



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Estudio de emisiones de gases vehiculares en autos
convertidos de gasolina a GLP y GNV en la ciudad de Lima,
2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Medina Vásquez, Miguel Angel (ORCID: 0000-0003-2324-1942)

ASESOR:

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto (ORCID: 0000-0002-8200-4640)

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente proyecto de investigación lo dedico a toda mi familia, en especial a mi madre María y hermanos, por su incondicional apoyo y motivación para impulsarme a seguir adelante y ser un buen profesional.

Agradecimiento

Agradecer en primer lugar a Dios por permitir que mi familia me acompañe en tiempos de pandemia, agradecer a por la sabiduría de todos aquellos que aportaron en mi formación y poder lograr de mis objetivos, amigos, familiares y asesor.

ÍNDICE

Índice de contenidos

Resumen

Abstract

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2 Variables y Operacionalización	13
3.3 Población, muestra y muestreo	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
3.5 Procedimientos	14
3.6 Método de análisis de datos	18
3.7 Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS	19
4.1 Diferencia de emisiones (CO, HC y CO + CO ₂) de vehículos convertidos de gasolina a GNV y GLP.....	19
4.2 Relación de reducción de gases según el año de fabricación, marca y revoluciones del vehículo en GNV.....	24
4.3 Relación de reducción de gases según el año de fabricación, marca y revoluciones del vehículo en GLP.	24
V. DISCUSIÓN	26
VI. CONCLUSIONES	28
VII. RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS	30
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de Gasolina, GLP y GNV	5
Tabla 2. Consumo de Hidrocarburos (miles de barriles).....	6
Tabla 3. Vehículos de categorías M1 con motor de encendido por chispa a gasolina, GLP o GNV como combustible u otros combustibles alternos.	10
Tabla 4. Tamaño de muestra de estudio.....	133
Tabla 5a. Porcentaje de reducción en GNV, medidos a valores medios de revoluciones (750-2500) rpm	19
Tabla 5b. Porcentaje de reducción en GLP, medidos a valores medios de revoluciones (750-2500) rpm	20
Tabla 6. Valor "p" de supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianzas para GNV y GLP	23
Tabla 7. Resultados del Kruscal-Wallis para datos no paramétricos	24
Tabla 8. Análisis de Varianza del CO, HC y CO+CO ₂ en GLP	25

Índice de figuras

Figura 1. Ventas totales de GLP (MB) por departamento.	7
Figura 2. Fases de un motor de 4 tiempos.	8
Figura 3. Vehículo en condición de ralenti y parqueo.....	15
Figura 4. Medición de emisiones.	16
Figura 5. Procedimiento de medición en tubo de escape.	16
Figura 6. En condiciones de altas revoluciones.	17
Figura 7. En condiciones de ralenti o revoluciones mínimas.....	17
Figura 8. Diferencia de emisiones en GNV y GLP en Toyota.....	21
Figura 9. Diferencia de emisiones en GNV y GLP en Nissan.....	21
Figura 10. Diferencia de emisiones en GNV y GLP en Hyundai	22
Figura 11. Diferencia de emisiones en GNV y GLP en Chevrolet	23

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la reducción de gases (CO, HC y CO₂+CO) e influencia de los parámetros: marca, año y revoluciones del motor; de los vehículos convertidos de gasolina a GNV y GLP. La metodología se realizó por un muestreo no probabilístico con 51 vehículos convertidos a GNV o GLP de cinco marcas, se analizaron los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianzas, seguidamente se aplicó el ANOVA o Kruscal-Wallis para supuestos no paramétricos. Los resultados indican que la reducción del gas CO fue de 58.95%, en HC 51.11% y CO+CO₂ en 25.46% para los vehículos convertidos a GNV y una reducción de 48.21% de CO, 27.14% de HC y 19.6% de CO+Co₂ para vehículos a GLP, siendo el año de fabricación el factor de mayor influencia para la disminución de estos gases. En conclusión, la reducción de estos gases es debido que la composición de estos combustibles tiene una mejor eficiencia térmica logrando una mejor combustión a diferencia de la gasolina. Se recomienda realizar una investigación incluyendo vehículos fabricados a partir del 2018 para establecer un seguimiento de reducción de emisiones y comprobar si el avance de la tecnología sigue favoreciendo al medio ambiente.

Palabras clave: emisiones, conversión, vehículos, GLP, GNV

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the reduction of gases (CO, HC and CO₂+CO) and the influence of the parameters: brand, year and engine revolutions; of vehicles converted from gasoline to NGV and LPG. The methodology was carried out by a non-probabilistic sampling with 51 vehicles converted to NGV or LPG of five brands, the statistical assumptions of normality and homogeneity of variances were analyzed, then ANOVA or Kruskal-Wallis was applied for non-parametric assumptions. The results indicate that the reduction of CO gas was 58.95%, HC 51.11% and CO+CO₂ 25.46% for vehicles converted to NGV and a reduction of 48.21% of CO, 27.14% of HC and 19.6% of CO+Co₂ for LPG vehicles, being the year of manufacture the most influential factor for the reduction of these gases. In conclusion, the reduction of these gases is due to the fact that the composition of these fuels has a better thermal efficiency, achieving a better combustion than gasoline. It is recommended to carry out an investigation including vehicles manufactured as of 2018 to establish a follow-up of emissions reduction and check if the advance of technology continues to favor the environment.

Keywords: emissions, conversion, vehicles, LPG, LPG, NGV, CNG.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la contaminación atmosférica ha ido aumentando en muchas ciudades alrededor del mundo, causado por diferentes fuentes, como el parque automotor y la quema de combustibles fósiles (Alexandrino et al. 2020). En el parque automotor, algunas de estas emisiones contaminantes son producidas por vehículos livianos motorizados, por la combustión de aceite, por la corrosión de piezas metálicas, las emisiones de gases por el conducto de escape, que llegan a contener altas concentraciones de CO₂ (Montes-Munoz, Zafra-Mejía y Pachon-Quinche 2019). Asimismo, los principales contaminantes que los vehículos de combustión interna producen son, CO, CO₂ y HC que son evacuados por el tubo de escape y éstos a su vez pueden ser medidos mediante un analizador de gases (Sharma et al. 2020).

El contaminante de mayor jerarquía son los hidrocarburos (HC), que son considerados como moléculas de combustible que no llegan a quemarse por completo, este defecto se presenta cuando los vehículos son encendidos en una primera instancia del día (Madrazo et al. 2019), llegando a reaccionar con la luz solar y óxidos de nitrógeno, esta reacción provoca la formación de ozono terrestre, este a su vez incita la provocación de irritabilidad de la vista y nariz cuando existe un alto índice de exposición al ser humano (Contreras Urgiles, León Japa y Maldonado Ortega 2019).

Además, Davison et al. (2020) indicaron que la Agencia Europea del Medio Ambiente estimó en el año 2017 el 86% de las estaciones de monitoreo reportaron concentraciones de NO₂, por encima de los 40 µg/m³ como media anual determinada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Salud 2005), entre las concentraciones de combustión de vehículos con mayor importancia se encuentran los NO_x (NO + NO₂) de los cuales es un precursor del ozono además de contribuir a la formación de partículas secundarias (Liang 2020).

Alrededor del mundo se implementaron combustibles alternativos para motores, es entonces que surge la aplicación del gas licuado de petróleo

(GLP), este se asemeja con las condiciones de carga parcial y carga máxima al uso de la gasolina de un motor, permitiendo aumentar de manera significativa la diferencia entre las emisiones de contaminantes dentro del conducto de escape de gases diluidos en el ambiente, a fin de disminuir estas concentraciones (Klimenko 2020), en China se espera el incremento de vehículos con uso exclusivo de gas natural, aproximadamente de diez millones para los próximos cinco años, actualmente estos vehículos contribuyen entre el 53% al 60% de emisiones de NOx y material particulado (MP) a lo largo de su territorio (Da Pan et al. 2020) frente a esta alternativa se espera la reducción de emisiones de NOx, PM y CO₂ además de emisiones no deseadas de metano (CH₄), a fin de mejorar los cambios climáticos adversos (Zhang et al. 2020).

A nivel nacional, OSINERGMIN (2016) indicó que en Lima y Callao se introdujo gas natural vehicular (GNV) a partir del año 2004 y su consumo tiende al crecimiento en un 2% a 4% de manera anual, Mientras que, el GLP se empezó a masificar su demanda a partir del año 2010, desde entonces su consumo incrementa en un promedio anual de 4.1% (MINEM 2017), además a principios del 2011 el etanol se modificó a una mezcla de 7,8% con gasolina el cual reemplaza complementariamente la oxigenación para reducir la contaminación de las emisiones de CO₂ de 3% a 7% y de esta manera complementar alternativas de cambios a combustibles más limpios de los cuales se pueden mencionar al etanol, biodiesel, GNV y GLP (Martínez 2017).

Se han realizado estudios para identificar impactos de estos gases, encontrándose repercusiones negativas de la emisión de CO, CO₂ y HC para la salud, tales como la reducción de la función pulmonar, el bajo peso al nacer, aumento del riesgo de asma y riesgo a padecer insuficiencia cardiaca en personas que viven a menos de 300 metros de carreteras con alta afluencia vehicular (Mukherjee et al. 2020).

Por tal motivo la reducción de dicha contaminación es importante debido al impacto que se produce con el cambio climático y la influencia en la salud humana de quienes también tienden a aumentar su índice de

morbilidad y la mortalidad, a causa de partículas de NO₂, CO, O₃ y SO₂, los cuales son las más frecuentes en la vigilancia para una mejor calidad de aire. (Briz-Redón, Belenguer-Sapiña y Serrano-Aroca 2020).

Es entonces, que en la tesis presentada se formuló el siguiente problema general: ¿Cuál es la evaluación con los parámetros año de fabricación, marca y revoluciones de los vehículos convertidos de gasolina a GNV/GLP y la reducción de contaminantes (CO, HC y CO + CO₂)?; y los problemas específicos: ¿Cuál es el porcentaje de reducción en la emisión de gases vehiculares frente al uso del combustible gasolina con el uso del GLP o GNV? ¿Cuál es la influencia de reducción de emisiones según el año de fabricación del auto?, ¿Cuál es la influencia de reducción de gases según la marca de vehículo?, ¿Cuál es la influencia de reducción de emisiones según las revoluciones del motor?

La presente tesis se justifica de manera socioambiental, por la constante contaminación atmosférica que se presenta en la ciudad de Lima, que tiene como norma la Resolución Directorial N° 002-2006-MTC/15, además a los límites de contaminación de estas emisiones por la OMS, es por tal motivo, la necesidad de evaluar las emisiones de CO, HC Y CO₂ + CO, asimismo, complementar la tesis realizada previamente dando como recomendación hacer un mejor estudio en tanto a las emisiones de GEI en el distrito de San Juan de Lurigancho (Perez Cotrina 2017), y dar a conocer la contaminación causada por los vehículos y motivando el uso de combustibles alternos para una mejor calidad ambiental.

Teniendo en cuenta además la justificación teórica, como verificar porcentaje de disminución de gases vehiculares, analizando si existen impactos positivos o negativos que se pueden obtener haciendo uso del gas natural y del GLP, para que se pueda tener una comparación exacta con el uso de los tipos de combustibles tanto con el uso de gasolina, el uso de gas natural y del GLP. De tal forma, se presentan los objetivos de la presente tesis, teniendo como objetivo general: Evaluar la reducción de gases (CO, HC y CO₂+CO) e influencia de los parámetros marca, año y revoluciones en vehículos convertidos a GNV y GLP, los objetivos específicos son: determinar las diferencias de emisiones (CO, HC y CO +

CO₂) de vehículos convertidos de gasolina a GNV y GLP, según modelo marca y año. Determinar la influencia de parámetros en la reducción de gases (CO, HC y CO₂) en vehículos convertidos a GNV y GLP.

Finalmente, la tesis tuvo como hipótesis específicas: el GLP y GNV obtienen un menor porcentaje de emisiones frente al uso de gasolina, y las hipótesis específicas son: El año de fabricación del vehículo influye en la reducción de emisiones; Las marcas de los vehículos influyen en la reducción de emisiones; Las revoluciones del motor influyen en la reducción de emisiones.

II. MARCO TEÓRICO

El presente estudio de tesis se presenta la composición de la gasolina, gas licuado de petróleo (GLP) y del gas natural vehicular o también llamado gas natural comprimido (GNC), se hace una breve descripción del tipo de combustión que realizan estos combustibles, además se mencionan datos estadísticos de su consumo a nivel nacional, nombrando además, la contaminación de cada uno de ellos junto con los límites de emisiones establecidos en la normativa y otros puntos comparativos con normativas internacionales para un mayor conocimiento del tema.

La gasolina se compone por varios hidrocarburos, los principales de estos compuestos son mezclados con parafinas, olefinas, naftenos y aromático, además está estructurado con algunas cantidades de azufre, oxígeno, nitrógenos e impurezas (Amaral et al. 2020), para la modificación de su octanaje puede componerse de 3% de metanol, o hasta 10% de bioetanol, hasta un 12% de isopropanol y hasta 15 % de isobutanol (Tselishchev y Loriya 2020), a fin de disminuir su toxicidad y mejorar las características ambientales, a nivel local la gasolina de 95 octanos se caracteriza por tener apariencia transparente y tener un color comercial de color azul (Petroperú 2017).

El octanaje mejora el fenómeno de combustión para aumentar su eficiencia en condiciones adversas, como en altas temperaturas o aceleraciones en plena carga (Rodríguez-Fernández et al. 2020), el octanaje además, es determinante para la respuesta capacidad y calidad

en el consumo de gasolina, puesto que depende de la presión y temperatura para ser sometida a la combustión en la mezcla aire-gasolina (Fernando et al. 2016). Actualmente en el Perú se comercializa la gasolina de 90, 95 y 97 octanos (OSINERGMIN 2016), a nivel nacional, su consumo tuvo una variación del 6.5% entre los años 2016 y 2017 en donde representó el consumo del 1% del resto de combustibles como el Diesel B5 que obtuvo un 26% del total de energías por fuentes consumidas (MINEM 2017).

Por otro lado, el GLP, refiere que es una mezcla de una determinada cantidad de hidrocarburos (propano y butano) gaseosos, los cuales son derivados de la extracción del petróleo (Smith 2009), también se incluyen el metano y etano pero no se limitan, estos hidrocarburos están provistos en estado líquido que es un gas en condiciones estándar de 60° F y 1 atm o 14.7 psi (Incorvia 2015).

En tanto el gas natural vehicular (GNV) está compuesto con más del 97% de metano, sobre una base molar, además contiene etano y propano, incluso hay de forma inerte (N₂ + CO₂) que no excede el 2% en base molar (Cadavid y Amell 2019).

La composición de los principales combustibles analizados en este proyecto de investigación se detalla en la Tabla 1, especificando las características de la gasolina, el GLP y el GNV, los datos son recopilados de tres autores.

Tabla 1. Composición de Gasolina, GLP y GNV

Gasolina	Benceno 30%	Etanol 12%	Alquenos 10%	Azufre 4%	Alcanos 44%
GLP	Propano 58%	Butano 15%	Propeno 7%	Butileno 11%	Etano 4%
GNV	Butano 2%	Metano 97%			

Fuente: (Boluda, Macías y González Marrero 2019; MINEM 2017; Wu et al. 2020).

El consumo uso de hidrocarburos diarios en el Perú se encuentra ubicado en la casilla once frente a otros países como EE.UU, China y Brasil, en donde se usa en una mayor proporción este combustible (MINEM 2017).

En la Tabla 2 se presenta el consumo de Hidrocarburos 2016 – 2017 según su fuente, donde se presenta el porcentaje de venta de la gasolina entre el año 2016 y 2017, entre otras fuentes, se involucra el Diesel B5, Diesel B-5, Fuel Oil, GLP y turbo. Además, se complementa con el consumo de Hidrocarburos 2018 según su fuente, donde se presenta el nivel porcentual activo de la venta de la gasolina en el año 2018.

Tabla 2. Consumo de Hidrocarburos (miles de barriles).

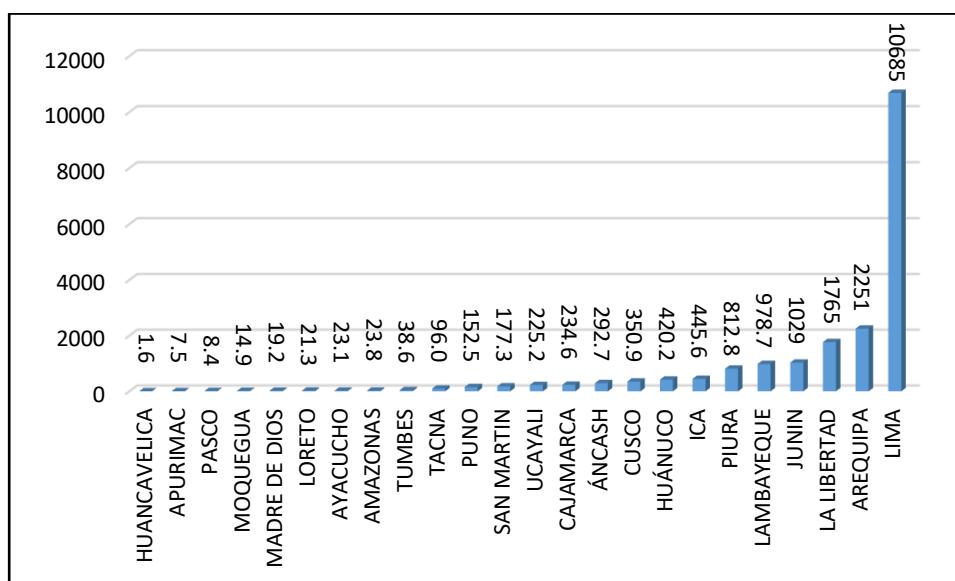
FUENTE	2016	2017	VARIACIÓN (%)	Participación (2016-2017)	Participación 2018
Gasolina Motor	11699	12461	6.5	1%	2.70%
Gasohol	71982	74488	3.5	9%	16.20%
Otras fuentes				90%	81.10%
			Total	100%	

Fuente: MINEM 2017, 2018

En tanto al consumo interno, el país agotó 256 mil barriles de hidrocarburos al día en el año 2016, por encima de Ecuador que consumió 239 mil barriles, y por debajo de Colombia, que agotó 340 mil barriles al día durante el periodo del 2016 al 2017. A continuación, se presenta el consumo de barriles en 14 países durante este periodo (OSINERGMIN 2016).

En la Figura 1 se presenta las ventas totales de GLP (MB) por departamento, según (OSINERGMIN 2016), a nivel nacional en el año 2016 se vendieron 20.1 MMB de GLP (GLP envasado y granel). El 53% del total del GLP fue para Lima, 11.2% a Arequipa 8.8% a la Libertad, 5.1% a Junín, 4.9% a Lambayeque, 4% a Piura, 2.2% a Ica y 2.1% a Huánuco, el resto de departamentos solo representaron una participación menor del 2%.

Figura 1. Ventas totales de GLP (MB) por departamento.



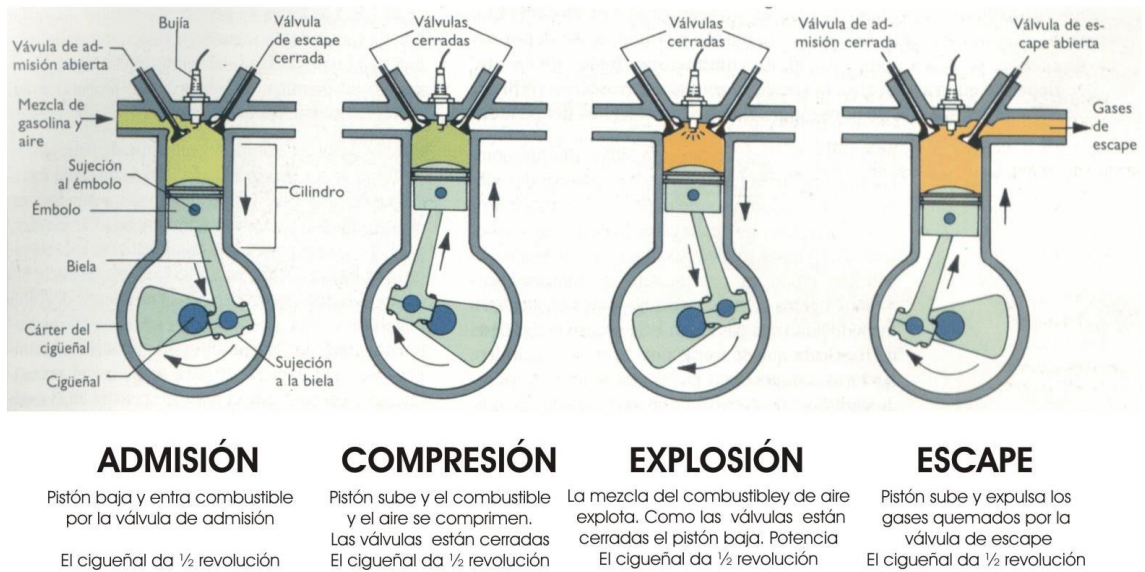
Fuente: OSINERGMIN 2016

Finalmente, el consumo para el gas natural vehicular es de 53,1% que proviene de la distribución del gas natural seco, frente a un 39,6% de distribución de gas licuado de petróleo en el año 2015 (OSINERGMIN 2016), demostrando que el combustible de mayor distribución en la capital es el GNV.

Los motores de combustión interna se basan por la mezcla de aire – combustible accionado por una chispa eléctrica, la cual con esta reacción produce el aumento de la temperatura y presión dentro de la cámara de combustión del cilindro de un motor (Castillo, Rojas y Martínez 2017). Dentro de la cámara de combustión entra el combustible quedando atrapado generando una compresión, a su vez reaccionando con la chispa provocando la combustión y expansión, causando gases que salen por los conductos de escape como CO₂, H₂O, CO, etc. (Llanes Cedeño, Carguachi-Caizatoa y Rocha-Hoyos 2018).

Lozano Mena, Quintero Zapata y Sánchez Brito (2017), explica el proceso en la cámara de combustión expresada en sus 4 tiempos, tal como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Fases de un motor de 4 tiempos.



Fuente: (Lozano Mena, Quintero Zapata y Sánchez Brito 2017)

La contaminación de la gasolina se produce principalmente por los autos, los cuales a causa de la combustión sueltan gases nocivos por el conducto de escape como también por la parte delantera del auto y el sistema de conductos del combustible, por su evaporación del mismo. Estas emisiones se producen a consecuencia de la evaporación, la cual, es provocada por distintas situaciones, por ejemplo, cuando al exterior la temperatura es alta por un clima cálido y soleado, además el combustible se evapora por las altas temperaturas del motor cuando este es apagado después de un largo periodo de ser utilizado. (Iñiguez Izquierdo et al. 2017)

El tipo de contaminación del GLP a diferencia de la gasolina tiene un impacto menor, el cual altera en menor proporción la calidad de vida de la población en general, por ejemplo, la emisión de CO₂ se reduce 27% frente a otros combustibles, provocando un daño menor a la capa atmosférica, la cual se ve afectada de forma directa por la industria automotriz, producto de la globalización y demanda del producto (Ramadhani Khija, Ludovick Uttoh 2015).

En tanto a los efectos del gas natural, son menores en varios países como Bolivia, Colombia y Ecuador, ya que, la proporción de contaminación es

de mayor diferencia para las emisiones de CO como HC favoreciendo en la cantidad de emisiones a diferencia del uso de gasolina con octanaje alto, compuesto por un bajo nivel de azufre (Llanes et al. 2018).

Teniendo en cuenta que, un auto llega a altas temperaturas en corto tiempo cuando éste está en circulación, es recomendable limitar el uso del auto y aprovechar un solo viaje poder hacer más de una actividad en conjunto, esto aporta a minimizar la cantidad de emisiones, puesto que, también reduciría la cantidad de arranques y procesos de calentamiento del motor en donde las emisiones de gases son mayores hasta llegar a un punto de equilibrio y disminución de la emisión de CO, CO₂ y HC (Pérez Darquea 2017).

En relación con GLP, es una vía alterna de solución para mitigar la contaminación ambiental y minimizar el efecto que se puede originar, ante esto se debe considerar que se obtiene 8kg de CO₂ por cada kilo de petróleo quemado; sin embargo, por cada kilo de GLP, se obtiene tan solo 2.96 kg (Díaz Marcos 2018), cabe mencionar que, por cada kilo de gasolina se obtiene por 3.8 Kg de CO₂ y por cada Kg de GNV, se obtiene solo 1.2 kg de CO₂ (Rolando Barreto 2017), además, se considera la presencia de material particulado en suspensión (10 y 2,5) puede traer consigo una serie de efectos las cuales varían en relaciones a las fluctuaciones (Elizondo y Hernández Amezcua 2018).

Los efectos que se pueden incluir por la suspensión de material particulado (MPS), varía desde enfermedades respiratorias, las cuales han incrementado considerablemente por la prevalencia de tos, causando incluso un aumento en el índice de morbilidad y mortalidad, trayendo como consecuencia el uso de un gran número de broncodilatadores (Samaniego-Ojeda, Hernández y Correa 2017). Por ese motivo, se identifica que el aire contaminado es una de las problemáticas que afecta directamente al individuo, producto del crecimiento desmedido de la población, trayendo consigo una serie de acontecimientos como aumento en la producción industrial, comercial, agropecuaria, entre otros, los cuales requieren el uso de un transporte (Chica Segovia, Espinoza Molina y Rivera Campoverde 2010).

En el Perú en el año 2017 se actualizaron los límites para las emisiones de gases contaminantes producidos por vehículos de categoría M1, que se incorporan al mercado a partir del año 2013 de su fabricación, para poder ser aceptados y puestos en circulación, deben tener menos de 0.35% de CO, así como también menos de 70 ppm de HC y finalmente menos de 12% de CO+CO₂ a fin de mejorar la calidad del ambiente, esta normativa aplica para autos convencionales a gasolina o modificados a GNV y GLP (MINAM 2017)

La categoría M1 establecida por la Resolución Directorial N° 002-2006-MTC/15 en el manual de dispositivo de control de tránsito automotor para calles y carreteras donde se describen las clases de vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de pasajeros menores de 8 asientos, caracterizados por pertenecer a la categoría M1 (MTC 2006).

Tabla 3. Vehículos de categorías M1 con motor de encendido por chispa a gasolina, GLP o GNV como combustible u otros combustibles alternos.

Año de fabricación	Altitud (msnm)	CO (% - v/v)	HC (ppm)	CO + CO₂ (%- v/v)
Hasta 1995	0 a 1800	3.0	400	10
Hasta 1995	> 1800	3	450	8
1996 a 2002	0 a 1800	2.5	300	10
1996 a 2002	> 1800	2.5	350	8
2003 en adelante	a cualquier altitud	0.5	100	12

Fuente: MINAM, 2017

Si se comparan estos valores establecidos por el gobierno peruano presentados en la tabla 3 con los lineamientos establecidos con el gobierno colombiano se puede mencionar que las emisiones de los vehículos con fabricación del 2003 en adelante, se limitan a menos de 0.84% de CO, 2.58% de CO₂ y menos de 86 ppm de HC (SDA 2010), teniendo de cierta manera un reglamento más estricto para las emisiones de estos gases contaminantes para brindar a su población una mejor calidad del aire.

A continuación, se revisan estudios realizados con objetivos similares al presente proyecto de investigación, para que, de esta manera, se pueda tener un conocimiento amplio, tomando en cuenta los resultados obtenidos de distintos autores para la medición de gases contaminantes del parque automotor tanto para el uso de combustible de la gasolina como del gas natural o gas licuado de petróleo.

Richard et al. (2018), tuvieron como uno de sus objetivos comparar el nivel de emisiones con combustibles alternos en donde involucra la participación de ocho países, se utilizó la gasolina de 93 octanos, GLP y GNV. Se realizaron pruebas en 35 vehículos comerciales de diferentes categorías en condiciones de 1750 a 3500 rpm. Donde obtienen como resultado que los vehículos a GLP tuvieron 12% menos emisiones y los vehículos a GNV tuvieron 24% menos emisiones de CO₂ que los vehículos usados a gasolina de 93 octanos. Llegando a la conclusión que los estudios muestran las posibles reducciones de emisiones de GEI y tóxicas por el uso de combustibles alternos.

Villegas et al. (2009), evaluaron la pérdida de emisiones de escape en dos vehículos iguales representativos con uso de gasolina, en condiciones de pre-conversión y post-conversión a GNV en condiciones ambientales de temperatura entre 20 y 25 °C, humedad relativa entre 60 y 70 % y presión atmosférica de 670 mm Hg, con el vehículo acelerado a 3000 +/- 100 rpm durante 1 minuto, teniendo como resultado que, las emisiones de CO₂ se reducen en 28% con el uso de GNV a diferencia con el uso de la gasolina, llegando a la conclusión que las emisiones de CO₂ se reduce cuando se utiliza el GNV.

Wang y Ge (2018), presentan como objetivo comparar el nivel de emisiones en cinco vehículos que brindan servicio de taxi, en arranque en frío como en caliente, impulsados por el uso de doble combustible gasolina de 95 octanos y GNC, con los vehículos en condición de ralentí, teniendo como resultados que las emisiones de CO₂ en promedio con funcionamiento a gas fueron 58% y 22% menos que en uso con gasolina, tanto en arranque en frío y en caliente respectivamente, llegando a la

conclusión que el uso de GNC como combustible alternativo es de suma importancia para reducir las emisiones de CO y CO₂.

Mosquera, Fernandez y Mosquera (2010), presentan como uno de sus objetivos mostrar cuánto dióxido de carbono emiten los taxis en las localidades de Pereira y Dosquebradas, comparándose entre dos combustibles, el GNV y la gasolina de 95 octanos, analizando 10 vehículos en cada ciudad de forma aleatoria con el vehículo en bajas revoluciones, teniendo como resultado al comparar los promedios, que las emisiones de CO₂ en GNV fueron 27% menores a comparación cuando el sistema está usando gasolina, llegando a la conclusión que ecológicamente el uso del GNV es más rentable a diferencia con la mezcla a gasolina.

Culquitante Vigo y Huerta Chombo (2017), presentan como uno de sus objetivos evaluar las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos y dióxido de carbono en 138 taxis con bi-combustible (gasolina 95 octanos y GLP) de la ciudad de Trujillo, las pruebas se llevaron a cabo en condiciones de ralentí y 2500 rpm, teniendo como resultado al comparar las medias de ambos resultados que las emisiones de CO₂ en gas son 24% menos cuando se utiliza la gasolina de 95 octanos. Llegando a la conclusión que a pesar de esta diferencia el grado de contaminación por emisiones vehiculares es muy elevado.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo aplicada, puesto que, se está haciendo uso del entendimiento teórico y puesto en práctica para determinar el porcentaje de contaminación los gases CO, HC Y CO₂ + CO que se está exponiendo la población de Lima, el diseño de la investigación cuantitativa experimental, clasificado como preexperimental, ya que, consiste en aplicar una medición para observar el nivel de una variable en grupo (Hernández y Mendoza 2018).

3.2 Variables y Operacionalización

La primera variable estudiada en el presente proyecto de investigación fueron las características de los vehículos y la segunda variable son los datos de los gases emitidos por los autos convertidos de gasolina a GLP y GNV, las cuales son de categoría cuantitativa. Se detalla en el anexo 1.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población de esta tesis, son los vehículos que transitan en la ciudad de Lima, de la marca, modelo y año descritas en la Tabla 4. El muestreo es no probabilístico y la muestra será constituida por 51 vehículos que ingresan al taller “Conversiones JHOFER” como se detalla en la tabla 4. Las marcas de los vehículos analizados, son las primeras 5 con mayor venta en el año 2019, las cuales son: Toyota, Hyundai, Kia, Chevrolet y Nissan (AAP 2020).

Tabla 4. Tamaño de muestra de estudio.

MARCA	MODELO	AÑO	CANTIDAD
TOYOTA	YARIS	2014	3
		2015	3
		2016	3
	COROLLA	2013	3
		2015	3
NISSAN	SENTRA	2015	3
		2016	3
	TIIDA	2013	3
KIA	RIO	2014	3
		2017	4
	CERATO	2015	3
HYUNDAI	ACCENT	2016	5

		2017	2
	ELANTRA	2016	2
		2017	2
CHEVROLET	SAIL	2013	3
		2014	3
	TRACKER	2017	2
TOTAL			53

Elaboración propia.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica cuantitativa que se utiliza en el presente Proyecto de investigación es la de procesamiento de información, la cual es obtenida en el campo y cuya base es la interpretación de los datos obtenidos durante el procedimiento de las pruebas realizadas. Las pruebas se realizaron de forma aleatoria dentro de un local autorizado por el MTC, los vehículos cumplieron con las características detalladas en el anexo 1, la prueba se realizó con el combustible a gasolina en primera instancia. El instrumento que se utilizó para la recolección de datos es el analizador de gases de marca comercial "Pierburg Instruments" de modelo HGA 400 4GR, el cual se encuentra dentro de los equipos autorizados para realizar la medición de emisiones vehiculares de vehículos automotores convertidos a GNV y a GLP establecidos en la R.D. N° 383-2017-MTC/16. Los datos se registraron en el formato de la tabla detallada en anexo 2 los cuales son: el tipo de combustible, placa, marca modelo y los valores del monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrocarburos.

3.5 Procedimientos

El presente procedimiento se adaptó según los procesos aplicados por Culquitante Vigo y Huerta Chombo (2017). Antes de empezar el proceso de medición de emisiones de los gases (CO, CO₂ + CO e Hidrocarburos), se tomaron en cuenta algunas condiciones previas en las que se debe encontrar el motor para un adecuado funcionamiento y una correcta toma de valores que influyen de forma directa en el control de emisiones, estas condiciones se detallan a continuación.

1. Tal como se muestra en la figura 3, las revoluciones del motor deben encontrarse en menos de 750 revoluciones por minuto, esta característica es en condiciones de ralentí. Fue leída por un tacómetro que se encuentra conectado al sistema de lectura del vehículo, el aire acondicionado, las luces, el limpiaparabrisas, la calefacción u otro accesorio que tiene el vehículo deben encontrarse apagados, durante el tiempo que dure la lectura de valores en el proceso de la prueba.

Figura 3. Vehículo en condición de ralentí y parqueo.

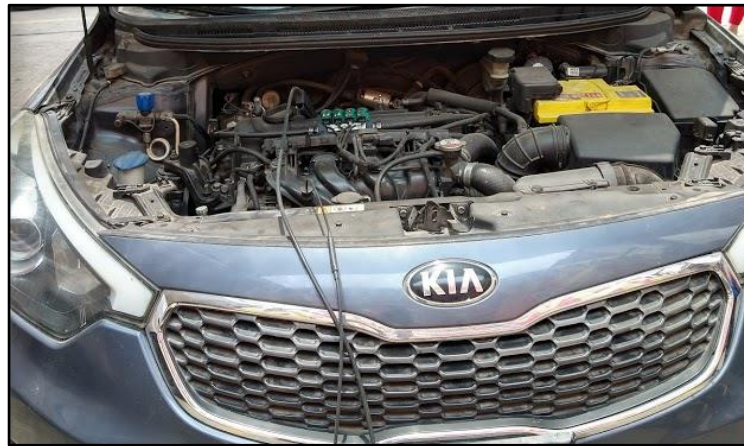


Fuente: Autoría propia

A continuación, se procedió a colocar los sensores del analizador de gases de marca comercial “Pierburg Instruments” de modelo HGA 400 4GR para hacer las mediciones de gases correspondientes.

En la figura 4 se muestra la medición de emisiones, se realizaron dos lecturas en la prueba, la primera con el vehículo con funcionamiento a gasolina y en la otra lectura con el vehículo con funcionamiento a gas, que puede ser GNV o GLP.

Figura 4. Medición de emisiones.



Fuente: Autoría propia

- Procedimiento de medición

Figura 5. Procedimiento de medición en tubo de escape. Se colocó la sonda de medición del analizador de gases en el tubo de escape del vehículo.

Figura 5. Procedimiento de medición en tubo de escape.



Fuente: Autoría propia

Se verificó de forma visual el humo que expulsa el vehículo, solo se permitirá humo blanco de vapor de agua, para proteger el analizador de gases.

Figura 6. En condiciones de altas revoluciones, se aceleró el vehículo hasta 2,500+/-250 revoluciones por minuto, manteniendo esta aceleración en un plazo de 30 segundos, para poder proceder al registro de los valores.

Figura 6. En condiciones de altas revoluciones.



Fuente: Autoría propia

Figura 7. En condiciones de ralentí o revoluciones mínimas, se continúa poniendo el motor en estado de reposo, esperando a que se estabilice con las mínimas revoluciones según su fabricante (750rpm), se mantuvo esta condición durante 30 segundos, cumplido este tiempo se procedió al registro de los valores mostrados en el analizador de gases.

Figura 7. En condiciones de ralentí o revoluciones mínimas.



Fuente: autoría propia

NOTA: Estos procesos se efectuaron primero con el vehículo en funcionamiento a gasolina, una vez realizadas las pruebas en ralentí y en altas revoluciones se procedió a hacer la prueba con el vehículo con uso a gas.

3.6 Método de análisis de datos

Se tomó cada valor de emisión que se observa en el analizador de gases, de acuerdo a los objetivos planteados. Se consideró que un vehículo se encuentra dentro de los parámetros permisibles, cuando no excedió los lineamientos establecidos en la normativa. A continuación, se estableció las comparaciones de las emisiones de los distintos vehículos a fin de cumplir con los objetivos establecidos en la presente tesis.

Se evaluó los supuestos estadísticos de normalidad (anexo 3) y homogeneidad de varianzas (anexo 4), al cumplir los supuestos estadísticos se aplicó ANOVA (CO%, HC % y CO₂+CO%) por ser parámetros a medir de manera independiente, caso contrario, al comprobarse que no cumplen con supuestos estadísticos se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, finalmente, se agrupó los datos de emisiones por el modelo del vehículo, en diferentes años, tanto en estado de ralenti y en estado de altas revoluciones, observando diferencias entre las emisiones de CO, CO₂ e HC, para luego hacer un análisis comparativo de emisiones promedio.

3.7 Aspectos éticos

Como estudiante de la carrera de ingeniería ambiental, es un compromiso respetar y cumplir el formato para la realización del presente proyecto de investigación, como indica la parte de declaración de autenticidad, esta investigación se realizó con datos verídicos, que pueden contribuir al desarrollo de nuevas investigaciones, a fin de minimizar la contaminación del medio ambiente.

IV. RESULTADOS

4.1 Diferencia de emisiones (CO, HC y CO + CO₂) de vehículos convertidos de gasolina a GNV y GLP, según modelo marca y año.

En la tabla 5a y 5b, se detalló la diferencia de emisiones de gases de los 26 análisis realizados en GNV y 27 análisis hechos en GLP, separado características del vehículo, mostrando el porcentaje, en valores promedio de los vehículos del mismo año.

Tabla 5a. Porcentaje de reducción en GNV, medidos a valores medios de revoluciones (750-2500) rpm

MARCA	MODELO	AÑO	REPETICIÓN	CO (%)	HC (%)	CO ₂ + CO (%)
TOYOTA	YARIS	2014	2	73.57	40.99	23.35
TOYOTA	YARIS	2015	1	94.55	66.89	21.17
TOYOTA	YARIS	2016	2	71.11	60.82	25.91
TOYOTA	COROLLA	2015	1	11.11	51.60	16.87
NISSAN	SENTRA	2015	2	51.11	38.30	24.79
NISSAN	SENTRA	2016	2	46.67	69.17	18.68
NISSAN	TIIDA	2013	1	41.77	50.74	67.11
KIA	RIO	2014	3	79.49	35.92	21.29
KIA	RIO	2017	3	50.00	44.37	28.21
KIA	CERATO	2015	2	40.87	57.50	24.48
HYUNDAI	ACCENT	2016	1	88.57	20.75	5.99
HYUNDAI	ACCENT	2017	1	66.67	49.60	12.93
HYUNDAI	ELANTRA	2017	1	89.02	73.61	37.27
CHEVROLET	SAIL	2013	2	35.53	49.08	21.44
CHEVROLET	SAIL	2014	2	44.26	57.29	32.48
Promedio				58.95	51.11	25.46

Fuente: Autoría propia

Tabla 5b. Porcentaje de reducción en GLP, medidos a valores medios de revoluciones (750-2500) rpm

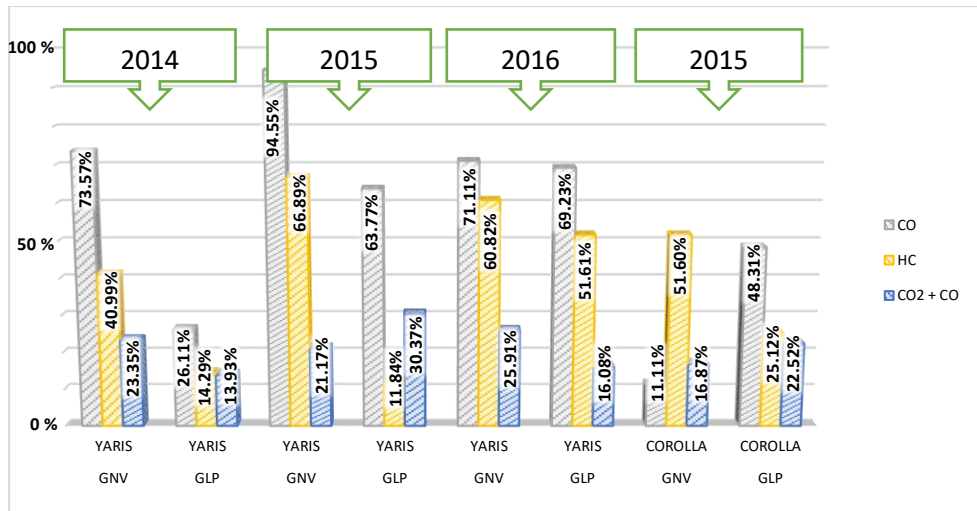
MARCA	MODELO	AÑO	REPETICION	CO (%)	HC (%)	CO2 + CO (%)
TOYOTA	YARIS	2014	1	26.11	14.29	13.93
TOYOTA	YARIS	2015	2	63.77	11.84	30.37
TOYOTA	YARIS	2016	1	69.23	51.61	16.08
TOYOTA	COROLLA	2013	3	38.55	18.96	17.40
TOYOTA	COROLLA	2015	2	48.31	25.12	22.52
NISSAN	SENTRA	2015	1	23.12	7.76	4.47
NISSAN	SENTRA	2016	1	18.24	19.87	35.11
NISSAN	TIIDA	2013	2	39.91	55.73	16.94
KIA	RIO	2017	1	68.30	63.44	23.85
KIA	CERATO	2015	1	46.95	45.49	22.20
HYUNDAI	ACCENT	2016	4	45.75	15.33	23.50
HYUNDAI	ACCENT	2017	1	51.16	7.76	11.55
HYUNDAI	ELANTRA	2016	2	49.23	22.86	23.12
HYUNDAI	ELANTRA	2017	1	51.10	35.28	26.94
CHEVROLET	SAIL	2013	1	52.65	18.67	15.50
CHEVROLET	SAIL	2014	1	38.18	13.00	21.72
CHEVROLET	TRACKER	2017	2	57.89	34.38	7.21
Promedio				46.38	27.14	19.55

Fuente: Autoría propia.

Se observó en los resultados de los valores medios (tabla 5a y 5b), en las distintas marcas y modelos de vehículos convertidos que, la reducción del CO en GNV fue mayor en 12.57% a los autos convertidos a GLP, por otro lado, la reducción de HC también fue mayor en GNV con una diferencia de 23.91% con los autos convertidos a GLP, finalmente los gases de CO₂ + CO se redujeron en mayor cantidad en los vehículos convertidos a GNV con 5.91% a comparación con los autos convertidos a GLP.

Asimismo, se realizó una evaluación de la reducción de las emisiones según la marca del vehículo, en la figura 8, se evaluó a detalle la diferencia total de emisiones promediando los valores de 750 rpm y 2500 rpm de CO, HC y CO₂ + CO de manera porcentual en la marca Toyota.

Figura 8. Diferencia de emisiones en GNV y GLP en Toyota

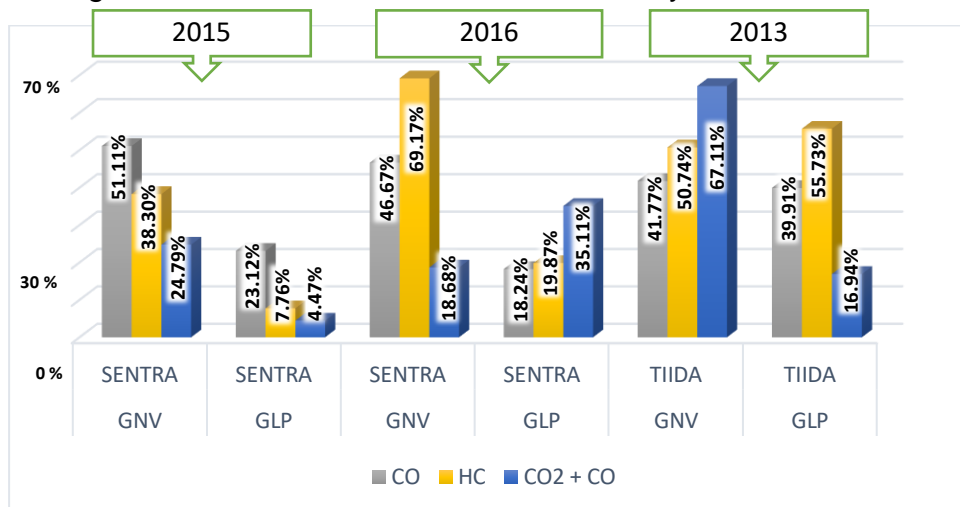


Fuente: Autoría propia

Los resultados de la evaluación de reducción porcentual de emisiones de gases en la marca de vehículo Toyota se observó que la mayor diferencia reducción de vehículos de CO fue en el modelo yaris del año 2014 con 47.46% a comparación del GLP, la mayor reducción de HC se obtuvo en el modelo yaris del año 2015 con 55.05% comparándolo con GLP y finalmente se obtuvo una mayor reducción de CO + CO₂ en GLP en el modelo yaris del año 2015 con 9.2% a diferencia con GNV.

En la Figura 9, se evaluó a detalle la diferencia total de emisiones de CO, HC y CO₂ + CO de manera porcentual tanto para la marca de vehículo Nissan.

Figura 9. Diferencia de emisiones en GNV y GLP en Nissan.

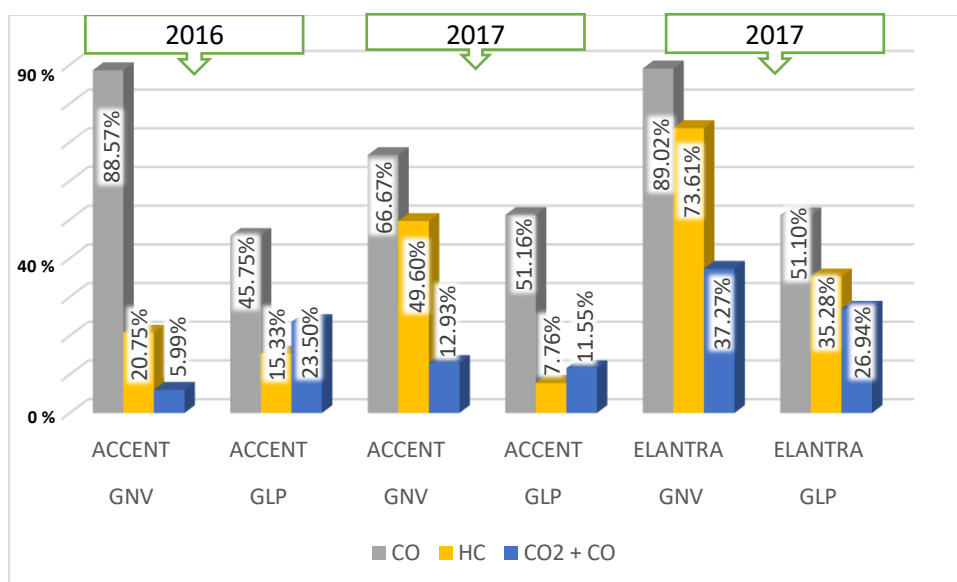


Fuente: Autoría propia

En la marca Nissan los resultados de la evaluación de reducción porcentual de emisiones de gases se observó que la mayor diferencia reducción de vehículos de CO fue en el modelo sentra en GNV del año 2015 con 27.99% de diferencia a GLP, en lo que respecta a HC se redujo más en GLP en el modelo tiida del año 2013 con 4.99% de diferencia a GNV y finalmente se obtuvo una mayor reducción de CO + CO₂ en GNV en el modelo tiida del año 2013 con 50.17% a diferencia con GLP.

En la Figura 10, se evaluó a detalle la diferencia total de emisiones de CO, HC y CO₂ + CO de manera porcentual en la marca de vehículo Hyundai del año 2017.

Figura 10. Diferencia de emisiones en GNV y GLP en Hyundai.

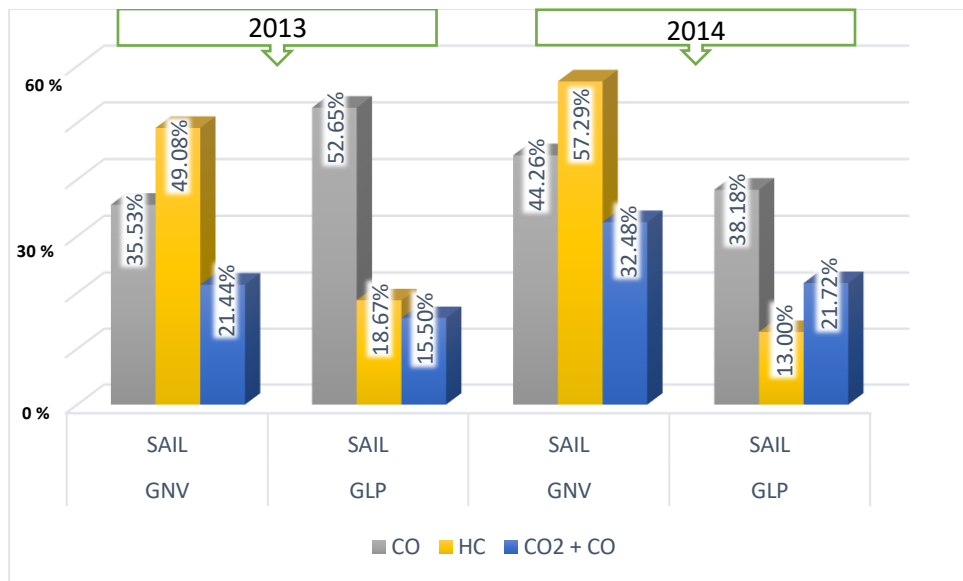


Fuente: Autoría propia

Los resultados en la marca Hyundai se observó que la mayor diferencia reducción de vehículos de CO fue en el modelo accent en GNV del año 2016 con 42.82% comparando a GLP, en lo que respecta a HC se redujo más en GNV en el modelo accent del año 2017 con 41.84% a diferencia del GLP y finalmente se obtuvo una mayor reducción de CO + CO₂ en GLP en el modelo accent del año 2016 con 17.51% a diferencia con GNV.

En la figura 11, se evaluó a detalle la diferencia total de emisiones de CO, HC y CO₂ + CO de manera porcentual en la marca de vehículo Chevrolet.

Figura 11. Diferencia de emisiones en GNV y GLP en Chevrolet.



Fuente: Autoría propia

Los resultados en la marca Chevrolet se observó que la mayor diferencia reducción de vehículos de CO fue en el modelo sail en GLP del año 2013 con 8.73% comparando a GNV, en lo que respecta a HC se redujo más en GLP en el modelo sail del año 2014 con 8.21% a diferencia del GNV y finalmente se obtuvo una mayor reducción de CO + CO₂ en GNV en el modelo sail del año 2014 con 10.76% a diferencia con GLP.

En la tabla 6 se demuestra la prueba de normalidad aplicados para encontrar los estadísticos paramétricos y no paramétricos en la presente tesis, asimismo se presentan los resultados del supuesto estadístico de la evaluación de homogeneidad de varianzas.

Tabla 6. Valor “p” de supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianzas para GNV y GLP.

	Prueba de normalidad		Prueba de homogeneidad	
	GNV	GLP	GNV	GLP
CO	0.042	0.15	0.00	0.00
HC	0.01	0.01		
CO + CO2	0.01	0.14		

Fuente: Autoría propia

Los resultados demuestran que las emisiones del GNV no presentaron la distribución normal, asimismo, en el caso de HC (GLP), los cuales se consideran no paramétricos, por tener un valor menor a 0.05, por tal motivo fue necesario aplicar la prueba Kruskal-Wallis para comprobar las hipótesis planteadas. Para los gases CO y CO+CO₂ en GLP los datos presentados cumplen con una distribución normal y homogeneidad de varianzas, aplicándose a estos ANOVA.

4.2 Influencia del año de fabricación, marca y revoluciones, en la reducción de gases (para vehículos convertidos a GNV)

En la tabla 7 se presenta la prueba estadística Kruskal-Wallis para el CO, HC y CO+CO₂ en GNV y para el HC en GLP.

Tabla 7. Resultados del Kruskal-Wallis para datos no paramétricos

Prueba estadística		
	Valor P	
CO	0.021	GNV
HC	0.022	
CO + CO ₂	0.004	
HC	0.031	GLP

Fuente: Autoría propia

Hipótesis nula: H₀: Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna: H₁: al menos una mediana es diferente

Los resultados del Kruskal-Wallis presentados en la tabla 9 demuestran que no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis nula, esto quiere decir que al menos una mediana es diferente.

4.3 Influencia del año de fabricación, marca y revoluciones, en la reducción de gases (para vehículos convertidos a GLP)

Se presenta la tabla 8, donde se identificó el análisis de varianza para reconocer el valor significativo del CO y CO+CO₂ entre marca, año y revoluciones de los vehículos en GLP.

Tabla 8. Análisis de Varianza del CO y CO+CO₂ en GLP

CO		
Fuente	GL	Valor P
Marca	5	0.319
Año	3	0.825
Revoluciones	2	0.518
Total	10	
CO + CO ₂		
Fuente	GL	Valor P
Marca	5	0.631
Año	3	0.008
Revoluciones	2	0.896
Total	10	

Fuente: Autoría Propia

Los resultados del análisis ANOVA demuestran que la marca, año y revoluciones al 95% de confianza, son no significativos para el gas CO, esto quiere decir que, la reducción del gas CO no depende ni de la marca, del año y revoluciones del vehículo, por otro lado, los gases de CO + CO₂ indican que la marca y las revoluciones son no significativos, esto quiere decir que, las reducciones de estos gases solo dependen del año del vehículo.

V. DISCUSIÓN

Dado el resultado de reducción del CO con 58.95% Johnson y Joshi (2018), comprobaron que las emisiones de CO están íntimamente ligadas a las propiedades del combustible, estableciendo un vínculo concluyente entre las emisiones y el contenido de aromáticos en la gasolina, es decir, que el combustible se evapora lentamente con el aumento de aromáticos, por tal motivo los gases de CO son menores en los motores a GNV.

Con respecto al resultado en la reducción de HC con promedio de 51.11% en vehículos a GNV, según un estudio realizado por Johnson y Joshi (2018) demostraron que la combustión de vehículos convertidos a GNV generan menores concentraciones de HC (etano y propano) debido a su composición menor de estos gases, cuando lo comparan con la combustión de gasolina.

Frente a los resultados con una reducción de CO₂ + CO de 25.46% para el uso de GNV, se realizó un estudio en donde demuestra que la emisión de CO₂ hacia la atmósfera se reduce en un tercio de parte, al crecimiento del compuesto del etanol, es decir, la composición del etanol en el GNV es mucho menor al de la gasolina, demostrando que las bondades teóricas ambientales del uso del GNV es mejor frente al uso de gasolina. (Mosquera, Fernandez y Mosquera 2010).

La reducción de emisiones de 46.38% en GLP en lo que respecta al CO comparado con el uso a gasolina, es debido a su eficiencia térmica en la compresión (ETC), en donde tiene un mejor comportamiento, disminuyendo la pérdida de calor en el cilindro, comparado con el funcionamiento a gasolina, mejorando aproximadamente 38% la ETC, dando paso a una mejor combustión del gas debido a la disociación del CO (Ahmed et al. 2020).

El GLP tiene menor porcentaje de emisiones en 19.55% del gas CO + CO₂ a comparación de la gasolina, porque su eficiencia termodinámica es superior a la gasolina, ya que, el combustible gaseoso tiene menos pérdidas de transferencia de calor en comparación con el calor necesario

para vaporizar el combustible líquido, resultando un mejor proceso de la combustión (da Costa et al. 2019).

En tanto, para todas las marcas y modelos, la reducción de emisiones de HC en GLP, su valor medio es de 27.14% se produce por una mejor actividad del catalizador, que sirve como filtros instalados en el tubo de escape de los vehículos, el cual trabaja en bajas y altas temperaturas donde tiene una buena capacidad de captura de HC, considerándose una posible reducción del 90% de HC a 150 °C. Este efecto beneficioso se atribuye a el catalizador proporciona sitios de almacenamiento alternativos para los HC, mitigando la inhibición al liberar los metales produciendo su oxidación (Johnson y Joshi 2018).

En los resultados presentados demuestra que la mezcla de gases CO + CO₂ es el que guarda influencia en la reducción de emisiones por el año de fabricación de los vehículos convertidos a GLP, sin embargo, no influye por la marca, ni las revoluciones del motor (750 – 2500) rpm, esta característica es porque se ven involucrados varios factores como el tiempo de inyección, presión de inyección y duración de la inyección cuando varían las revoluciones del motor, porque la presión de trabajo en GLP es menor con 1.2 bar de presión a diferencia de 2.0 bar de presión que trabaja el GNV, el efecto combinado de los mecanismos mencionados podría mejorar ligeramente la eficiencia del motor pero se asocia con un aumento de emisiones de HC y CO₂ (Girma T, Abd y Ftwi Y 2018).

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó las diferencias de emisiones de los gases (CO, HC y CO + CO₂), demostrando que existe una mayor reducción promediando los datos en los gases de CO de los vehículos de todas las marcas convertidos a GNV, debido a que el nivel de aromáticos en la composición de la gasolina provoca una mayor concentración de este gas, según estudios realizados previamente.
2. Se identificó la influencia de emisiones de gases (CO y CO₂ + CO) según el año de fabricación de los vehículos convertidos a GLP, donde se demuestra que la reducción de emisiones de CO no dependen del año, sin embargo, la mezcla gaseosa del CO₂ + CO si depende de este factor para su disminución, debido a que las propiedades de ambos combustibles no tienen las mismas condiciones de presión de trabajo siendo el GNV un gas con mejores características de menores emisiones.
3. Por otro lado, se identificó si las marcas de los vehículos convertidos influyen de la reducción emisiones de gases (CO, HC y CO₂ + CO), donde se demuestra que las disminuciones de concentraciones de estos tres gases no dependen de la marca, tanto para GNV como para GLP, puesto que, las concentraciones de estos combustibles siguen siendo las mismas en el combustible utilizado en todas las marcas de los vehículos analizados.
4. Finalmente, se identificó si la reducción de emisiones de gases (CO, HC y CO₂ + CO) influyen según las revoluciones del motor en los vehículos convertidos a GNV, donde se demuestra que la reducción de emisión de los gases de HC y CO + CO₂ no guardan relación, sin embargo, si lo hace el CO, por otro lado, en GLP ninguno de los tres depende de las revoluciones para su disminución de emisiones, debido a que la composición del GNV tiene una mejor eficiencia térmica en cualquier revolución aplicada.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda incentivar una investigación con respecto a la cantidad de material particulado que produce la combustión de estos combustibles y los impactos que pueden generar en la ciudad de Lima, existen muy pocos estudios que presentan este objetivo, para luego verificar si existe alguna relación con el aumento o disminución de emisión de los gases estudiados en la presente tesis.
2. Se recomienda profundizar el estudio involucrando más vehículos de otras marcas y aumentando la cantidad de autos convertidos a GLP y GNV en la ciudad de Lima, estableciendo un patrón de seguimiento a cada marca y así aclarar qué marca de vehículo contiene menores emisiones de gases contaminantes, y de esta manera, clasificarlos de menor a mayor escala de contaminación.
3. Se recomienda incentivar una investigación con autos de fabricación a partir del 2018 hasta la actualidad para comprobar que las emisiones de estos gases se reducen aún más, por efecto del avance tecnológico y estrategias que pueden contener los motores de combustión interna para minimizar los impactos producto de la combustión de este tipo de combustibles.

REFERENCIAS

- AAP, 2020. Informe del sector automotor. [en línea]. Lima - Perú: Disponible en: <https://aap.org.pe/informes-estadisticos/enero-2020/Informe-Enero-2020.pdf>.
- AHMED, S.A., ZHOU, S., TSEGAY, A.S., ZHU, Y., MALIK, A., AHMAD, N. y LEGESE, Z., 2020. Effects of CO₂ ratio in biogas on performance, combustion and emissions of a dual-fuel diesel engine. *International Energy Journal*, vol. 20, no. 1, pp. 15-38. ISSN 1513718X.
- ALEXANDRINO, K., VITERI, F., RYBARCZYK, Y., GUEVARA ANDINO, J.E. y ZALAKEVICIUTE, R., 2020. Biomonitoring of metal levels in urban areas with different vehicular traffic intensity by using *Araucaria heterophylla* needles. *Ecological Indicators* [en línea], vol. 117, no. March, pp. 106701. ISSN 1470160X. DOI 10.1016/j.ecolind.2020.106701. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106701>.
- AMARAL, L.V., SANTOS, N.D.S.A., ROSO, V.R., SEBASTIÃO, R. de C. de O. y PUJATTI, F.J.P., 2020. Effects of gasoline composition on engine performance, exhaust gases and operational costs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 135, no. July 2020. ISSN 18790690. DOI 10.1016/j.rser.2020.110196.
- BOLUDA, C.J., MACÍAS, M. y GONZÁLEZ MARRERO, J., 2019. La complejidad química de las gasolinas de automoción. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, vol. 2, no. 2, pp. 51-79. ISSN 2636-218X. DOI 10.22206/cyap.2019.v2i2.pp51-79.
- BRIZ-REDÓN, Á., BELENGUER-SAPIÑA, C. y SERRANO-AROCA, Á., 2020. Changes in air pollution during COVID-19 lockdown in Spain: A multi-city study. *Journal of Environmental Sciences (China)*, vol. 101, pp. 16-26. ISSN 18787320. DOI 10.1016/j.jes.2020.07.029.
- CADAVID, Y. y AMELL, A., 2019. The effect of natural gas composition and atmospheric humidity on premixed combustion across the regions of Colombia. *Thermal Science and Engineering Progress* [en línea], vol. 10, no.

January, pp. 198-207. ISSN 24519049. DOI 10.1016/j.tsep.2019.01.015.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2019.01.015>.

CASTILLO, J., ROJAS, V. y MARTÍNEZ, J., 2017. Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Revista Politécnica*, vol. 39, no. 1, pp. 49-57. ISSN 1390-0129. DOI 10.33333/rp.v39i1.719.

CHICA SEGOVIA, F., ESPINOZA MOLINA, F. y RIVERA CAMPOVERDE, N., 2010. Gas licuado de petróleo como combustible alternativo para motores diesel con la finalidad de reducir la contaminación del aire. *Ingenius*, no. 4. ISSN 1390-650X. DOI 10.17163/ings.n4.2010.08.

CONTRERAS URGILES, W.R., LEÓN JAPA, R.S. y MALDONADO ORTEGA, J.L., 2019. Predicción de emisiones de CO y HC en motores Otto mediante redes neuronales. *Ingenius*, no. 23, pp. 30-39. ISSN 1390-650X. DOI 10.17163/ings.n23.2020.03.

CULQUITANTE VIGO, R. y HUERTA CHOMBO, L., 2017. Evaluación De Las Emisiones Contaminantes En Los Vehículos Del Servicio De Taxi En Trujillo Metropolitano, 2017. *Universidad César Vallejo* [en línea], vol. 2196. Disponible en: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INNOVACION/article/view/1701/1380>.

DA COSTA, R.B.R., HERNÁNDEZ, J.J., TEIXEIRA, A.F., NETTO, N.A.D., VALLE, R.M., ROSO, V.R. y CORONADO, C.J.R., 2019. Combustion, performance and emission analysis of a natural gas-hydrous ethanol dual-fuel spark ignition engine with internal exhaust gas recirculation. *Energy Conversion and Management* [en línea], vol. 195, no. February, pp. 1187-1198. ISSN 01968904. DOI 10.1016/j.enconman.2019.05.094. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.094>.

DA PAN, TAO, L., SUN, K., GOLSTON, L.M., MILLER, D.J., ZHU, T., QIN, Y., ZHANG, Y., MAUZERALL, D.L. y ZONDLO, M.A., 2020. Methane emissions from natural gas vehicles in China. *Nature Communications* [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 1-10. ISSN 20411723. DOI 10.1038/s41467-020-18141-0.

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-18141-0>.

DAVISON, J., BERNARD, Y., BORKEN-KLEEFELD, J., FARREN, N.J., HAUSBERGER, S., SJÖDIN, Å., TATE, J.E., VAUGHAN, A.R. y CARSLAW, D.C., 2020. Distance-based emission factors from vehicle emission remote sensing measurements. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 739, pp. 139688. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139688. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139688>.

DIAZ MARCOS, D.E., 2018. *Modificación del sistema de combustión de calderas pirotubulares de 300 y 600 BHP de quemar petróleo residual a gas licuado de petróleo para disminuir la contaminación ambiental*. S.I.: Universidad Nacional del Callao.

ELIZONDO, A. y HERNÁNDEZ AMEZCUA, T., 2018. Regulación de las emisiones de CO₂ para vehículos ligeros en México. *Gestión y Política Pública* [en línea], pp. 571–594. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com.upc.remotexs.xyz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=487825ed-6b2f-43e2-97e8-b56aeb6a49dc%40pdc-v-sessmgr02>.

FERNANDO, J., GUASGUA, A., GORKY, G., CAMPAÑA, R. y GRANJA, M.E., 2016. Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1 , utilizando gasolina de la Comunidad Andina (Comparative study of emission of pollutant gases in vehicle M1 , using fuel of the Andean Community). *Enfoque UTE*, vol. 7, no. 3, pp. 110-119.

GIRMA T, C., ABD, R. y FTWI Y, H., 2018. Natural Gas Engine Technologies : Challenges and Energy Sustainability Issue. *Energies*, pp. 44. DOI 10.3390/en11112934.

HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C., 2018. *Metodología de la investigación las rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. S.I.: s.n. ISBN 978-1-4562-6096-5.

INCORVIA, C., 2015. COMPOSITIONS AND METHODS FOR TREATING SUBTERRANEAN FORMATIONS WITH LIQUEFIED PETROLEUM GAS. [en línea], vol. 2, no. 12. Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/33/25/79/854ded5cd9d55a/U>

S7341103.pdf.

IÑIGUEZ IZQUIERDO, J.F., REYES CAMPAÑA, G.G., RIVERA RIVERA, C.A. y VERA ORBE, E.S., 2017. Estudio de emisiones contaminantes producidas por un motor otto con el uso de gasolina y un combustible a base de 95% de gasolina y 5% de etanol. , vol. 2, no. 12, pp. 11-18.

JOHNSON, T. y JOSHI, A., 2018. Review of Vehicle Engine Efficiency and Emissions. *SAE International Journal of Engines*, vol. 11, no. 6, pp. 1307-1330. ISSN 19463944. DOI 10.4271/2018-01-0329.

KLIMENKO, O., 2020. Dynamic variable volume sampling method for determining mass emissions of polluting substances with exhaust gases. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 3, no. 10 (105), pp. 38-47. ISSN 1729-4061. DOI 10.15587/1729-4061.2020.206679.

LIANG, M.S., 2020. Assessing emission and power tradeoffs of biodiesel and n-Butanol in diesel blends for fuel sustainability. *Fuel* [en línea], vol. 283, no. May 2020, pp. 118861. ISSN 00162361. DOI 10.1016/j.fuel.2020.118861. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118861>.

LLANES CEDEÑO, E.A., CARGUACHI-CAIZATO, J.B. y ROCHA-HOYOS, J.C., 2018. Evaluación energética y exergética en un motor de combustión interna ciclo Otto de 1.6L. *Enfoque UTE*, vol. 9, no. 4, pp. 221-232. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoqueute.v9n4.365.

LLANES, E., ROCHA, J., PERALTA, D. y LEGUÍSAMO, J., 2018. Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE* [en línea], vol. 9, no. 2, pp. 149-158. ISSN 1390-9363. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/201/20>.

LOZANO MENA, D., QUINTERO ZAPATA, F. y SÁNCHEZ BRITO, G., 2017. *Motores de Combustión Interna*. 2017. S.l.: s.n.

MADRAZO, J., CLAPPIER, A., CUESTA, O., BELALCÁZAR, L.C. y GONZÁLEZ, Y., 2019. Evidence of traffic-generated air pollution in Havana. *Atmósfera*, vol. 32, no. 1, pp. 15-24. DOI 10.20937/ATM.2019.32.01.02.

- MARTÍNEZ, M., 2017. Public bus services versus congestion and pollution in Lima and Callao. *Economía* [en línea], vol. XXXIX, pp. 47-86. DOI 10.18800/economia.201701.002. Disponible en: <https://doi.org/10.18800/economia.201701.002>.
- MINAM, 2017. *Normas Legales D.S. N° 010-2017-MINAM*. 2017. S.I.: s.n. 010-2017-MINAM.
- MINEM, 2017. Balance Nacional de Energia Peru 2017. *Balance Nacional de Energía* [en línea]. S.I.: Disponible en: https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia_energetica/publicaciones/BNE_2017.pdf.
- MONTES-MUNOZ, P., ZAFRA-MEJIA, C. y PACHON-QUINCHE, J., 2019. Contaminación atmosférica por material particulado resuspendido: Factores físicos condicionantes en áreas urbanas. *Conference Proceedings - Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad de Aire y Salud Publica, CASAP 2019*, no. Fase 1, pp. 8-11. DOI 10.1109/CASAP.2019.8916730.
- MOSQUERA, Jose, FERNANDEZ, S. y MOSQUERA, Julio, 2010. ANÁLISIS DE EMISIONES DE CO2 PARA DIFERENTES COMBUSTIBLES EN LA POBLACION DE TAXIS EN PEREIRA Y DOSQUEBRADAS. *Scientia et Technica*, vol. 2, no. 45, pp. 141-146. ISSN 0122-1701. DOI 10.22517/23447214.385.
- MTC, 2006. *Resolucion Directorial N° 002-2006-MTC/15 Manual de dispositivo de control de transito automotor para calles y carreteras*. [en línea]. 2006. Perú: s.n. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/338049/1_0_1743_.pdf.
- MUKHERJEE, A., MCCARTHY, M.C., BROWN, S.G., HUANG, S.M., LANDSBERG, K. y EISINGER, D.S., 2020. Influence of roadway emissions on near-road PM2.5: Monitoring data analysis and implications. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [en línea], vol. 86, no. July, pp. 102442. ISSN 13619209. DOI 10.1016/j.trd.2020.102442. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102442>.

- OSINERGMIN, 2016. Análisis de resultados de las actividades de comercialización de Hidrocarburos. . Perú:
- PEREZ COTRINA, D., 2017. *Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por la conversión en motores gasolineros del parque automotor en SJL, 2018*. S.l.: Cesar Vallejo.
- PÉREZ DARQUEA, D.G., 2017. Estudio De Emisiones Contaminantes Utilizando Combustibles Locales Study of Polluting Emissions Using Local Fuels. *INNOVA Research Journal*, vol. 2, no. 23, pp. 23-34.
- PETROPERÚ, G., 2017. *Petróleos del Perú - Petroperú S.A. especificaciones técnicas petroperú*. 2017. S.l.: s.n.
- RAMADHANI KHIJA, LUDOVICK UTTOH, M.K.T., 2015. Sistema de Gestion Ambiental. *Ekp*, vol. 13, no. 3, pp. 1576-1580.
- RICHARD, B., CHRISTENSON, M., ROSENBLATT, D. y CONDE, A., 2016. Comparison of Pollutant Emissions from Common Platform Vehicles Operating on Alternative Fuels over a Range of Driving Cycles at Standard and Cold Ambient Temperatures. *SAE International*, DOI 10.4271/2016-01-2216.Abstract.
- RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, J., RAMOS, Á., BARBA, J., CÁRDENAS, D. y DELGADO, J., 2020. Improving fuel economy and engine performance through gasoline fuel octane rating. *Energies*, vol. 13, no. 13. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en13133499.
- ROLANDO BARRETO, O., 2017. *Comparación del desempeño de varias calidades de gas natural y evaluación de viabilidad para el uso de biogas como combustible para vehículos que operan con GNCV*. S.l.: s.n.
- SALUD, O.M. de la, 2005. *Actualización mundial 2005* [en línea]. 2005. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>.%0AGuías.
- SAMANIEGO-OJEDA, C., HERNÁNDEZ, O.H.Á. y CORREA, J.M., 2017. Emisiones provocadas por combustión de GLP a partir de calefones en la ciudad de Loja y su posible relación con enfermedades respiratorias agudas (ERA's). *Cedamaz* [en línea], vol. 6, no. 1, pp. 60-67. Disponible en:

<http://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/62>.

- SDA, 2010. *Plan decenal de descontaminación del aire de Bogotá* [en línea]. Gatos Geme. Colombia: s.n. ISBN 9789806810457. Disponible en: http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&groupId=55886.
- SHARMA, R., KUMAR, R., SINGH, P.K., RABOACA, M.S. y FELSEGHI, R.-A., 2020. A Systematic Study on the Analysis of the Emission of CO, CO₂ and HC for Four-Wheelers and Its Impact on the Sustainable Ecosystem. *Sustainability*, vol. 12, no. 17, pp. 6707. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su12176707.
- SMITH, D., 2009. El GLP y la calidad del aire local Análisis científico. *Atlantic Consulting*,
- TSELISHCHEV, A. y LORIYA, M., 2020. RESEARCH OF CHANGE IN FRACTION COMPOSITION OF VEHICLE GASOLINE IN THE MODIFICATION OF ITS. , no. 5, pp. 12-20. DOI 10.21303/2461-4262.2020.001399.
- VILLEGAS, M., CARLOS, G., VERA, G., MARIO, G., S, G. De y DAVID, E., 2009. Efecto sobre la potencia y emisiones de escape en vehículos con sistemas bi-combustibles , GNV y Gasolina. *Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice*, pp. 1-11.
- WANG, X. y GE, Y., 2014. Comparison of Regulated Emissions and Particulate Matter of Gasoline / CNG Dual-Fuel Taxi Over New European Driving Cycle. *SAE International* [en línea], DOI 10.4271/2014-01-1467. Copyright. Disponible en: <http://papers.sae.org/2014-01-1467>.
- WANG, Y., RONG, Z., QIN, Y., PENG, J., LI, M., LEI, J., WU, Y., MIN, H. y SHIJIN, S., 2016. The impact of fuel compositions on the particulate emissions of direct injection gasoline engine. *Fuel* [en línea], vol. 166, pp. 543-552. ISSN 00162361. DOI 10.1016/j.fuel.2015.11.019. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2015.11.019>.
- ZHANG, M., GE, Y., WANG, X., THOMAS, D., SU, S. y LI, H., 2020. An assessment of how bio-E10 will impact the vehicle-related ozone

contamination in China. *Energy Reports*, vol. 6, pp. 572-581. ISSN 23524847. DOI 10.1016/j.egy.2020.02.036.

ANEXO 1. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Estudio de las emisiones de gases vehiculares	La contaminación de la gasolina se produce principalmente por los autos, los cuales a causa de la combustión sueltan gases nocivos por el conducto de escape (Iñiguez Izquierdo et al. 2017).	El estudio de las emisiones de gases vehiculares presentan porcentajes de emisión de diversos parámetros, los cuales se encuentran relacionados con las emisiones de gases en uso de combustible a gasolina, GLP y GNV.	Emisiones de gases en uso de combustible a gasolina	Porcentaje de emisiones de CO + CO2	Intervalo
				Porcentaje de emisiones de HC	
			Emisiones de gases en uso de combustible a GLP	Porcentaje de emisiones de CO+CO2	Intervalo
				Porcentaje de emisiones de HC	
			Emisiones de gases en uso de combustible a GNV	Porcentaje de emisiones de CO + CO2	Intervalo
				Porcentaje de emisiones de HC	
Autos convertidos de gasolina a GLP o GNV	En Lima y Callao se introdujo gas natural a partir del año 2004 y su consumo tiende al crecimiento en un 2% a 4% de manera anual, el GLP se empezó a masificar su consumo a partir del año 2010, desde entonces su consumo incrementa en un promedio anual de 4.1% (MEM 2019).	Los autos convertidos de gasolina a GLP o GNV, presentan distintas categorías, como marca (Hyundai, Kia, Nissan, Toyota, Chavrolet), modelo (modelo del 1 al 10) y año (del 2013 al 2018), los cuales se distribuyen en intervalos.	MARCA	HYUNDAI	Intervalo
				KIA	
				NISSAN	
				TOYOTA	
			MODELO	modelo 1	Intervalo
				modelo 2	
				modelo 3	
				modelo 4	
				modelo 5	
				modelo 6	
				modelo 7	
				modelo 8	
			AÑO	2013	Intervalo
				2014	
2015					
2016					
2017					
2018					

ANEXO 2. CUADRO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TIPO	PLACA	MARCA	MODELO	AÑO	CO (%VOL)	HC (PPM)	CO2 (%VOL)	RPM
GNV	BFV286	TOYOTA	YARIS	2016	0.1	2	8.6	750
GNV	BFV286	TOYOTA	YARIS	2016	0.15	12	11	2500
GASOLINA	BFV286	TOYOTA	YARIS	2016	0.2	4	7.2	750
GASOLINA	BFV286	TOYOTA	YARIS	2016	0.25	59	14.8	2500
GNV	F8Z433	TOYOTA	YARIS	2014	0.1	49	10.6	750
GNV	F8Z433	TOYOTA	YARIS	2014	0.16	102	11.5	2500
GASOLINA	F8Z433	TOYOTA	YARIS	2014	0.2	101	13.7	750
GASOLINA	F8Z433	TOYOTA	YARIS	2014	0.82	184	14.7	2500
GNV	AEB579	TOYOTA	YARIS	2015	0.01	116	11.8	750
GNV	AEB579	TOYOTA	YARIS	2015	0.02	85	11.7	2500
GASOLINA	AEB579	TOYOTA	YARIS	2015	0.52	513	14.2	750
GASOLINA	AEB579	TOYOTA	YARIS	2015	0.03	94	15.1	2500
GNV	BCE555	TOYOTA	YARIS	2016	0.06	56	10.2	750
GNV	BCE555	TOYOTA	YARIS	2016	0.08	35	8.3	2500
GASOLINA	BCE555	TOYOTA	YARIS	2016	0.52	110	18.3	750
GASOLINA	BCE555	TOYOTA	YARIS	2016	0.38	95	10.3	2500
GNV	AAQ580	TOYOTA	YARIS	2014	0.01	85	12.5	750
GNV	AAQ580	TOYOTA	YARIS	2014	0.1	49	10.5	2500
GASOLINA	AAQ580	TOYOTA	YARIS	2014	0.16	106	14.3	750
GASOLINA	AAQ580	TOYOTA	YARIS	2014	0.22	92	15.2	2500
GNV	F8H079	TOYOTA	COROLLA	2015	0.24	63	10.3	750
GNV	F8H079	TOYOTA	COROLLA	2015	0.32	43	9.2	2500
GASOLINA	F8H079	TOYOTA	COROLLA	2015	0.26	105	13.2	750
GASOLINA	F8H079	TOYOTA	COROLLA	2015	0.37	114	10.3	2500
GLP	F8Q186	TOYOTA	COROLLA	2015	0.38	150	10.5	750
GLP	F8Q186	TOYOTA	COROLLA	2015	0.67	106	11.2	2500
GASOLINA	F8Q186	TOYOTA	COROLLA	2015	1.62	195	12.3	750
GASOLINA	F8Q186	TOYOTA	COROLLA	2015	0.89	120	15.1	2500
GLP	BNI660	TOYOTA	YARIS	2016	0.03	5	12.3	750
GLP	BNI660	TOYOTA	YARIS	2016	0.01	10	13.7	2500
GASOLINA	BNI660	TOYOTA	YARIS	2016	0.1	19	15.5	750
GASOLINA	BNI660	TOYOTA	YARIS	2016	0.03	12	15.4	2500
GLP	BER646	TOYOTA	COROLLA	2015	0.53	102	13.2	750
GLP	BER646	TOYOTA	COROLLA	2015	0.41	92	10.8	2500
GASOLINA	BER646	TOYOTA	COROLLA	2015	0.53	161	14.8	750
GASOLINA	BER646	TOYOTA	COROLLA	2015	0.81	125	15.5	2500
GLP	ALS216	TOYOTA	YARIS	2015	0.49	92	8.36	750
GLP	ALS216	TOYOTA	YARIS	2015	0.41	71	7.12	2500
GASOLINA	ALS216	TOYOTA	YARIS	2015	1.35	110	12.6	750
GASOLINA	ALS216	TOYOTA	YARIS	2015	0.82	105	10.5	2500
GLP	C5H038	TOYOTA	COROLLA	2013	0.6	113	12.8	750

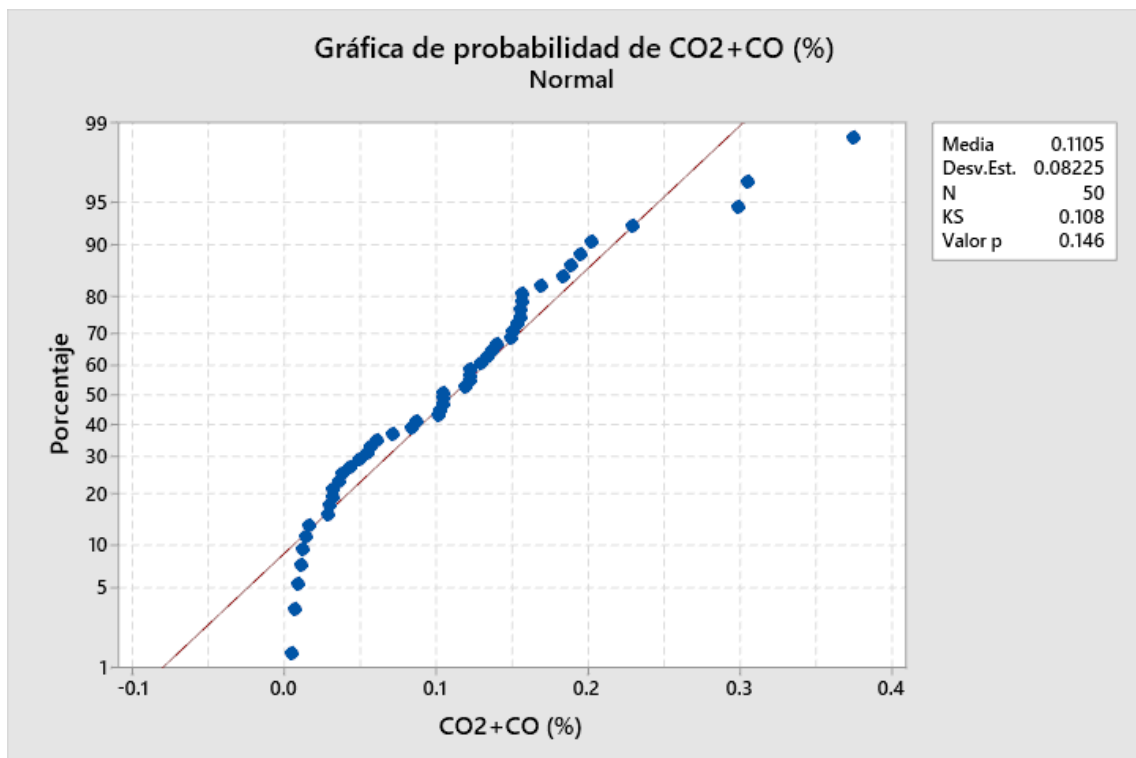
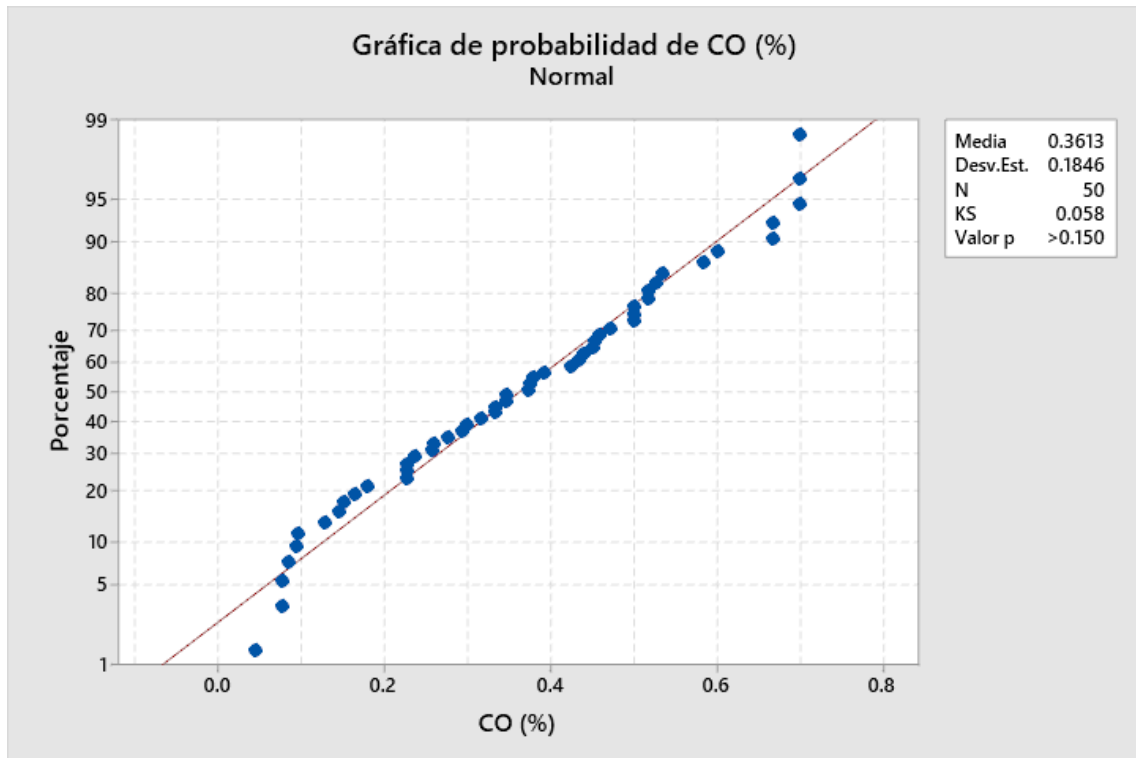
GLP	C5H038	TOYOTA	COROLLA	2013	0.29	86	10.4	2500
GASOLINA	C5H038	TOYOTA	COROLLA	2013	0.75	152	15.3	750
GASOLINA	C5H038	TOYOTA	COROLLA	2013	0.35	116	10.9	2500
GLP	T2Q131	TOYOTA	YARIS	2014	0.75	95	13.5	750
GLP	T2Q131	TOYOTA	YARIS	2014	0.41	85	9.5	2500
GASOLINA	T2Q131	TOYOTA	YARIS	2014	0.89	115	14.2	750
GASOLINA	T2Q131	TOYOTA	YARIS	2014	0.68	95	12.3	2500
GLP	W2C306	TOYOTA	COROLLA	2013	0.76	105	12.5	750
GLP	W2C306	TOYOTA	COROLLA	2013	0.52	92	10.5	2500
GASOLINA	W2C306	TOYOTA	COROLLA	2013	1.53	135	15.6	750
GASOLINA	W2C306	TOYOTA	COROLLA	2013	0.95	113	13.5	2500
GLP	ALO649	TOYOTA	YARIS	2015	0.32	185	10.2	750
GLP	ALO649	TOYOTA	YARIS	2015	0.49	106	10.5	2500
GASOLINA	ALO649	TOYOTA	YARIS	2015	1.8	130	13.2	750
GASOLINA	ALO649	TOYOTA	YARIS	2015	0.75	170	13.4	2500
GLP	AWC050	TOYOTA	COROLLA	2013	0.85	153	10.5	750
GLP	AWC050	TOYOTA	COROLLA	2013	0.63	135	11.3	2500
GASOLINA	AWC050	TOYOTA	COROLLA	2013	1.26	172	12.4	750
GASOLINA	AWC050	TOYOTA	COROLLA	2013	1.1	156	13.1	2500
GNV	AJF613	NISSAN	SENTRA	2015	0.04	268	11.5	750
GNV	AJF613	NISSAN	SENTRA	2015	0.49	119	11.4	2500
GASOLINA	AJF613	NISSAN	SENTRA	2015	0.43	417	14.2	750
GASOLINA	AJF613	NISSAN	SENTRA	2015	0.51	159	15.3	2500
GNV	V1T191	NISSAN	SENTRA	2016	0.02	54	13.8	750
GNV	V1T191	NISSAN	SENTRA	2016	0.01	16	13.9	2500
GASOLINA	V1T191	NISSAN	SENTRA	2016	0.1	112	15.5	750
GASOLINA	V1T191	NISSAN	SENTRA	2016	0.2	100	15.3	2500
GNV	AMR304	NISSAN	SENTRA	2016	0.54	127	8.8	750
GNV	AMR304	NISSAN	SENTRA	2016	0.63	140	10.8	2500
GASOLINA	AMR304	NISSAN	SENTRA	2016	0.08	432	14	750
GASOLINA	AMR304	NISSAN	SENTRA	2016	0.26	449	14.2	2500
GNV	AJF613	NISSAN	SENTRA	2015	0.09	42	10.5	750
GNV	AJF613	NISSAN	SENTRA	2015	0.04	35	10.2	2500
GASOLINA	AJF613	NISSAN	SENTRA	2015	0.15	94	14.5	750
GASOLINA	AJF613	NISSAN	SENTRA	2015	0.26	82	13.5	2500
GNV	W1J320	NISSAN	TIIDA	2013	0.57	105	10.9	750
GNV	W1J320	NISSAN	TIIDA	2013	0.35	95	8.5	2500
GASOLINA	W1J320	NISSAN	TIIDA	2013	0.84	250	13.9	750
GASOLINA	W1J320	NISSAN	TIIDA	2013	0.74	156	14.8	2500
GLP	D1L005	NISSAN	TIIDA	2013	0.83	10	13.1	750
GLP	D1L006	NISSAN	TIIDA	2013	0.71	12	10.5	2500
GASOLINA	D1L007	NISSAN	TIIDA	2013	1.61	92	15.5	750
GASOLINA	D1L008	NISSAN	TIIDA	2013	1.46	88	13.9	2500
GLP	APT649	NISSAN	SENTRA	2016	0.8	75	9.7	750
GLP	APT649	NISSAN	SENTRA	2016	0.5	46	11.9	2500
GASOLINA	APT649	NISSAN	SENTRA	2016	0.76	82	19.4	750

GASOLINA	APT649	NISSAN	SENTRA	2016	0.83	69	14.3	2500
GLP	ABW444	NISSAN	SENTRA	2015	0.68	116	10.9	750
GLP	ABW444	NISSAN	SENTRA	2015	0.65	98	11.3	2500
GASOLINA	ABW444	NISSAN	SENTRA	2015	0.95	127	12.4	750
GASOLINA	ABW444	NISSAN	SENTRA	2015	0.78	105	10.5	2500
GLP	C0P112	NISSAN	TIIDA	2013	0.72	73	13.8	750
GLP	C0P112	NISSAN	TIIDA	2013	0.39	48	13.7	2500
GASOLINA	C0P112	NISSAN	TIIDA	2013	0.91	91	15.5	750
GASOLINA	C0P112	NISSAN	TIIDA	2013	0.43	52	15.4	2500
GNV	AHO-426	KIA	RIO	2014	0.06	114	14.1	750
GNV	AHO-426	KIA	RIO	2014	0.03	98	14	2500
GASOLINA	AHO-426	KIA	RIO	2014	0.72	164	15.1	750
GASOLINA	AHO-426	KIA	RIO	2014	0.14	137	15.8	2500
GNV	F8V245	KIA	RIO	2014	0.01	111	11.7	750
GNV	F8V245	KIA	RIO	2014	0.1	132	10.2	2500
GASOLINA	F8V245	KIA	RIO	2014	0.16	213	15.3	750
GASOLINA	F8V245	KIA	RIO	2014	0.22	164	15.2	2500
GNV	ADB568	KIA	RIO	2014	0.03	87	11.7	750
GNV	ADB568	KIA	RIO	2014	0.09	61	11.7	2500
GASOLINA	ADB568	KIA	RIO	2014	0.13	187	15.4	750
GASOLINA	ADB568	KIA	RIO	2014	0.19	76	15.3	2500
GNV	AUV058	KIA	RIO	2017	0.01	52	10.2	750
GNV	AUV058	KIA	RIO	2017	0.1	46	9.2	2500
GASOLINA	AUV058	KIA	RIO	2017	0.12	102	14.3	750
GASOLINA	AUV058	KIA	RIO	2017	0.05	62	12.3	2500
GNV	AMH480	KIA	RIO	2017	0.06	23	10.2	750
GNV	AMH480	KIA	RIO	2017	0.01	10	9.2	2500
GASOLINA	AMH480	KIA	RIO	2017	0.18	54	12.3	750
GASOLINA	AMH480	KIA	RIO	2017	0.1	12	10.2	2500
GNV	ADX109	KIA	RIO	2017	0.05	27	9.8	750
GNV	ADX109	KIA	RIO	2017	0.1	15	4.6	2500
GASOLINA	ADX109	KIA	RIO	2017	0.13	45	10.3	750
GASOLINA	ADX109	KIA	RIO	2017	0.08	36	14.5	2500
GNV	ACM676	KIA	CERATO	2015	0.27	153	10.7	750
GNV	ACM676	KIA	CERATO	2015	0.79	105	10.8	2500
GASOLINA	ACM676	KIA	CERATO	2015	0.35	331	14	750
GASOLINA	ACM676	KIA	CERATO	2015	0.88	297	14.3	2500
GNV	D3L196	KIA	CERATO	2015	0.08	32	10.7	750
GNV	D3L196	KIA	CERATO	2015	0.03	46	9.8	2500
GASOLINA	D3L196	KIA	CERATO	2015	0.24	123	14.3	750
GASOLINA	D3L196	KIA	CERATO	2015	0.34	118	13.5	2500
GLP	AZF688	KIA	RIO	2017	0.33	200	11.2	750
GLP	AZF688	KIA	RIO	2017	0.51	102	11.3	2500
GASOLINA	AZF688	KIA	RIO	2017	1.87	456	13.7	750
GASOLINA	AZF688	KIA	RIO	2017	0.78	370	14.3	2500
GLP	A2Y613	KIA	CERATO	2015	0.53	65	9.6	750

GLP	A2Y613	KIA	CERATO	2015	0.34	86	8.7	2500
GASOLINA	A2Y613	KIA	CERATO	2015	0.96	142	12.6	750
GASOLINA	A2Y613	KIA	CERATO	2015	0.68	135	10.4	2500
GNV	AUA110	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.04	14	13.9	750
GNV	AUA110	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.08	28	13.6	2500
GASOLINA	AUA110	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.1	20	15.6	750
GASOLINA	AUA110	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.95	33	14.8	2500
GNV	AZB550	HYUNDAI	ACCENT	2017	0.01	128	11.8	750
GNV	AZB550	HYUNDAI	ACCENT	2017	0.07	61	9.4	2500
GASOLINA	AZB550	HYUNDAI	ACCENT	2017	0.1	303	11.1	750
GASOLINA	AZB550	HYUNDAI	ACCENT	2017	0.14	72	13.1	2500
GNV	B7O366	HYUNDAI	ELANTRA	2017	0.07	23	9.3	750
GNV	B7O366	HYUNDAI	ELANTRA	2017	0.02	15	8.5	2500
GASOLINA	B7O366	HYUNDAI	ELANTRA	2017	0.5	85	14.2	750
GASOLINA	B7O366	HYUNDAI	ELANTRA	2017	0.32	59	13.5	2500
GLP	D2F317	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.51	130	10.8	750
GLP	D2F317	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.32	110	12.3	2500
GASOLINA	D2F317	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.68	138	14.9	750
GASOLINA	D2F317	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.36	116	13.6	2500
GLP	ATV322	HYUNDAI	ACCENT	2017	0.15	106	13.8	750
GLP	ATV322	HYUNDAI	ACCENT	2017	0.06	96	13.7	2500
GASOLINA	ATV322	HYUNDAI	ACCENT	2017	0.29	120	15.5	750
GASOLINA	ATV322	HYUNDAI	ACCENT	2017	0.14	99	15.4	2500
GLP	AJR553	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.09	59	13.8	750
GLP	AJR553	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.06	44	13.7	2500
GASOLINA	AJR553	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.16	86	15.5	750
GASOLINA	AJR553	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.08	82	15.4	2500
GLP	BCS087	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.03	121	9.62	750
GLP	BCS087	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.01	110	8.35	2500
GASOLINA	BCS087	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.1	130	15.8	750
GASOLINA	BCS087	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.03	122	13.7	2500
GLP	ANX468	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.23	69	10.6	750
GLP	ANX468	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.41	75	9.1	2500
GASOLINA	ANX468	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.93	92	13.8	750
GASOLINA	ANX468	HYUNDAI	ACCENT	2016	0.72	82	11.8	2500
GLP	AJZ329	HYUNDAI	ELANTRA	2016	0.75	136	10.9	750
GLP	AJZ329	HYUNDAI	ELANTRA	2016	0.53	142	9.3	2500
GASOLINA	AJZ329	HYUNDAI	ELANTRA	2016	1.31	149	14.8	750
GASOLINA	AJZ329	HYUNDAI	ELANTRA	2016	0.92	163	11.5	2500
GLP	AKL060	HYUNDAI	ELANTRA	2016	0.53	142	9.62	750
GLP	AKL060	HYUNDAI	ELANTRA	2016	0.49	120	8.42	2500
GASOLINA	AKL060	HYUNDAI	ELANTRA	2016	1.32	203	11.8	750
GASOLINA	AKL060	HYUNDAI	ELANTRA	2016	0.98	185	10.1	2500
GLP	AKT356	HYUNDAI	ELANTRA	2017	0.42	120	9.23	750
GLP	AKT356	HYUNDAI	ELANTRA	2017	0.38	75	8.12	2500
GASOLINA	AKT356	HYUNDAI	ELANTRA	2017	0.58	130	10.5	750

GASOLINA	AKT356	HYUNDAI	ELANTRA	2017	0.42	86	9.31	2500
GNV	F1M031	CHEVROLET	SAIL	2013	0.47	79	9.5	750
GNV	F1M031	CHEVROLET	SAIL	2013	0.62	130	10.3	2500
GASOLINA	F1M031	CHEVROLET	SAIL	2013	0.67	201	12.4	750
GASOLINA	F1M031	CHEVROLET	SAIL	2013	0.9	212	13.7	2500
GNV	D3Q623	CHEVROLET	SAIL	2013	0.39	80	9.2	750
GNV	D3Q623	CHEVROLET	SAIL	2013	0.57	125	10.1	2500
GASOLINA	D3Q623	CHEVROLET	SAIL	2013	0.76	190	10.5	750
GASOLINA	D3Q623	CHEVROLET	SAIL	2013	0.85	210	12.6	2500
GNV	C0W555	CHEVROLET	SAIL	2014	0.34	74	11.5	750
GNV	C0W555	CHEVROLET	SAIL	2014	0.45	68	9.8	2500
GASOLINA	C0W555	CHEVROLET	SAIL	2014	0.63	143	15.1	750
GASOLINA	C0W555	CHEVROLET	SAIL	2014	0.76	125	14.8	2500
GNV	AKT509	CHEVROLET	SAIL	2014	0.15	39	9.5	750
GNV	AKT509	CHEVROLET	SAIL	2014	0.08	27	10.4	2500
GASOLINA	AKT509	CHEVROLET	SAIL	2014	0.25	105	14.6	750
GASOLINA	AKT509	CHEVROLET	SAIL	2014	0.19	114	16.2	2500
GLP	F9L022	CHEVROLET	SAIL	2013	0.85	35	13.8	750
GLP	F9L022	CHEVROLET	SAIL	2013	0.49	26	13.7	2500
GASOLINA	F9L022	CHEVROLET	SAIL	2013	1.53	45	15.5	750
GASOLINA	F9L022	CHEVROLET	SAIL	2013	1.3	30	15.8	2500
GLP	AJD288	CHEVROLET	SAIL	2014	0.49	135	10.5	750
GLP	AJD288	CHEVROLET	SAIL	2014	0.53	126	11.3	2500
GASOLINA	AJD288	CHEVROLET	SAIL	2014	0.93	168	14.3	750
GASOLINA	AJD288	CHEVROLET	SAIL	2014	0.72	132	13.2	2500
GLP	BHW060	CHEVROLET	TRACKER	2017	0.02	5	13.8	750
GLP	BHW060	CHEVROLET	TRACKER	2017	0.01	9	13.7	2500
GASOLINA	BHW060	CHEVROLET	TRACKER	2017	0.2	10	15.5	750
GASOLINA	BHW060	CHEVROLET	TRACKER	2017	0.4	12	15.4	2500
GLP	F1P571	CHEVROLET	TRACKER	2017	0.03	3	15	750
GLP	F1P571	CHEVROLET	TRACKER	2017	0.02	4	14.2	2500
GASOLINA	F1P571	CHEVROLET	TRACKER	2017	0.1	6	14.8	750
GASOLINA	F1P571	CHEVROLET	TRACKER	2017	0.03	4	15.3	2500

ANEXO 3. Prueba de normalidad de CO, HC Y CO+CO₂ en GLP.



ANEXO 4. Homogeneidad de varianzas

