar a cabo los mantenimientos preventivos recomendados por el fabricante del vehículo. Además, es fundamental estar atentos a posibles fallas en el sistema, ya que cualquier daño presente requerirá que el motor trabaje más duro para compensar las cargas adicionales.
- **Aire acondicionado.** – Este sistema auxiliar representa uno de los mayores consumidores de energía, especialmente en vehículos pesados de carretera, que tienen un consumo promedio de 5,7 litros por cada 100 kilómetros (Un enfoque integrado para el impacto del sistema eléctrico y del

aire acondicionado en el consumo de combustible de los vehículos y el análisis del rendimiento, 2006 págs. 678–86). Por lo tanto, es crucial llevar a cabo inspecciones periódicas y mantenimiento preventivo para evitar el aumento en el consumo mencionado anteriormente. Las fallas más comunes en este sistema que pueden resultar en un mayor consumo de combustible incluyen tuberías bloqueadas o retorcidas, fugas de refrigerante y problemas en las válvulas de expansión y compresores (Denton, 2016).

#### **5.4 Definición de los parámetros y desarrollo del plan de reducción de emisiones**

Luego de realizar una exhaustiva revisión bibliográfica sobre eficiencia energética y reducción de emisiones contaminantes, se han identificado los parámetros más viables y aplicables para la empresa. Estos parámetros comprenden los siguientes aspectos fundamentales:

- Monitoreo del rendimiento del combustible
- Conducción eficiente
- Mantenimiento

##### **5.4.1 *Monitoreo del rendimiento del combustible***

Como se había mencionado anteriormente, el conocimiento preciso de los consumos de carburante de cada uno de los vehículos es esencial para la implementación de estrategias de eficiencia energética y reducción de emisiones contaminantes. Cuanto más preciso y detallado sea el seguimiento del consumo de combustible, mayor será la eficiencia energética que se logrará en la flota.

Por lo tanto, la primera medida a establecer será el monitoreo del rendimiento de combustible, el cual se obtendrá a través de una operación sencilla, la cual consistirá en una división entre el kilometraje recorrido y el consumo de galones. Por lo tanto, se requiere la toma de datos de los kilómetros recorridos y el consumo de combustible diario.

Para la obtención del kilometraje diario cada chofer de cada unidad de transporte realizará el registro de datos a la salida y entrada a la empresa. El registro de datos se llevará a cabo mediante la ficha de monitoreo diario flota kilometraje Tabla 5-2, la misma que contiene el número de placa del camión, nombre del conductor y su kilometraje actual.

**Tabla 5-2:** Ficha de monitoreo diario flota kilometraje.

<div style="text-align: center;"> <b>ARCACONTINENTAL</b>  </div>								
<b>FLOTA KILOMETRAJE DIARIO</b>								
<b>N°</b>		<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Ruta</b>	<b>Placa</b>	<b>Conductor</b>	<b>Kilómetros</b>	<b>Observaciones</b>
1	Entrada							
	Salida							
2	Entrada							
	Salida							
3	Entrada							
	Salida							
4	Entrada							
	Salida							
5	Entrada							
	Salida							
6	Entrada							
	Salida							
7	Entrada							
	Salida							
8	Entrada							
	Salida							
9	Entrada							
	Salida							
10	Entrada							
	Salida							

**Realizado por:** (Fiallos, 2023)

En cuanto al consumo de combustible diario se elaboró una ficha en la cual se ingresará la cantidad de galones comprados por cada chofer para cada vehículo, datos que permitirán identificar con exactitud la cantidad que se ha consumido dentro de un periodo de recorrido. La toma de datos estará a cargo de los guardias de seguridad, quienes recogerán las facturas de consumo y registrarán la información necesaria. La estructura de la ficha se encuentra detallada en la Tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Ficha de registro del consumo de combustible.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>ARCACONTINENTAL</span>  </div>									
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>									
N°	Fecha	Ruta	Placa	Conductor	Tipo de combustible			Cantidad (galones)	Precio
					Extra	Super	Diesel		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Realizado por: (Fiallos, 2023)

#### 5.4.2 *Conducción eficiente*

Como se ha comentado durante el desarrollo de este proyecto, la conducción eficiente en el transporte pesado es un enfoque cada vez más relevante, ya que la aplicación de prácticas relativamente sencillas consigue resultados significativos no sólo en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, sino también en la reducción de los costes operativos pudiendo alargar la vida útil del vehículo. Para aplicar estas prácticas es necesario capacitar a los operadores de transporte en su actitud ante diferentes situaciones de tránsito.

La formación de los conductores es un aspecto clave para que las empresas de transporte ahorren combustible y reduzcan las emisiones de los vehículos. De esta forma, la tripulación realizará los preparativos necesarios para maximizar las posibilidades de utilización de los vehículos de la flota. Este proceso incluirá temas como, las técnicas de la conducción eficiente con un total de 40 horas seguida de retroalimentaciones mensuales y clase de repaso periódica. En la Tabla 5-4, se detalla los contenidos de la capacitación.

**Tabla 5-4:** Técnicas de la conducción eficiente.

<b>Temas</b>	<b>Tiempo planificado (horas)</b>	<b>Nº de personas</b>
El arranque del motor y la iniciación de marcha	4	
Primera relación entre marchas	4	
Realización de los cambios de marchas	4	
Saltos de marchas	5	
Selección de la marcha de la circulación	3	
Velocidad uniforme de circulación	3	
Aceleraciones	3	
Deceleraciones	3	
Paradas	2	
Previsión y anticipación	3	
Circunstancias exigentes	3	
Ralentí	3	
Total, de horas de capacitación	40	

**Realizado por:** (Fiallos, 2023)

También se establecerán rutinas de revisión por parte del conductor antes de emprender el viaje. Esto incluye verificar los niveles de líquidos, como el aceite del motor y la dirección, el refrigerante, el líquido de frenos y revisar el estado y la presión de inflado de los neumáticos.

### **5.4.3 *Mantenimiento de la flota vehicular***

El correcto mantenimiento de la flota es clave para su funcionamiento, puesto que afecta la seguridad del vehículo, la disponibilidad y el consumo de combustible. El mantenimiento inadecuado o insuficiente del vehículo puede afectar directamente a un mayor consumo de combustible y en caso de no ser corregido, puede provocar fallas mecánicas que incrementen los costes.

Además, considerando la literatura citada anteriormente referente a la reducción de emisiones y eficiencia energética se plantea diversos procedimientos que van desde revisiones diarias, semanales y el plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

A continuación, se detallan algunas actividades que deben realizar los conductores, las cuales permiten un control de forma eficaz del vehículo, para el correcto check list de estas actividades se elaboraron fichas tanto para las revisiones diarias y semanales Tabla 5-5 y Tabla 5-6:

### Revisiones diarias

**Tabla 5-5:** Ficha de revisión diaria vehicular.

ARCACONTINENTAL						
						
REVISIÓN DIARIA VEHICULAR						
Conductor:						
Placa:						
Actividades	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Observaciones
Limpieza del vehículo						
Revisión del nivel de refrigerante						
Revisión del nivel de agua en las plumas						
Revisión del nivel de líquido de frenos						
Revisión del nivel líquido hidráulico						
Revisión del nivel de electrolito de la batería						
Revisión de la presión de los neumáticos						
Fugas de cárter						
Fugas de dirección						
Fugas mangueras de frenos						
Fugas de combustible						
Fugas agua						
Luces interiores y exteriores						
Estabilidad del motor						
Temperatura de funcionamiento del motor						
Sonidos extraños						

Realizado por: (Fiallos, 2023)

## Revisiones semanales

**Tabla 5-6:** Ficha de revisión semanal vehicular.

ARCACONTINENTAL				
				
REVISIÓN SEMANAL VEHICULAR				
<b>Fecha:</b>				
<b>Conductor:</b>				
<b>Placa:</b>				
<b>Km inicio:</b>			<b>Km final:</b>	
N°	Actividades	Sin novedades	Con novedades	Especifique
1	Fugas			
	Circuito de refrigeración			
	Circuito de alimentación			
	Circuito de frenos			
	Circuito de embrague			
	Circuito de lubricación			
	Circuito de transmisión			
	Circuito de dirección			
	Revisión debajo del vehículo			
2	Aflojamientos			
	Elementos del motor			
	Terminales de cables			
	Correa del ventilador			
	Tuberías			
	Ruedas			
	Tapa del radiador y depósitos			
3	Presión de inflado (uso de manómetro)			
	Estado de la superficie de rodadura			
	Elementos extraños incrustados			

Realizado por: (Fiallos, 2023)

### a) Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo comprende una serie de operaciones realizadas de forma regular, las mismas que se ejecutan antes de una avería. Para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo de vehículos, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros: kilometraje, el tiempo de trabajo y las recomendaciones detalladas por el fabricante en el manual técnico. En la Tabla 5-7, se describe cada una de las actividades del plan de mantenimiento preventivo.

**Tabla 5-7:** Plan de mantenimiento preventivo.

ARCACONTINENTAL					
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>					
<b>Fecha:</b>					
<b>Placa:</b>					
<b>Actividades</b>	I: inspeccionar L: Lubricar		C: Cambiar D: Drenar		
	<b>I</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>D</b>	
ABC Frenos					
Alineación, balanceo y rotación					
Árbol de transmisión y crucetas					
Banda de accesorios					
Baterías					
Calibración de válvulas					
Cambiar aceite de caja de cambios					
Cambiar aceite diferencial					
Cambiar aceite y filtro de motor					
Cañerías, acoples, uniones					
Colador de la bomba de inyección					
Dirección					
Engrase general					
Filtro de aire					
Filtro de combustible					
Fugas de fluido					
Limpieza de inyectores					
Limpieza de tanques de combustibles					
Marcha mínima del motor y desarrollo					
Medición de la compresión del motor					
Neumáticos					
Nivel de fluidos					
Reajuste general					
Rodamientos, cubos de ruedas, ejes					
Separador de agua					
Sistema de escape					
Suspensión					
Tanque de combustible					
Tiempo de inyección					

**Fuente:** (Padilla, 2018)

**Realizado por:** (Fiallos, 2023)



## 5.5 Estimación de resultados establecidos en el plan

En la Tabla 5-9 se muestran los valores de consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> que se obtendrían al aplicar las recomendaciones del plan propuesto para la reducción de emisiones, sobre un promedio de 53.62 galones de combustible que se consume en una semana por vehículo, lo cual genera 531.79 kg de CO<sub>2</sub>.

Una de las estrategias más efectivas y de fácil implementación para reducir el consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> es promover la conducción eficiente mediante la capacitación de los conductores. Esta iniciativa tiene el poder de influir directamente en la actitud del conductor, lo que podría llevar a aprovechar al máximo el potencial de ahorro en cuatro aspectos clave: velocidad de cruce, aceleración, desaceleración y ralentí. Además de contribuir significativamente a la reducción de emisiones, esta práctica también tiene el beneficio adicional de prolongar la vida útil de los vehículos.

Desde un punto de vista económico, es posible lograr un ahorro que oscila entre 8.82 \$ por unidad por semana, tras capacitar al conductor, y un máximo de 35.66 \$ por unidad por semana al mejorar la forma en que se aplica el acelerador durante la conducción.

**Tabla 5-9:** Disminución del consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Alternativas propuestas	% De reducción de combustible	Ahorro Combustible (gal)	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> (Kg)	Ahorro (\$)	
<b>Capacitación del conductor</b>					
Conducción eficiente	Clase seguida de retroalimentaciones mensuales y clases de repaso periódicas	9.4	5.040	49.99	8.82
	<b>Modos de conducción</b>				
	Velocidad cruce	35.00	18.77	186.13	32.84
	Aceleración	38.00	20.38	202.08	35.66
	Desaceleración	8.00	4.29	42.54	7.51
Ralentí	19.00	10.19	101.04	17.83	

Realizado por: (Fiallos, 2023)

En cuanto al mantenimiento en sí, no contribuye directamente a la reducción del consumo de combustible ni a la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. No obstante, su ausencia puede provocar un aumento en el consumo de combustible debido al mal funcionamiento de los diversos sistemas automotrices. Esto se traduce en un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que subraya la importancia crucial del mantenimiento adecuado para mitigar el impacto ambiental de los vehículos Tabla 5-10. Cabe destacar que al igual que en tabla anterior se trabajó sobre el dato promedio de galones de combustible que se consume en una semana por vehículo, y los kilogramos de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 5-10:** Incremento del consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Alternativas propuestas		% De incremento de combustible	Incremento de combustible (gal)	Incremento de emisiones de CO <sub>2</sub> (Kg)	Incremento (\$)
Mantenimiento	Lubricantes de baja viscosidad motor	5	2.68	26.59	4.69
	Lubricantes de baja viscosidad transmisión	4	2.14	21.27	3.75
	Sistemas de admisión y escape	31	16.62	164.85	29.09
	Filtro de combustible	14	7.51	74.45	13.14
	Presión de aire en los neumáticos	1.5	0.80	7.98	1.41
	Alineación de ruedas	5	2.68	26.59	4.69
	Compresores de aire	2	1.07	10.64	1.88
	Sistema de refrigeración	8	4.29	42.54	7.51
Total					66.15

Realizado por: (Fiallos, 2023)

En términos económicos, esto implicaría un gasto adicional de 66.15 \$ en la compra de combustible por semana y por cada vehículo. Este aumento tendría un impacto directo en la rentabilidad de la empresa, dado que este rubro representa el 29,4% de los costos operativos totales.

## CAPÍTULO V

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- En cuanto al análisis y tabulación de las variables de 14 camiones Hino DIESEL 2020, correspondientes a una muestra de la empresa ARCA CONTINENTAL sede Riobamba-Ecuador, se obtuvieron datos como: tiempo, coordenadas geográficas, velocidad, aceleración y posición de los vehículos en 3D.
- Con el análisis del consumo de combustible en ruta se concluye que la muestra en estudio consume Diesel, un promedio semanal de 202,97 litros; un mensual de 811,89 litros y un consumo anual de 10 554,54 litros. Valores conseguidos considerando la utilización de la capacidad de carga (LCU) al 75%, para caminos de tipo primer orden un  $LCU= 0,401 \frac{l}{km}$ ; segundo orden un  $LCU= 0,433 \frac{l}{km}$  y de tercer orden un  $LCU= 0,423 \frac{l}{km}$ .
- Mediante el análisis de datos, se concluye que los vehículos de carga en las nueve semanas de estudio, emiten al medio ambiente: CO =0,15 Ton; CO<sub>2</sub>= 0,532Ton; CH=  $1,5 * 10^{-5}$  Ton; CH<sub>4</sub>=  $3 * 10^{-7}$  Ton; NO<sub>x</sub>= 0,004 Ton; PM=  $2,44 * 10^{-5}$  Ton y SO<sub>x</sub>=  $2,44 * 10^{-6}$  Ton. Variables cuantificadas en función de la utilización de la capacidad de carga al 75% y los límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres.
- En el análisis de emisiones al medio ambiente se concluye que Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>, es la sustancia que representa un porcentaje del 77,51% y un CO igual a 21,89; el resto de sustancias de emisión apenas suman un total de 0,6% del total.
- Se elaboró un plan de reducción de emisiones que involucra tres aspectos claves: el monitoreo del rendimiento del combustible, la conducción eficiente y el mantenimiento permitiendo a la empresa ARCA CONTINENTAL realizar una gestión eficiente del combustible, menores costes y poseerla como una empresa con una producción sostenible y amigable con el medio ambiente. Bajo estos lineamientos y siguiendo planes ya comprobados y descritos en el apartado del plan de reducción es posible lograr un ahorro que oscila entre 8.82 \$ por unidad por semana, tras capacitar al conductor, y un máximo de 35.66 \$ por unidad por semana al mejorar la forma en que se aplica el acelerador durante la conducción.

## 6.2 Recomendaciones

- Se debería realizar una toma de datos experimentales de las emanaciones contaminantes al medio ambiente, para contrastar con el análisis cuantitativo calculado en base los límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres de carretera clasificadas como vehículos pesados con motor de encendido por compresión en prueba dinámica, evaluados mediante ciclos de la Unión Europea (ESC, ETC y ELR) y de esta manera tener resultados más confiables.
- Se recomienda tener una base de datos de un mínimo de 5 años para poder realizar un análisis de resultados que revele mayor y menor consumo de combustible dependiendo del mes. Variable que podrá relacionarse con temas políticos y estaciones del año, con la finalidad de realizar un plan reducción de emisiones de mayor alcance, con el objetivo proteger más el medio ambiente.
- El plan de reducción de emisiones se debería implementar en las empresas de transporte ya que beneficiará en el aspecto económico y social y ambiental.
- Es altamente recomendable que la empresa Arca Continental contemple la adopción de un sistema de telemetría como una herramienta esencial para recabar información precisa sobre sus vehículos. Este sistema abarca aspectos cruciales como la ubicación y velocidad de los vehículos, el comportamiento del conductor, el consumo de combustible, el mantenimiento requerido y otros elementos clave, brindando de esa manera una visión exhaustiva y detallada del rendimiento y estado de cada vehículo dentro de la flota.
- Se sugiere llevar a cabo un segundo estudio que dé continuidad a la investigación actual. Este nuevo análisis debería centrarse en la obtención de datos precisos y en tiempo real para garantizar la actualización y relevancia de la información recopilada.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ARC. 2021.** Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. [En línea] [Consulta: 5 abril 2023]: Disponible en: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/precios-combustibles/>.
2. **Barriga G., Felipe y Fernández R., Melina. 2018.** *Determinación del consumo de combustible en vehículos con ciclos de conducción EPA FT74 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis.* . Cuenca : UNIVERSIDAD DEL AZUAY, 2018.
3. **Cárdenas, Andrés. 2021.** *ANÁLISIS DE EMISIONES CONTAMINANTES Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE A DIFERENTES PROPORCIONES Y MARCAS DE ACEITES LUBRICANTES PARA MOTORES DE DOS TIEMPOS EMPLEANDO GASOLINA EXTRA Y SUPER.* Riobamba : Espoch, 2021.
4. **Continental, Arca. 2021.** ARCACONTAL. ARCACONTAL. [En línea] [Consulta: 10 abril 2023]: Disponible en: <https://www.arcacontal.com/>.
5. **Cornejo, Andrés. 2018.** *Medición y análisis huella carbono para la distribución de la empresa Arca Continental Ecuador.* Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., Julio de 2018.
6. **Dzul, Maricela. 2019.** *Aplicación básica de los métodos científicos: Diseño no experimental.* Hidalgo : Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2019.
7. **Fabbri, María. 2019.** Las técnicas de investigación: la observación. [En línea] [Consulta: 25 abril 2023]: Disponible en: <http://institutocienciashumanas.com/wp-content/uploads/2020/03/Las-t%C3%A9cnicas-de-investigaci%C3%B3n.pdf>.
8. **Hernández Sampieri, Roberto. 2014.** *AMPLIACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LOS MÉTODOS MIXTOS.* México, : McGraw Hill Education, 2014.
9. **Minett, C. F., y otros. 2011.** *Eco-routing: comparing the fuel consumption of different routes between an origin and destination using field test speed profiles and synthetic speed profiles.* 1, s.l. : Foro IEEE Sisteas de Transporte Integrados y Sostenibles, 2011, Vol. 1. 10.1109/FISTS.2011.5973621.
10. **Montero M., Pedro. 2020.** *Análisis de las propiedades de la gasolina Súper y Ecopaís comercializada en la ciudad de Guayaquil al ser mezclado con un aditivo.* Guayaquil : UIDE, 2020.

11. **Nieto, Nicomedes. 2018.** *TIPOS DE INVESTIGACIÓN*. Huarochirí : Universidad Santo Domingo de Guzmán, 2018.
12. **NTE INEN 2 203:2000. 2000.** *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RELANTI" PRUEBA ESTÁTICA*. Quito : s.n., 2000.
13. **Padilla, César. 2018.** Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural de la ciudad de Cañar. *Tesis pregrado Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*. [En línea] [Consulta: 5 mayo 2023]: Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3268>.
14. **PETROECUADOR, EP. 2022.** *Plan implementación nuevas gasolinas*. Quito : s.n., 2022.
15. **Quizhpilema, Luis. 2021.** *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GASOLINA) EN DISTINTAS MARCAS DE VEHÍCULOS CON SIMILAR CILINDRAJE*”. Riobamba : Espoch, 2021.
16. **SAEJ1321:2012. 2012.** *Fuel Consumption Test Procedure*. 2012.
17. **Saiz, Rosario. 2018.** *TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN*. [En línea] [Consulta: 5 junio 2023]: Disponible en: <https://administracionpublicauba.files.wordpress.com/2016/03/tecnicas-de-analisis-de-informacion.pdf>.
18. **Sanchez, Raul. 2019.** “DISEÑO DE UN PLAN ESTRATÉGICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DEL TALLER AUTOMOTRIZ DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ, EN FUNCIÓN DE LOS MANTENIMIENTOS QUE SE DEBEN REALIZAR AL PARQUE AUTOMOTOR DE LA ESPOCH. *Tesis de pregrado Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*. [En línea] [Consulta: 16 junio 2023]: Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13470>.
19. **Sharpe, B. 2015.** *Green freight programs and technology verification*. Washington, DC : The International Council on Clean Transportation, 2015.

20. **Toledo M., David. 2016.** *Estudio de contaminación de motocicletas de 4 tiempos en la ciudad de Cuenca.* Cuenca : UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2016.
21. **Vásquez, Isabel. 2019.** Tipos de estudio y métodos de investigación. *Gestiopolis.* [En línea] [Consulta: 5 junio 2023]: Disponible en: <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tipos-de-estudio-y-m%C3%A9todos-de-investigaci%C3%B3n.pdf>.



# ANEXOS

## ANEXO A: CONSUMO COMBUSTIBLE VELOCIDAD MÁXIMA 50KM/H CAMINO TERCER ORDEN

Vehicle type		Fuel / engine combination	Fuel Consumption [l/km]					
NTM notation	ARTEMIS notation		Freeflow		Saturated		Stop+Go	
			LCU		LCU		LCU	
		0%	100%	0%	100%	0%	100%	
Small lorry/truck	Truck <7,5t	Diesel, 80-ties	0.148	0.166	0.191	0.216	0.297	0.315
		Diesel, Euro 1	0.110	0.132	0.145	0.174	0.220	0.240
		Diesel, Euro 2	0.103	0.125	0.135	0.163	0.198	0.217
		Diesel, Euro 3	0.111	0.133	0.146	0.174	0.219	0.235
		Diesel, Euro 4	0.104	0.126	0.139	0.165	0.212	0.227
		Diesel, Euro 5	0.106	0.128	0.141	0.168	0.217	0.233
Medium lorry/truck	Truck 7,5-12t + 12-14t	Diesel, 80-ties	0.203	0.248	0.307	0.367	0.526	0.567
		Diesel, Euro 1	0.165	0.218	0.249	0.316	0.410	0.453
		Diesel, Euro 2	0.156	0.209	0.231	0.300	0.371	0.415
		Diesel, Euro 3	0.168	0.221	0.249	0.317	0.416	0.452
		Diesel, Euro 4	0.158	0.208	0.235	0.299	0.397	0.431
		Diesel, Euro 5	0.162	0.212	0.241	0.305	0.409	0.443
Large lorry/truck	Truck 14-20t + 20-26t	Diesel, 80-ties	0.298	0.392	0.469	0.591	0.845	0.922
		Diesel, Euro 1	0.237	0.337	0.371	0.500	0.639	0.720
		Diesel, Euro 2	0.225	0.327	0.346	0.477	0.580	0.663
		Diesel, Euro 3	0.241	0.341	0.371	0.498	0.656	0.719
		Diesel, Euro 4	0.226	0.319	0.349	0.467	0.620	0.679
		Diesel, Euro 5	0.231	0.324	0.357	0.476	0.637	0.697
Tractor + "city-trailer"	TT/AT 14-20+20-28	Diesel, 80-ties	0.296	0.432	0.463	0.635	0.798	0.900
		Diesel, Euro 1	0.253	0.391	0.394	0.567	0.661	0.768
		Diesel, Euro 2	0.236	0.376	0.358	0.535	0.562	0.676
		Diesel, Euro 3	0.252	0.388	0.382	0.555	0.631	0.724
		Diesel, Euro 4	0.235	0.363	0.359	0.519	0.595	0.682
		Diesel, Euro 5	0.240	0.369	0.367	0.529	0.613	0.701
Lorry/truck + trailer	TT/AT 28-34 + 34-40	Diesel, 80-ties	0.332	0.537	0.517	0.778	0.879	1.032
		Diesel, Euro 1	0.281	0.482	0.437	0.692	0.723	0.879
		Diesel, Euro 2	0.267	0.471	0.405	0.666	0.637	0.799
		Diesel, Euro 3	0.283	0.483	0.430	0.685	0.713	0.849
		Diesel, Euro 4	0.264	0.449	0.403	0.638	0.671	0.795
		Diesel, Euro 5	0.270	0.457	0.412	0.649	0.691	0.816
Tractor + semi-trailer	TT/AT 28-34 + 34-40	Diesel, 80-ties	0.332	0.537	0.517	0.778	0.879	1.032
		Diesel, Euro 1	0.281	0.482	0.437	0.692	0.723	0.879
		Diesel, Euro 2	0.267	0.471	0.405	0.666	0.637	0.799
		Diesel, Euro 3	0.283	0.483	0.430	0.685	0.713	0.849
		Diesel, Euro 4	0.264	0.449	0.403	0.638	0.671	0.795
		Diesel, Euro 5	0.270	0.457	0.412	0.649	0.691	0.816
Tractor + MEGA-trailer	TT/AT 40-50t	Diesel, 80-ties	0.368	0.677	0.570	0.965	0.960	1.196
		Diesel, Euro 1	0.307	0.602	0.476	0.851	0.777	1.012
		Diesel, Euro 2	0.296	0.596	0.451	0.833	0.713	0.952
		Diesel, Euro 3	0.312	0.608	0.477	0.850	0.797	1.000
		Diesel, Euro 4	0.292	0.565	0.447	0.790	0.749	0.934
		Diesel, Euro 5	0.298	0.574	0.458	0.805	0.772	0.958
Lorry/Truck + Semi-trailer	TT/AT 50-60t	Diesel, 80-ties	0.427	0.841	0.659	1.185	1.092	1.403
		Diesel, Euro 1	0.357	0.745	0.549	1.042	0.879	1.189
		Diesel, Euro 2	0.343	0.736	0.519	1.021	0.805	1.118
		Diesel, Euro 3	0.360	0.747	0.547	1.038	0.894	1.167
		Diesel, Euro 4	0.338	0.696	0.515	0.968	0.844	1.092
		Diesel, Euro 5	0.346	0.709	0.529	0.988	0.872	1.123

**ANEXO B: CONSUMO COMBUSTIBLE VELOCIDAD MÁXIMA 50-80KM/H CAMINO  
2DO ORDEN**

Vehicle type		Fuel Consumption [l/km]						
NTM notation	ARTEMIS notation	Fuel / engine combination	Freeflow		Saturated		Stop+Go	
			LCU 0%	LCU 100%	LCU 0%	LCU 100%	LCU 0%	LCU 100%
Small lorry/truck	Truck <7,5t	Diesel, 80-ties	0.133	0.155	0.185	0.212	0.306	0.324
		Diesel, Euro 1	0.108	0.133	0.143	0.174	0.227	0.248
		Diesel, Euro 2	0.103	0.129	0.133	0.165	0.205	0.225
		Diesel, Euro 3	0.109	0.135	0.143	0.175	0.224	0.240
		Diesel, Euro 4	0.103	0.127	0.136	0.166	0.218	0.234
Medium lorry/truck	Truck 7,5-12t + 12-14t	Diesel, Euro 5	0.105	0.129	0.138	0.169	0.223	0.240
		Diesel, 80-ties	0.195	0.253	0.292	0.358	0.541	0.581
		Diesel, Euro 1	0.167	0.229	0.242	0.316	0.424	0.468
		Diesel, Euro 2	0.160	0.223	0.227	0.302	0.383	0.429
		Diesel, Euro 3	0.169	0.232	0.241	0.317	0.425	0.463
Large lorry/truck	Truck14-20t + 20-26t	Diesel, Euro 4	0.159	0.217	0.228	0.298	0.407	0.442
		Diesel, Euro 5	0.162	0.221	0.233	0.304	0.419	0.455
		Diesel, 80-ties	0.280	0.398	0.441	0.578	0.871	0.948
		Diesel, Euro 1	0.233	0.352	0.357	0.500	0.662	0.747
		Diesel, Euro 2	0.225	0.346	0.335	0.481	0.602	0.688
Tractor + "city-trailer"	TT/AT 14-20+20-28	Diesel, Euro 3	0.236	0.356	0.354	0.498	0.671	0.739
		Diesel, Euro 4	0.221	0.330	0.334	0.465	0.637	0.699
		Diesel, Euro 5	0.225	0.336	0.341	0.474	0.655	0.718
		Diesel, 80-ties	0.283	0.448	0.434	0.625	0.805	0.907
		Diesel, Euro 1	0.249	0.406	0.376	0.564	0.670	0.779
Lorry/truck + trailer	TT/AT 28-34 + 34-40	Diesel, Euro 2	0.236	0.397	0.346	0.537	0.571	0.687
		Diesel, Euro 3	0.248	0.405	0.365	0.554	0.632	0.729
		Diesel, Euro 4	0.230	0.376	0.342	0.516	0.599	0.688
		Diesel, Euro 5	0.235	0.382	0.350	0.526	0.616	0.707
		Diesel, 80-ties	0.322	0.571	0.496	0.789	0.906	1.063
Tractor + semi-trailer	TT/AT 28-34 + 34-40	Diesel, Euro 1	0.281	0.514	0.427	0.708	0.749	0.912
		Diesel, Euro 2	0.270	0.508	0.399	0.686	0.660	0.829
		Diesel, Euro 3	0.282	0.515	0.418	0.702	0.729	0.874
		Diesel, Euro 4	0.262	0.477	0.392	0.651	0.689	0.820
		Diesel, Euro 5	0.267	0.485	0.400	0.662	0.709	0.841
Tractor + MEGA-trailer	TT/AT 40-50t	Diesel, 80-ties	0.322	0.571	0.496	0.789	0.906	1.063
		Diesel, Euro 1	0.281	0.514	0.427	0.708	0.749	0.912
		Diesel, Euro 2	0.270	0.508	0.399	0.686	0.660	0.829
		Diesel, Euro 3	0.282	0.515	0.418	0.702	0.729	0.874
		Diesel, Euro 4	0.262	0.477	0.392	0.651	0.689	0.820
Lorry/Truck + Semi-trailer	TT/AT 50-60t	Diesel, Euro 5	0.267	0.485	0.400	0.662	0.709	0.841
		Diesel, 80-ties	0.355	0.724	0.549	0.987	0.992	1.234
		Diesel, Euro 1	0.307	0.644	0.466	0.878	0.808	1.053
		Diesel, Euro 2	0.299	0.644	0.443	0.863	0.740	0.990
		Diesel, Euro 3	0.310	0.649	0.463	0.877	0.816	1.034
		Diesel, Euro 4	0.288	0.602	0.434	0.813	0.771	0.966
		Diesel, Euro 5	0.294	0.611	0.444	0.828	0.795	0.991
		Diesel, 80-ties	0.415	0.898	0.635	1.220	1.128	1.449
		Diesel, Euro 1	0.358	0.795	0.539	1.078	0.914	1.238
		Diesel, Euro 2	0.348	0.794	0.513	1.064	0.835	1.163
		Diesel, Euro 3	0.360	0.800	0.534	1.076	0.915	1.209
		Diesel, Euro 4	0.336	0.745	0.503	1.001	0.869	1.131
		Diesel, Euro 5	0.343	0.760	0.516	1.021	0.898	1.162

**ANEXO C: CONSUMO COMBUSTIBLE VELOCIDAD MÁXIMA 70-90 KM/H CAMINO  
PRIMER ORDEN**

Vehicle type		Fuel / engine combination	Fuel Consumption [l/km]					
NTM notation	ARTEMIS notation		Freeflow		Saturated		Stop+Go	
			LCU		LCU		LCU	
		0%	100%	0%	100%	0%	100%	
Small lorry/truck	Truck <7,5t	Diesel, 80-ties	0.128	0.146	0.145	0.168	0.281	0.299
		Diesel, Euro 1	0.106	0.126	0.117	0.144	0.206	0.224
		Diesel, Euro 2	0.102	0.123	0.111	0.138	0.185	0.203
		Diesel, Euro 3	0.108	0.128	0.118	0.145	0.209	0.224
		Diesel, Euro 4	0.101	0.121	0.111	0.136	0.200	0.215
Medium lorry/truck	Truck 7,5-12t + 12-14t	Diesel, Euro 5	0.103	0.122	0.113	0.139	0.205	0.220
		Diesel, 80-ties	0.178	0.224	0.221	0.282	0.498	0.540
		Diesel, Euro 1	0.154	0.202	0.188	0.254	0.384	0.425
		Diesel, Euro 2	0.149	0.197	0.179	0.246	0.347	0.388
		Diesel, Euro 3	0.156	0.205	0.190	0.256	0.400	0.431
Large lorry/truck	Truck14-20t + 20-26t	Diesel, Euro 4	0.147	0.192	0.178	0.238	0.378	0.409
		Diesel, Euro 5	0.149	0.195	0.182	0.243	0.390	0.421
		Diesel, 80-ties	0.246	0.338	0.326	0.448	0.796	0.872
		Diesel, Euro 1	0.205	0.297	0.270	0.394	0.594	0.670
		Diesel, Euro 2	0.198	0.292	0.258	0.383	0.539	0.616
Tractor + "city-trailer"	TT/AT 14-20+20-28	Diesel, Euro 3	0.207	0.299	0.272	0.396	0.629	0.683
		Diesel, Euro 4	0.194	0.279	0.254	0.366	0.587	0.641
		Diesel, Euro 5	0.198	0.283	0.259	0.373	0.604	0.658
		Diesel, 80-ties	0.244	0.372	0.326	0.496	0.746	0.843
		Diesel, Euro 1	0.214	0.336	0.286	0.451	0.612	0.710
Lorry/truck + trailer	TT/AT 28-34 + 34-40	Diesel, Euro 2	0.204	0.329	0.269	0.435	0.517	0.621
		Diesel, Euro 3	0.214	0.335	0.282	0.447	0.600	0.679
		Diesel, Euro 4	0.200	0.313	0.262	0.413	0.560	0.637
		Diesel, Euro 5	0.203	0.318	0.268	0.419	0.577	0.655
		Diesel, 80-ties	0.276	0.469	0.370	0.627	0.828	0.974
Tractor + semi-trailer	TT/AT 28-34 + 34-40	Diesel, Euro 1	0.240	0.420	0.324	0.566	0.673	0.816
		Diesel, Euro 2	0.232	0.416	0.308	0.555	0.593	0.741
		Diesel, Euro 3	0.241	0.421	0.322	0.565	0.685	0.801
		Diesel, Euro 4	0.225	0.392	0.299	0.521	0.637	0.749
		Diesel, Euro 5	0.229	0.398	0.305	0.529	0.656	0.769
Tractor + MEGA-trailer	TT/AT 40-50t	Diesel, 80-ties	0.276	0.469	0.370	0.627	0.828	0.974
		Diesel, Euro 1	0.240	0.420	0.324	0.566	0.673	0.816
		Diesel, Euro 2	0.232	0.416	0.308	0.555	0.593	0.741
		Diesel, Euro 3	0.241	0.421	0.322	0.565	0.685	0.801
		Diesel, Euro 4	0.225	0.392	0.299	0.521	0.637	0.749
Lorry/Truck + Semi-trailer	TT/AT 50-60t	Diesel, Euro 5	0.229	0.398	0.305	0.529	0.656	0.769
		Diesel, 80-ties	0.304	0.591	0.408	0.791	0.899	1.123
		Diesel, Euro 1	0.261	0.524	0.352	0.705	0.719	0.933
		Diesel, Euro 2	0.255	0.524	0.340	0.700	0.661	0.878
		Diesel, Euro 3	0.264	0.527	0.354	0.707	0.761	0.935
		Diesel, Euro 4	0.246	0.491	0.329	0.652	0.707	0.873
		Diesel, Euro 5	0.251	0.498	0.336	0.663	0.729	0.896
		Diesel, 80-ties	0.354	0.732	0.474	0.983	1.023	1.315
		Diesel, Euro 1	0.304	0.645	0.409	0.870	0.813	1.093
		Diesel, Euro 2	0.296	0.642	0.395	0.863	0.746	1.029
		Diesel, Euro 3	0.305	0.646	0.410	0.870	0.854	1.085
		Diesel, Euro 4	0.286	0.605	0.382	0.805	0.797	1.018
		Diesel, Euro 5	0.291	0.616	0.391	0.820	0.824	1.047

ANEXO D: CARACTERÍSTICAS DIESEL MK1

FUEL DATA		Diesel MK1 Sweden (incl. 5% FAME)	Diesel Europe Low sulphur	Petrol MK1 Sweden (incl. 5% ethanol)	Petrol Europe
<b>Calorific Value</b> (specific energy, heat energy, or heat of combustion)	[MJ/l]	35.3	35.8	32.2	32.8
	[MJ/kg] Reference	43.3	43.1 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a> (MK3)	43.4	43.6 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a> (MK3)
<b>Energy content</b> with renewable origin	[MJ/l]	0	0	1.1	0
<b>Energy content</b> with fossil origin	[MJ/l] Reference	35.3 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a> (MK3)	35.8 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a> (MK3)	31.1 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a> (MK3)	32.8 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a> (MK3)
<b>CO<sub>2</sub> Total</b>	[kg/l] Reference	2.54 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a>	2.62 ARTEMIS	2.32	2.34 ARTEMIS
<b>CO<sub>2</sub> Fossil</b>	[kg/l] Reference	2.41 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a>	2.62 ARTEMIS	2.24	2.34 ARTEMIS
<b>CO<sub>2</sub> Total</b>	[kg/kg fuel] Reference	3.12 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a>	3.15 ARTEMIS	3.02	3.15 ARTEMIS
<b>Sulphur content</b>	[ppm-weight] Reference	2.0 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a>	5.0 ARTEMIS	8.0	8.0 ARTEMIS
	[%-weight] Reference	0.0002%	0.0005% ARTEMIS	0.0008%	0.0008% ARTEMIS
<b>Aromatic HC (max)</b>	[%-vol] Reference	5	15 ARTEMIS	35	37 ARTEMIS
<b>SO<sub>2</sub></b>	[g/l] Reference	0.0033	0.0083 ARTEMIS	0.0119	0.0119 ARTEMIS
	[g/kg] Reference	0.0040	0.01 ARTEMIS	0.016	0.016 ARTEMIS
<b>Density (at +15° C)</b>	[kg/l] Reference	0.815 <a href="http://www.spi.se">www.spi.se</a>	0.830 ARTEMIS	0.742	0.742 ARTEMIS

## ANEXO E: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN

**Tabla 19.** Límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres de carretera clasificadas como vehículos pesados con motor de encendido por compresión en prueba dinámica, evaluados mediante ciclos de la Unión Europea (ESC, ETC y ELR)

Subcategoría	CO		HC		HCNM		NOx		PM		Opacidad
	(g/kW-h)		(g/kW-h)		(g/kW-h)		(g/kW-h)		(g/kW-h)		(m <sup>-1</sup> )
	ESC	ETC	ESC	ETC*	ESC	ETC	ESC	ETC	ESC	ETC	ELR
M2 M3 N2 N3	1,5	4,0	0,46	—	—	0,55	3,5	3,5	0,02	0,03	0,5

\*El laboratorio que realice la prueba de emisiones podrá optar por medir HC bajo el ciclo ETC en lugar de medir HCNM. En este caso, el límite para HC es el mismo que se establece para HCNM.

**Tabla 20.** Límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres de carretera clasificadas como vehículos pesados con motor de encendido por compresión en prueba dinámica evaluados mediante ciclos WHSC y WHTC a partir del 1º de enero de 2023

Subcategoría	Ciclo	CO	HCT	NOx	NH3	PM	PN
		(g/kW-h)	(g/kW-h)	(g/kW-h)	(ppm)	(g/kW-h)	(1/kWh)
M2 M3	WHSC	1,50	0,13	0,40	10	0,01	8,0×10 <sup>11</sup>
N2 N3	WHTC	4,0	0,16	0,46	10	0,01	6,0×10 <sup>11</sup>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 22/ 01 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Robert Steven Fiallos Godoy
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Mecánica
<b>Carrera:</b> Ingeniería Automotriz
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Automotriz
 <b>Ing. Paúl Alejandro Montufar Paz</b> <b>Director del Trabajo de Titulación</b>
 <b>Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Palladares</b> <b>Asesor del Trabajo de Titulación</b>