



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**

**Evaluación de emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de  
Huacho con el método testo – 2023**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental**

**Autor**

**Kervyn Fernando Calero Valle**

**Asesor**

**Ing. Luis Miguel Chávez Barbery**

**Huacho – Perú**

**2023**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIAS, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Kervyn Fernando Calero Valle	71836038	23-11-2023
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Ing. Luis Miguel Chávez Barbery	15759159	0000-0001-7816-1582
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Fredesvindo Fernandez Herrera	40588728	0000-0003-2973-7973
Mg. Hellen Yahaira Huertas Pomasoncco	46741141	0000-0002-4204-7320
Mg. Tania Ivette Mendez Izquierdo	46925087	0000-0002-2473-4610

## Evaluación de emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho con el método testo – 2023

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>19%</b>	<b>18%</b>	<b>7%</b>	<b>12%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.unjfsc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.bizkaia.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>dspace.ups.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>MENDOZA GARCIA JOSE TOMAS. "DIA de la Modificación y/o Ampliación de la Estación de Servicios 28 de Julio-IGA0008978", R.D. N° 247-2011-MEM/AAE, 2022</b> Publicación	<b>&lt;1%</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Evaluación de emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de  
Huacho con el método testo – 2023”**

**Jurado evaluador:**



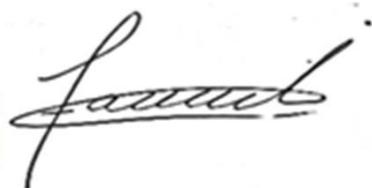
**Dr. FREDESVINDO FERNANDEZ HERRERA**

**Presidente**



**Mg. HELLEN HUERTAS PAMASONCCO**

**Secretaria**



**MG. TANIA IVETTE MENDEZ IZQUIERDO**

**Vocal**



**ING. LUIS MIGUEL CHAVEZ BARBERY**

**Asesor**

**HUACHO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi guía en, por su fortaleza para llegar a mis metas y proteger a mis seres queridos.

A mis padres Sila Valle y Fernando Calero por su apoyo incondicional que me impulsaron a forjar un camino hacia el éxito. A mis hermanos que me acompañaron durante toda mi etapa profesional

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, por acogerme en toda mi formación profesional, a los docentes por brindarme su sapiencia.

Al Ing. Luis Miguel Chávez Barbery, por su brindarme soporte y paciencia.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.2.1 Problema General.....	2
1.2.2 Problemas Específicos.....	2
1.3 Objetivos de la Investigación.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Justificación de la Investigación.....	2
1.5 Delimitación del estudio.....	3
CAPÍTULO II.    MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	4
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	5
2.2 Bases teóricas.....	7
2.3 Definición de términos básicos.....	18
2.4 Hipótesis de la Investigación.....	18
2.4.1 Hipótesis general.....	18
2.4.2 Hipótesis específicos.....	19
2.5 Operacionalización de las variables.....	20
CAPÍTULO III.    METODOLOGÍA.....	21
3.1 Diseño metodológico.....	21
3.2 Población y muestras.....	22

3.2.1 Población .....	22
3.2.2 Muestras.....	23
3.3 Técnicas de recolección de datos .....	28
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información.....	29
CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	30
4.1. Análisis de resultados de la estación de monitoreo EV-01 .....	30
4.2. Análisis de resultados de la estación de monitoreo EV-02 .....	34
4.3. Análisis de resultados de la estación de monitoreo EV-03 .....	38
4.4. Análisis de resultados de la estación de monitoreo EV-04 .....	42
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....	48
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
6.1. Conclusiones .....	49
6.2. Recomendaciones .....	50
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS .....	51
ANEXOS .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Índice de Bacharach.....	11
Tabla 2 Límites máximos permisibles para vehículos en circulación – D.S. N° 010-2017-MINAM .....	17
Tabla 3 Operacionalización de variables .....	20
Tabla 4 Georreferenciación de las Estaciones de Monitoreo.....	21
Tabla 5 Población total de vehículos .....	23
Tabla 6 Valores estadísticos establecidos .....	23
Tabla 7 Subestación de muestreo de la estación EV-01 .....	24
Tabla 8 Subestación de muestreo de la estación EV-02 .....	25
Tabla 9 Subestación de muestreo de la estación EV-03 .....	26
Tabla 10 Subestación de muestreo de la estación EV-04 .....	27
Tabla 11 Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-01.....	30
Tabla 12 Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-01.....	31
Tabla 13 Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-01 .....	33
Tabla 14 Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-02.....	34
Tabla 15 Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-02.....	35
Tabla 16 Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-02 .....	37
Tabla 17 Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-03.....	38
Tabla 18 Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-03.....	40
Tabla 19 Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-03 .....	41
Tabla 20 Tabla de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-04 .....	42
Tabla 21 Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-04.....	43
Tabla 22 Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-04 .....	44
Tabla 23 Niveles de opacidad de vehículos de Huacho.....	46
Tabla 24 Niveles de opacidad y tipo de combustibles en vehículos antes del año 1999.....	46
Tabla 25 Niveles de opacidad y tipo de combustibles en vehículos posterior al año 2000.....	47
Tabla 26 Niveles de opacidad por los tipos de combustibles .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Contaminantes primarios y secundarios. ....	8
<i>Figura 2:</i> Triángulo de fuego. ....	9
<i>Figura 3.</i> Bomba de opacidad Testo. ....	11
<i>Figura 4.</i> Formación del Hollín (Backhorn, 1994) .....	12
<i>Figura 5:</i> Ciclo de un motor a diésel encendido por compresión .....	14
<i>Figura 6:</i> Ciclo de un motor a gasolina encendido por chispa.....	15
<i>Figura 7:</i> Sistema de un motor a Gas Natural Vehicular .....	15
<i>Figura 8:</i> Sistema de un motor a Gas Licuador de Petróleo. ....	16
<i>Figura 9.</i> Ubicación del área de estudio – Huacho. ....	22
<i>Figura 10.</i> Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-01 .....	31
<i>Figura 11.</i> Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-01 .....	32
<i>Figura 12.</i> Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-01 ...	34
<i>Figura 13.</i> Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-02 .....	35
<i>Figura 14.</i> Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-02 .....	37
<i>Figura 15.</i> Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-02 ...	38
<i>Figura 16.</i> Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-03 .....	39
<i>Figura 17.</i> Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-03 .....	41
<i>Figura 18.</i> Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-03 ...	42
<i>Figura 19.</i> Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-04 .....	43
<i>Figura 20.</i> Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-04 .....	44
<i>Figura 21.</i> Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-04 ...	45
<i>Figura 22.</i> Niveles de Opacidad de vehículos de Huacho .....	46

## RESUMEN

**Objetivo**, evaluar las emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho. **Metodología**, el presente trabajo se realizó en la ciudad de Huacho, cuya ubicación UTM es: N: 8770915.41 / E: 0214852.38; encontrándose a 46 m.s.n.m.; utilizándose el tipo de investigación aplicada según su finalidad, descriptiva por el nivel del estudio y no experimental según el diseño, se utilizó una muestra de 68 unidades vehiculares, los cuales se dividieron en cuatro categorías (año de fabricación), identificando cuatro tipos de combustibles utilizados y esto en cuatro estaciones de muestreo: EV-01 (Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario), EV-02 (Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi), EV-03 (Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre) y EV-04 (Pje. Mercedes Indacochea, frente del Colegio Mercedes Indacochea); para lo cual se midió la opacidad que emanan los combustibles vehiculares; para obtención de los datos se utilizó una bomba de opacidad – Testo, de acuerdo a su instructivo y la ASTM D 2156-94, 2003), esto en comparación con la escala de humo del fabricante (Índice de Bacharach) desde 0 – 9, indicando el nivel en que se encuentran la muestra extraída del humo de los vehículos. **Resultados**, se obtuvo vehículos con 76.47% (52) con opacidad Excelente, un 13.24% (9) con opacidad Bueno y un 10.29 % (7) de opacidad Inaceptable, los motores diésel tienen opacidad Inaceptable, a gasolina Inaceptable y Bueno, a gas (GLP/GNV) opacidad Excelente. **Conclusión**, los vehículos que utilizan GNV y GLP son los que emiten menor opacidad

**Palabras claves:** Combustión, Opacómetro, Opacidad, Vehículo, Diésel, Gasolina, GLP, GNV

## ABSTRACT

**Objective**, to evaluate the gas emissions in opacity levels in Huacho vehicles. **Methodology**, the present work was carried out in the city of Huacho, whose UTM location is: N: 8770915.41 / E: 0214852.38; Being at 46 meters above sea level, using the type of applied research according to its purpose, descriptive for the level of the study and non-experimental according to the design, a sample of 68 vehicular units was used, which were divided into four categories (year of manufacture), identifying four types of fuels used in four sampling stations: EV-01 (Antigua Panamericana Norte with Av. Centenario), EV-02 (Av. 28 de Julio with Jirón Bolognesi), EV-03 (Av. Francisco Vidal with 18 de Octubre) and EV-04 (Pje. Mercedes Indacochea, in front of the Mercedes Indacochea School), for which the opacity emanating from vehicle fuels was measured; To obtain the data, an opacity bomb was used - Testo, according to its instructions and ASTM D 2156-94, 2003), this in comparison with the manufacturer's smoke scale (Bacharach Index) from 0 - 9, indicating the level at which the sample extracted from the vehicle smoke is found. **Results**, vehicles were obtained with 76.47% (52) with Excellent opacity, 13.24% (9) with Good opacity and 10.29% (7) of Unacceptable opacity, diesel engines have Unacceptable opacity, Unacceptable gasoline and Good, gas (LPG/GNV) opacity Excellent. **Conclusion**, vehicles that use GNV and GLP are the ones that emit less opacity

Keywords: Combustion, Opacimeter, Opacity, Vehicle, Diesel, Gasoline, GLP, GNV

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

La contaminación ambiental por emisiones gaseosas provocadas por el parque automotor en el presente es uno de las dificultades más grandes y severos a nivel mundial. La tendencia al incremento por la industrialización de las fuentes móviles en América Latina y el mundo ha aumentado el riesgo de exposición y causando daños significativos a la salud de los seres vivos (Hidrovo, Meza y Romero, 2016).

Según estimaciones de 2019, la contaminación del aire en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo está causando cada año 4,2 millones de muertes prematuras; esta mortalidad se debe a la exposición a materia particulada fina, que causa enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cánceres (OMS, 2022).

En el Perú las estimaciones de los humos proveniente del tubo de escape de los vehículos (Opacidad). Mencionan en informes elaborados por el Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio, que integran diversos ministerios, determinan que el 70% de la contaminación del aire es generada por el parque vehicular y el otro 30% por la actividad comercial (SPDA Actualidad Ambiental, 2017).

Por otro lado, Zou y Liu (2011) manifiesta “que el parque automotor a gasolina y diésel está en crecimiento, siendo los responsables de la emisión de partículas de hollín al ambiente”. El hollín, la ceniza y el polvo son partículas relativamente pesadas que se depositan en el suelo y el aire las dispersa rápidamente.

En el Perú, SPDA Actualidad Ambiental (2017) expresa que más del 50% del parque automotor tiene una antigüedad de 15 años en adelante, sumado a la mala calidad de los combustibles. Esta problemática se va agudizando con el pasar de los años y es gran causante del cambio climático por la quema de estos combustibles fósiles, ocasionando los Gases de Efecto Invernadero, por su composición y/o estructura.

Las emisiones gaseosas producto de los vehículos son complejas y cambiantes a comparación de otros tipos de fuentes; esto en base a los cambios o variedad de combustibles, las distintas velocidades para su operación, la tecnología para el control de los gases, la temperatura del medio ambiente y la altitud en la que se encuentren pueden afectar la emisión (Radian International, 1997).

Las emisiones de los vehículos van a depender de diferentes factores como: Tipo de combustible, antigüedad, tiempo de mantenimiento, si utiliza algún sistema de control de emisiones, el recorrido, los hábitos del quien conduce y tiempo de operación entre otros indicadores (Defensoria del Pueblo, 2006).

La ciudad de Huacho no es ajena a esta problemática, dado que en los últimos años se evidencia el incremento del parque automotor en su mayoría por colectiveros, y los niveles de opacidad (Material Particulado) y/o hollín generados por estos se ven incrementados, por ello se realiza dicha investigación con fines de recolectar información cuantitativa de primera mano en campo, y recomendar a las autoridades competentes en el ámbito Provincial y Regional del nivel en que se encuentra y plantear medidas correctivas.

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cuáles son las emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho – 2023?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuál es el tipo de combustible que generan mayores emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho - 2023?
- ¿Cuáles son los años de fabricación que generan mayores emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho – 2023?
- ¿Cuál es el tiempo de mantenimiento que generan menores emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho – 2023?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar las emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho – 2023.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar el tipo de combustible que generan mayores emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho - 2023.
- Determinar qué años de fabricación generan mayores emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho – 2023.
- Determinar si el tiempo de mantenimiento generan menores emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho – 2023.

## **1.4 Justificación de la Investigación**

Se justifica en la importancia actual a nivel nacional y mundial que la contaminación del medio ambiente tiene mayor incidencia por las emanaciones de gases de combustión por el parque automotor, los vehículos de taxi – colectivo en la ciudad de Huacho está en crecimiento; por ende, es necesario conocer las emisiones de gas en niveles de opacidad que estas generan. La importancia de verificar la antigüedad de los vehículos que transitan en la ciudad de Huacho que tiene una relación con el tipo y mala calidad de los combustibles vendidos en el Perú, Los humos y/o hollines generados por los motores con

los diferentes tipos de combustibles producen daños a los componentes bióticos (plantas, microorganismo, animales, otros) y componentes abióticos (agua, aire, suelo, otros).

Esta investigación mediante método de estándar internacional servirá para el levantamiento de información y buscar alternativas con las autoridades para una buena gestión en el transporte y salud humana. De tal manera este estudio servirá como fuente informática para muchas investigaciones partiendo del punto de contaminantes atmosféricos en niveles de opacidad del parque automotriz.

### **1.5 Delimitación del estudio**

La delimitación del estudio se realizó en vehículos automotores de transporte de personas (colectivo), dentro de la estrategia de monitoreo se definió en base a la delimitación espacial y delimitación temporal.

Delimitación espacial: El estudio se desarrolló en la ciudad de Huacho que está ubicado a una altitud media de 30 m.s.n.m; para lo cual se establecieron cuatro estaciones de monitoreo ubicadas en: Antigua panamericano norte con Av. Centenario, Av. 28 de julio con Jirón Bolognesi, Av. Francisco Vidal intersección con 18 de octubre y Pje. Mercedes Indacochea (frente del colegio Mercedes Indacochea).

Delimitación temporal: El estudio se llevó a cabo en un periodo establecido bajo un cronograma, iniciando en marzo del 2023 y finalizó en junio del 2023, por un periodo de 3 meses; para cubrir los objetivos planteados.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

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

#### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

Cabrera y Carpio (2019) en su estudio de investigación realizada en Ecuador, tuvo como objetivo analizar la opacidad del parque automotor diésel mediante una comparación con las redes de monitoreo del aire para la determinación de su influencia en la calidad de aire en el centro histórico del cantón Cuenca, donde evidenció que en el año 2008 el nivel de opacidad promedio con 25.79% el mayor porcentaje de todos los años registrando menos cantidad de vehículos de todos los años de estudio; así mismo en el año 2015 el promedio anual de opacidad registra un porcentaje de 21.06% con una mayor cantidad de vehículos.

Mafla et al (2017) en su trabajo de investigación realizada en Ecuador, teniendo como finalidad determinar los niveles de opacidad con el uso de diésel fósil como biodiésel a base de higuierilla al 15% (B15); con la obtención de biosiésel a partir de la planta de higuierilla. Realizando mediciones de opacidad, análisis de las pruebas y en un tiempo determinado; obtuvieron como resultado después de 7 pruebas a diferentes rpm, un promedio de opacidad de 11.1% con combustible diésel fósil aprobando las normativas INEN 2207:2022 (50% opacidad) y EURO 3 (30% opacidad), nacional e internacional correspondientemente, en el otro caso utilizando biodiésel (B15) se obtuvo un 0.386% de opacidad. Concluyendo con estos resultados una reducción en un 96% de la opacidad de los combustibles analizados debido al aumento de la temperatura y mejor oxidación; con ello se refleja una mayor conservación al medio ambiente y menor emisión de hollín disminuyendo las enfermedades respiratorias.

Guanoluisa (2018) en su investigación realizada en Ecuador, teniendo como objetivo determinar y diagnosticar la situación del parque automotor a diésel, realizando mediciones de los gases contaminados y comparar los resultados con la NTE INEN 2207. El tamaño de la muestra fue de 103 vehículos donde un 80.5% (83 vehículos) son del año mayor o igual 2000 y 19.5% (20 vehículos) menores o igual a 1999. Encontrando como resultado que de los 59 vehículos de cumplen con la normativa de opacidad (50%) y 24 vehículos no cumplen en base al año 2000 y posteriores de fabricación; con respecto al año 1999 y anteriores 10 vehículos cumplen y los otros 10 no cumplen con dicha normativa (60% de opacidad); según sus datos meteorológicos obtenidos de Meteoblue se registró el comportamiento del contaminante (Opacidad) en dirección Sureste (SE) con una velocidad de viento entre 2 a 4.5 m/s y en dirección Suroeste (SW) la dispersión del contaminante se lleva con 2 a 7 m/s. Los autores concluyen que los contaminantes generados por los vehículos se dispersan en grandes

cantidades de extensión; en base a la metodología aplicada y procedimiento los vehículos a motor diésel el 67% no supera los LMP cumpliendo con la normativa.

Duarte (2018), en su trabajo de grado realizado en Colombia, sostuvo como objetivo analizar las emisiones atmosféricas de los vehículos en el municipio de Villavicencio-Meta en base a la antigüedad de los vehículos. Tomando una muestra de 730 vehículos (31.5%) de un total de 2311 de unidades vehiculares. Obteniendo como resultado en buses del servicio público, que los modelos entre 1990 y 1998 presentan un 25% de opacidad promedio y los vehículos de modelos actualizados entre 2008 y 2016, su nivel de opacidad disminuye a un 10%; en la población de las Microbuses del servicio público en base a diésel para modelos entre 2000 y 2005 un crecimiento de la opacidad que evidencia que los vehículos aumentan su deterioro funcional con relación a su antigüedad, en el análisis estadístico muestran un aumento considerable de 2012 en un 4.54% de opacidad a un 12.22% en el año 2016, esto predomina por el deterioro de las máquinas.

Chulde (2019) en su estudio realizada en Ecuador, sostuvo como objetivo evaluar la contaminación de la atmosfera generada por los vehículos a diésel en la ciudad de San Gabriel; con finalidad de conocer el grado de humo negro del parque automotor. Las mediciones de opacidad realizadas en el centro de revisión vehicular, dando como resultado que en los buses de Cooperativa TransMontúfar de vehículos entre los años 2002 y 2010, están con porcentajes menor a 50% de opacidad a excepción de cuatro vehículos que sobrepasan el valor mencionado de un total de 13 buses muestreados. En el caso de la Cooperativa Urbamingueros, de un total de 8 buses todas sobrepasan el valor permitido de la norma (50% de opacidad), alcanzando una lectura máxima de 83.10%, a excepción de una unidad con 47.83% de opacidad; resaltando que los buses tomados son entre los años 2005 y 2008.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Vargas (2019) estudio de grado realizada en Ucayali, teniendo como objetivo determinar la relación entre la conciencia ecológica y la medición del grado de opacidad de los vehículos menores. El autor obtuvo como resultado de una muestra de 73 vehículos, el 20.5% opacidad alta, 56.2% opacidad regular, 17.8% opacidad baja y el 5.5% ostenta una opacidad muy baja; y con respecto a la Correlación Pearson, concluyendo que existe una relación incompatible entre la conciencia ecológica y la medición del grado de opacidad.

Arroyo (2021), en Lima realizó métodos de cálculo de la eficiencia de una caldera, para la cual tomaron un método indirecto con analizador de gases y opacidad (Índice Bacharach) para analizar O<sub>2</sub> /CO<sub>2</sub>, CO y hollín cuantitativamente; realizando 3 mediciones para conocer el estado energético de la caldera con combustible diésel, en ello obtuvieron como resultado de

excesivo hollinamiento (opacidad) de índice 9 que supera el valor recomendado entre 2 a 3, O<sub>2</sub> de 5.1%, CO de 110ppm, boquillas gastadas, filtro sin mantenimiento, etc. A base de ello se implementaron mejoras como: Mantenimiento general, limpieza de filtro, cambio de boquilla de quemador, entre otros. Obteniendo como resultados finales: Opacidad gas (Índice) de 4, O<sub>2</sub> de 3.5%, CO de 12ppm; todo ello brinda como beneficios de incremento en la eficiencia, reducción de las emisiones, reducción del consumo del combustible, reducción del costo de vapor y ahorros para la empresa.

Bernales (2020), en su tesis realizado en Tarma, sosteniendo como objetivo hallar el porcentaje de los contaminantes de la opacidad que salen por el escape del motor de las vehículos; para ello los autores trabajaron con una muestra de 297 vehículos con funcionamiento a diésel, gasolina y gas, teniendo como resultados en los vehículos con combustible a diésel de pruebas estadísticas en categoría M1: Una media con  $0.70 \text{ m}^{-1}$ , mediana de  $0.42 \text{ m}^{-1}$  y una moda de  $1.02 \text{ m}^{-1}$  con una temperatura de trabajo de  $78 \text{ }^\circ\text{C}$ ; para vehículos de N3: Una media de  $0.55 \text{ m}^{-1}$ , mediana de  $0.36 \text{ m}^{-1}$  y una moda de  $1.02 \text{ m}^{-1}$ ; para vehículos de categoría de N1: una media de  $0.30 \text{ m}^{-1}$ , una media de  $0.26 \text{ m}^{-1}$  y una moda de  $0.26 \text{ m}^{-1}$ . Donde concluye que los resultados se obtenidos están dentro de los límites permisibles; la opacidad de los vehículos como motor 4T es de  $0.75 \text{ m}^{-1}$ , en categoría M1 de  $0.70 \text{ m}^{-1}$ , en M3 es de  $0.62 \text{ m}^{-1}$ , en la categoría N1 de  $0.30 \text{ m}^{-1}$  y finalmente en la categoría N3 es de  $0.55 \text{ m}^{-1}$ ; recomendando que el MTC implementar medidas de un tiempo de vida útil de los vehículos que están siendo utilizados para el servicio de transporte de personal o de bienes.

Flores (2018), en estudio ejecutado en Tacna, tuvo como objetivo determinar de qué manera la simulación de la contaminación atmosférica influye en la evaluación de la contaminación ambiental por los vehículos livianos; tomando una muestra de estudio de 323 unidades livianas; un 58.75% son vehículos a gasolina y el 41.25% otro tipo de combustibles. Y según su periodo unidades hasta 1995 con 67.25%, de 1995 a 2002 con 18.75% y posterior a 2003 un 14%. Obteniendo como resultados de la recopilación de datos en las unidades livianas entre los meses de abril, mayo y junio del año 2011: Los niveles de opacidad  $k \text{ (m}^{-1}\text{)}$  solo se verifica en vehículos a diésel; la opacidad más alta de  $3 \text{ m}^{-1}$  con motor sin acelerar del año 1988 de fabricación y con motor acelerado se obtuvo el mayor nivel en 2 vehículos con  $2.98 \text{ m}^{-1}$  de opacidad 1991 y 1982 ambas con uso de combustible a diésel.

## **2.2 Bases teóricas**

### **Origen de contaminación atmosféricas**

#### **a. Orígenes naturales**

Minam (2016), refiere a “asociado propiamente a fenómenos naturales como, por ejemplo: erupciones volcánicas, incendios naturales, tormentas de polvo, etc.”.

#### **Origen antropogénicas**

- b.** “Originados por acción del ser humano por la industrialización, combustión de los vehículos, centrales térmicas, generación de energía nuclear, minería, entre otros”. (Ministerio del Ambiente, 2016).

### **Fuentes de contaminantes atmosférica**

#### **a. Fuentes puntuales**

Semarnat (2002), lo define como “también llamada estacionarias por estar fijo en un lugar emitiendo contaminantes a la atmósfera, estos por plantas de energía, refinería de petróleo, chimeneas de los diferentes procesos industriales”.

#### **b. Fuentes móviles**

“Son aquellas fuentes que comprenden todas las formas de transporte que se encuentran en desplazamiento, en ello podemos encontrar a los automóviles, aviones, trenes, embarcaciones, otros” (Semarnat, 2002).

### **Tipos de contaminantes atmosféricos**

Los diferentes contaminantes atmosféricos dependiendo del momento que entran en contacto con el aire, por su composición física y química se clasifican en:

#### **- Contaminantes primarios**

Sepúlveda (1999), lo define como “elementos contaminados que se emanan desde una fuente directa a la atmósfera, ya sea por causa natural (erupciones volcánicas, incendios forestales, etc.) o antropogénica (parque automotor, actividades industriales, otros)” (p.13).

#### **- Contaminantes secundarios**

Sepúlveda (1999), menciona que “estos tipos de contaminantes no son emitidos directamente, sino que se originan de la reacción química en la atmósfera con otro contaminante (primario) como, por ejemplo: El ozono troposférico que son producidos por los NOx y COVs, los ácidos sulfúricos y nítrico” (p.13).

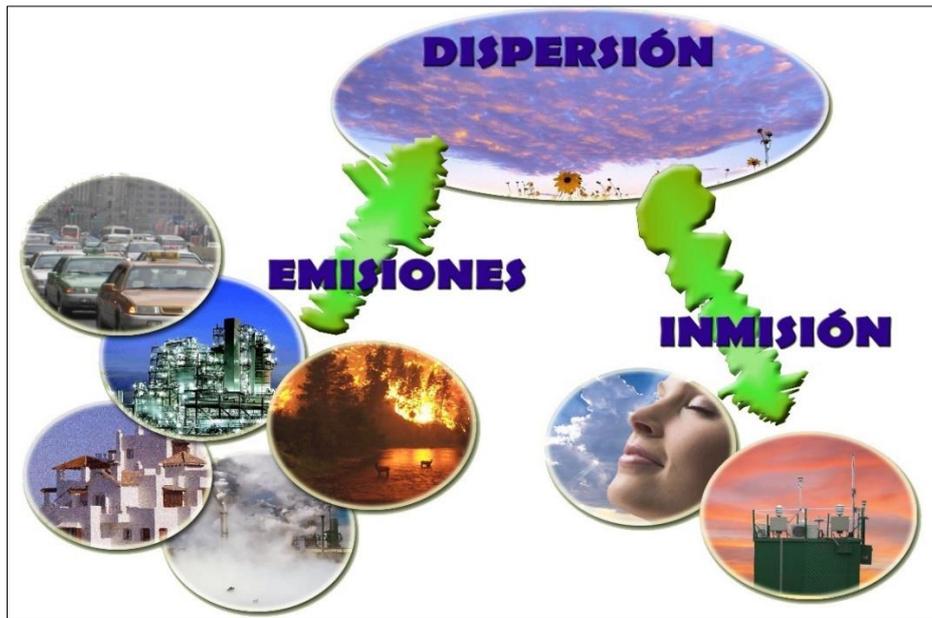


Figura 1: Contaminantes primarios y secundarios.  
Fuente: Junta de comunidades de Castilla – La Mancha (2015)

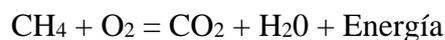
## La combustión

La combustión es causada por la reacción química producto de la combinación de tres factores como: Combustible (madera, gas natural, gasolina, etc.), el comburente provoca la combustión (oxígeno) y la energía de activación (una chispa, corriente, o cualquier similar que parduca una fuente de calor) (Pagador, 2020).

Tipos de combustión que se presentan:

### a. Combustión completa

García (2001) menciona que “Se produce por la oxidación total de todos los componentes del combustible dando lugar al exceso de oxígeno” (p.4).



### b. Combustión incompleta

García (2001), refiere que “Los componentes del combustible no se oxidan en su totalidad, esto se da por la falta de comburente” (p.4).



### c. Combustión estequiométrica

García (2001) menciona que son “También llamado exacto, es la combustión completa de todos los componentes del combustible baja estricta dosis de oxígeno” (p.4).

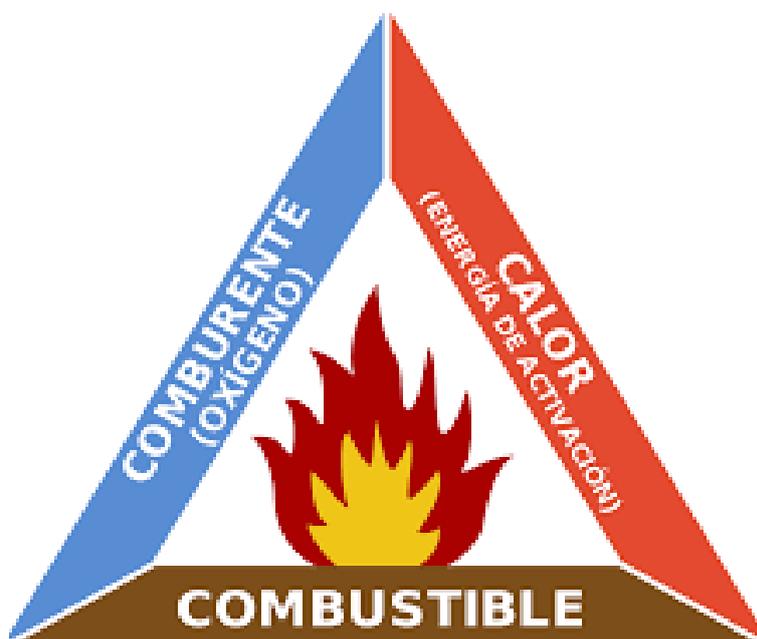
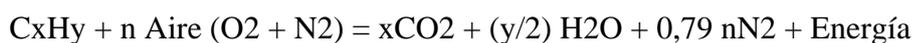


Figura 2: Triàngulo de fuego.

Fuente: Asociación Española de laboratorio de fuego – AELAF

### Principales contaminantes del aire

- **Monóxido de carbono (CO)**

El CO es un gas generado por la combustión incompleta a causa de la baja concentración del oxígeno, este contaminante proviene un 86% del parque automotor, 9% por los procesos industriales y 5% por otros procesos; naturalmente se produce por desintegración del material orgánico. El CO origina consecuencias desfavorables para la salud humana, disminuyendo la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, ello conlleva a producir problemas cardíacos por la baja oxigenación (Pessio, 2020).

- **Óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>)**

Pessio (2020), menciona que los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) está compuesto en su mayoría por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>); estos son producidos por la quema de combustibles de origen fósil a elevadas temperaturas; en el transporte un 62%, centrales térmicas un 30%, actividades volcánicas y otros (8%).

Envira (2022), mencionan que “El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) es conocido como el gas de la risa y se emplea como droga por sus efectos alucinógenos”.

Pessio (2020), Afirma que “El NO<sub>x</sub> afectan al sistema respiratoria en cortos plazos como los bronquios e irritación en los pulmones; también son causa de formación de lluvia acida”.

- **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

El SO<sub>2</sub> es principalmente de origen antropogénico, son encontrados y emitidos comúnmente por la cremación de los combustibles fósiles (93%) de los procesos industriales a altas temperaturas. Gas incoloro de olor picante y no inflamable, contribuye en una relación directa con los efectos negativos en el sistema respiratorio como: Bronquitis crónicas y efectos asmáticos. Causante principal de las lluvias ácidas por ser altamente reactivo y/o soluble al agua (ENVIRA, 2022).

- **Material Particulado (PM)**

El material particulado es la combinación de partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en el ambiente por su pequeño diámetro aerodinámico menor a 100 µm (micrómetros). Estas partículas pueden ser del polvo, polen, hollín y otros muy finos. Originados por la cremación de combustibles del parque automotor y demás procesos industriales. Para partículas menores a 10 µm son relevantes, dado que puede ser inhalados con facilidad llegando más allá que la laringe; para el PM 2.5 µm de diámetro son muy perjudiciales porque pueden llegar hasta la sangre, daños a los pulmones, mortalidad prematura entre otros (Pessio, 2020).

- **Ozono (O<sub>3</sub>)**

El ozono es un contaminante color azulado y olor fuerte, de formación secundaria producto de la reacción entre NO<sub>x</sub> y COVs con la luz solar a temperaturas altas y velocidad del viento moderado en la troposfera (entre 10 a 12 km), presentando graves efectos en los órganos respiratorios de los seres vivos. También lo encontramos de forma natural en la atmósfera, específicamente en la estratósfera a más de 20 km y que brinda una protección contra los rayos ultravioletas tipo B (UV-B) que provienen del sol para la vida en el planeta (Sánchez, 2008).

- **Opacidad**

La opacidad representa el grado de interferencia en el paso de un rayo de luz a través de las emisiones provenientes del escape de los vehículos, para la medición se hace uso de un opacímetro; dispositivo para determinar el grado de opacidad de los humos de los vehículos (Ministerio del Ambiente, 2010).

Junta de Andalucía (s.f.) señala a “la opacidad como ennegrecimiento que se produce en un filtro causado por el paso de una muestra de gas residual, muestreadas en unas determinadas condiciones que se producen en un proceso de combustión”.

La contaminación del aire originado de la industria vehicular es uno de los mayores contaminantes ocasionado por la emisión del escape de los vehículos. Estas fuentes móviles emiten residuos sólidos (material particulado) con alta toxicidad. La no revisión técnica periódica y el deterioro de los motores generan humos más densos. Para calcular los niveles de las emisiones se hace uso del opacímetro diseñado para medir lecturas de escala ya establecidas (Criminalística, 2017).

- **Bomba de opacidad Testo**

La bomba de opacidad es un instrumento Testo de modelo 0632 0307, equipo certificado y aprobado por la TÜV. Asimismo, presenta sus materiales que se utilizaran para la toma muestra.



Figura 3. Bomba de opacidad Testo.  
Fuente: Compañía Testo (2023).

- **Índice de comparación – Bacharach**

En lo referente a la comparación de la muestra se ha uso de la escala de humo (smoke scale) del fabricante teniendo unos patrones que va desde el 0 al 9, cada una de ellas aumentando el ennegrecimiento escalar permitiendo un diagnóstico de cuán completa esta la combustión, en el siguiente cuadro de describen los índices según su clasificación.

Tabla 1  
*Índice de Bacharach*

ÍNDICE DE BACHARACH	INDICADORES	EFECTO	NIVEL
0 – 1	Excelente	No hay Hollín	Excelente

2	Buena	Hollín muy reducido	
3	Regular	Cierta cantidad de Hollín	Bueno
4	Pobre	Hollín visible	
5	Muy Pobre	Hollín muy visible	Inaceptable
5 a 9	Pobrísimas	Hollín muy muy visible	

Fuente: Ingeniería térmica, Llorens M. y Miranda A. (2018).

## Hollín

El hollín con compuestos de material particulado (Sólidas y líquidas) que se produce a partir de los procesos termoquímicos con la deficiencia de oxígeno, favoreciendo a la formación del hollín, en su mayoría en condición de pirolisis del combustible. Compuesto principalmente en un 70% de carbono (peso), hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y restos en algunas trazas como calcio, hierro, fósforo. Normalmente lo encontramos en aglomeraciones de forma esférica, tienen un tamaño de 10 a 50 nm en partículas primarias y en partículas secundarias de una dimensión de 0.1 a 1 µm, mencionó Arnal (como se citó en Salvo, 2014).

Frenklach y Wang (como se citó en Salvo, 2014), mencionan que la formación del hollín hasta la actualidad no se sabe con certeza dado a la complejidad de los procesos físicos y químicos, según estudios e investigaciones mencionan que la formación del hollín se da por 4 etapas, las cuales son: primero, formación del primer anillo aromático y de los hidrocarburos aromáticos policíclico (PAHs). Esto en función de la composición del combustible. Segundo, crecimiento del PAHs por la ruta de HACA (H abstracción C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> addition). Tercero, Nucleación de las partículas de hollín, que originan las formas tridimensionales. Cuarta, crecimiento de las partículas por coagulación y reacciones. Y finalmente la aglomeración de las partículas de hollín.

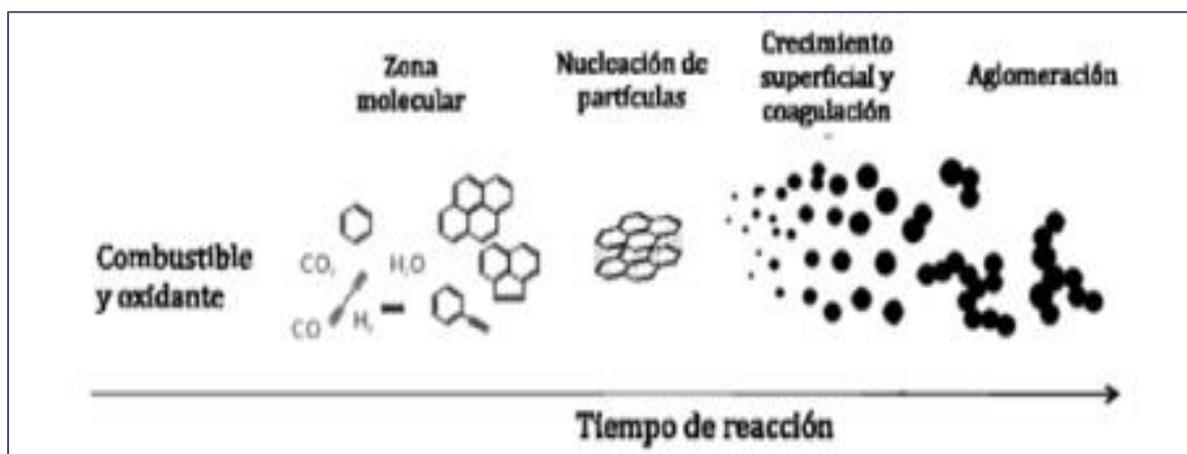


Figura 4. Formación del Hollín (Backhorn, 1994)

## **Sistema de encendido interno de un motor**

### **A. Ciclo otto**

Rafael y Hernández (2014), mencionan que “este ciclo corresponde a los motores a gasolina. Su funcionamiento se da a través de varios eventos encendido por chispa mediante la acción de la bujía, esto provocado por el encendido de la llave del motor; para ello se mencionan:

- Aspiración (isocórico): La válvula se abre y admite el ingreso de aire conjuntamente con el combustible a una presión igual al ambiente.
- Compresión (adiabático): Las válvulas de ingreso y salida están completamente cerrados, y comprimiendo la mezcla evaporada por acción del pistón.
- Combustión (isocórico): Al llegarse a comprimirse por completo, este producto de explota por acción de la chipa de la bujía
- Expansión (adiabático) y escape (isocórico): Los gases provocados empujan el pistón, con ellos no hay intercambio de calor aumentando el volumen y presión; dando lugar a que se abre la válvula de escape.

### **B. Ciclo diésel**

Draghi y Filgueira (2015), menciona que “Las maquinas térmicas convierten el combustible (energía química) en trabajo útil. También denominado encendido por compresión, su principio se base en: permitir la mayor cantidad del comburente y esto comprimirlo hasta lograr que la temperatura y presión producida pueda pulverizar al inyectar el combustible, esto generara trabajo mecánico en el motor, esto se da por varios ciclos como:

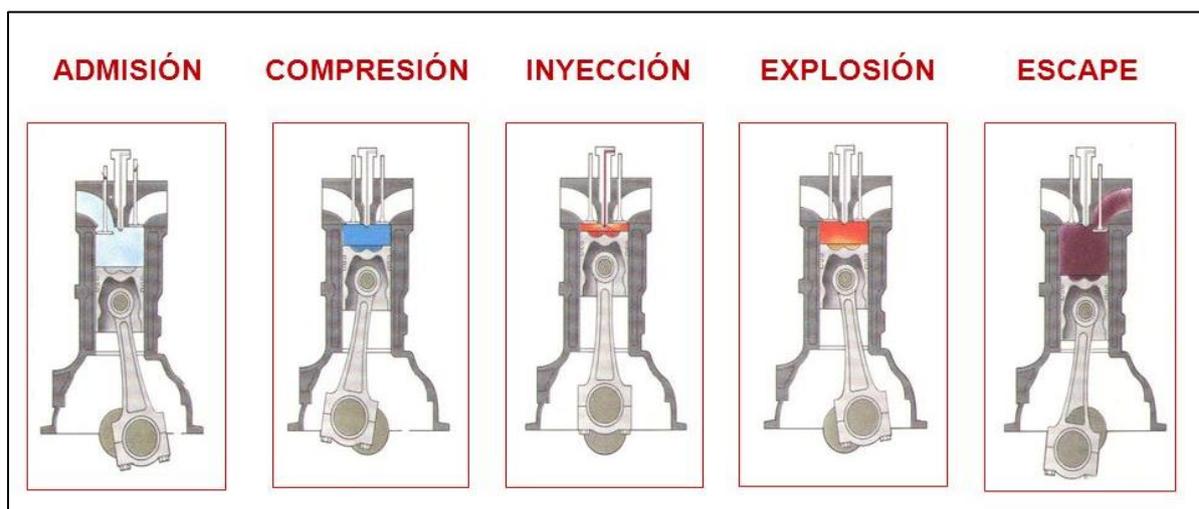
- Admisión (isobárica): La válvula se abre rápidamente para el ingreso del aire, llenando el cilindro completamente a una presión similar a la atmosférica.
- Compresión (adiabática): Posterior al ingreso completo de aire se cierra la válvula e inicia a comprimirse en un corto tiempo en la cámara de combustión, alcanzando temperaturas superiores a 600 °C donde se produce la autoinflamación de combustible.
- Inyección y combustión (isobárico): La inyección del combustible a elevadas presión y temperatura provoca una pulverización, dando lugar a la generación de gases, caída de presión.
- Escape: finalizado la combustión la presión alcanzada ejercer una fuerza en el pistón para realizar el trabajo. Se abre instantáneamente la válvula de salida o escape.

## **Tipos de combustibles vehiculares**

### **- Diésel**

Es hidrocarburo líquido derivado del petróleo, constituido por parafinas (isoparafinas y cicloparafinas) en un 75% e hidrocarburos aromáticos en 25%. Compuesto principalmente por átomos de carbono e hidrógeno ( $C_{12}H_{26}$ ), unidos por cadenas en diferentes longitudes, originando diversos comportamientos y propiedades; es un combustible altamente volátil para una mejor combustión relativamente fácil y en base a esta propiedad los vehículos tienden a un arranque en frío sin inconveniente mencionó Childe (como se citó Hernández, 2008, p.11).

La industria del petróleo en la actualidad enfrenta a nivel mundial retos y transformaciones de la industria del autotransporte que son las exigencias ambientales como combustibles más limpios y económicos, esto por el crecimiento de los automóviles y el desarrollo en innovación tecnológica para el control de emisiones vehiculares (Taboada y Osnaya, 2009).



*Figura 5:* Ciclo de un motor a diésel encendido por compresión  
Fuente: J. Silva (2014). Gasóleo para generadores

### **- Gasolina**

Hidrocarburo producido del proceso de destilación del petróleo crudo, este combustible tiene un peso molecular no elevado. Principalmente formados por hidrógenos y carbonos de 7 a 11 átomos. Los vehículos a gasolina tienen como función principal de hacer uso la energía química del combustible y convertirla en trabajo mecánico, con ello poder obtener el movimiento de los vehículos (Chulde, 2018).

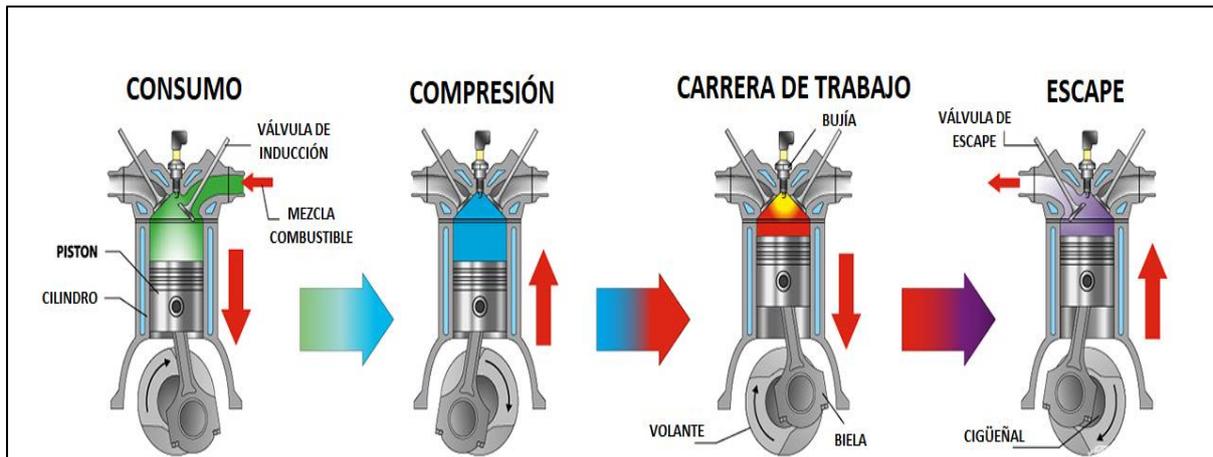


Figura 6: Ciclo de un motor a gasolina encendido por chispa  
Fuente: Good Year (2021).

### - GNV

El gas natural vehicular es un combustible compuesto por metano aproximadamente de 95% en nuestro medio, se encuentra por su naturaleza en fase gaseosa; son transportados a altas presiones en cilindros enteros de GNV. La competencia de este combustible se está incrementando en el mercado y siendo una opción frente a los gasoholes y glp vehicular y en menor proporción al diésel. Combustible más limpio y económico; la funcionalidad se basa en la producción de energía calorífica para el funcionamiento del motor. El uso de gas natural vehicular es muy significativo porque hay una reducción de cerca el 100% en material particulado y óxidos de azufre, un 30% menos en NOX, y en 40% de dióxido de carbono, en comparación con vehículos a diésel. Los beneficios al utilizar este combustible son de ahorrar un 45% y 30% frente a combustibles líquido diésel y gasolina respectivamente; mejora la vida útil del motor, generando menos vibraciones en el motor y reducción de niveles de ruido (NATURGAS, 2021).

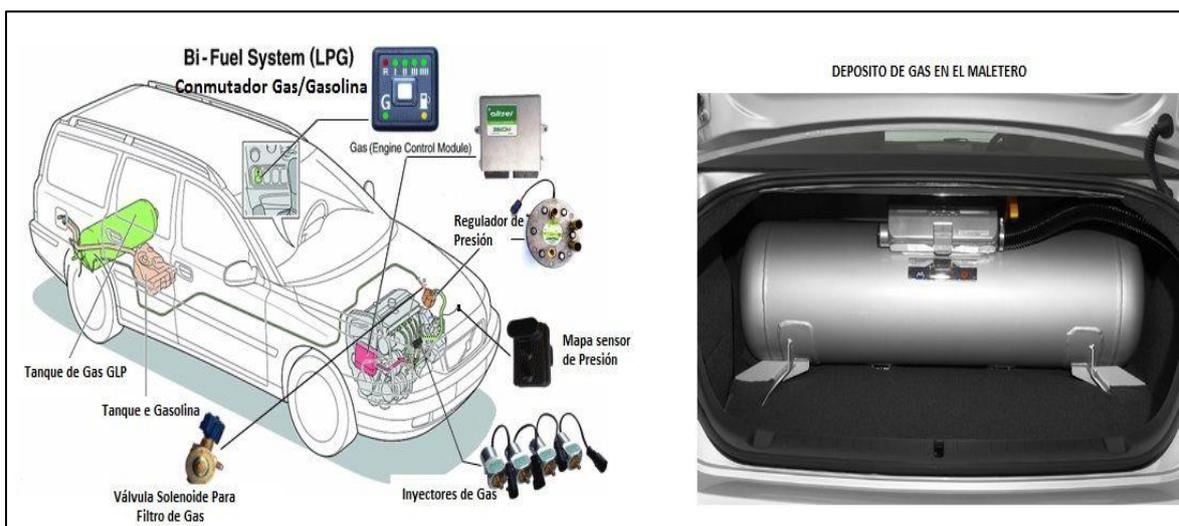


Figura 7: Sistema de un motor a Gas Natural Vehicular

Fuente: Areatecnologica (s.f). <https://www.areatecnologia.com/motores-de-gas.htm>

## - GLP

Gas licuado de petróleo (GLP) combustible líquido, formado por la mezcla de propano y butano; dicho combustible se obtiene de dos orígenes principalmente como: Del proceso de refinado del petróleo crudo un 40 % y de la extracción de gas natural o separación del crudo y petróleo del suelo el 60%. Gas inodoro e incoloro, para su detección se le adiciona un agente odorizante, el combustible en mención en condiciones normales de temperatura tiene un comportamiento de gas. Fácil de ser almacenado y transportado en estado líquido; su utilización es muy variable en distintos sectores industriales, parque automotor, para cocinar, otros. El GLP es utilizado como energía limpia y las emisiones de gases de efecto invernadero son menores a comparación del diésel, gasolina u otros combustibles sólidos, no contiene azufre y plomo (GASNOVA, 2017).

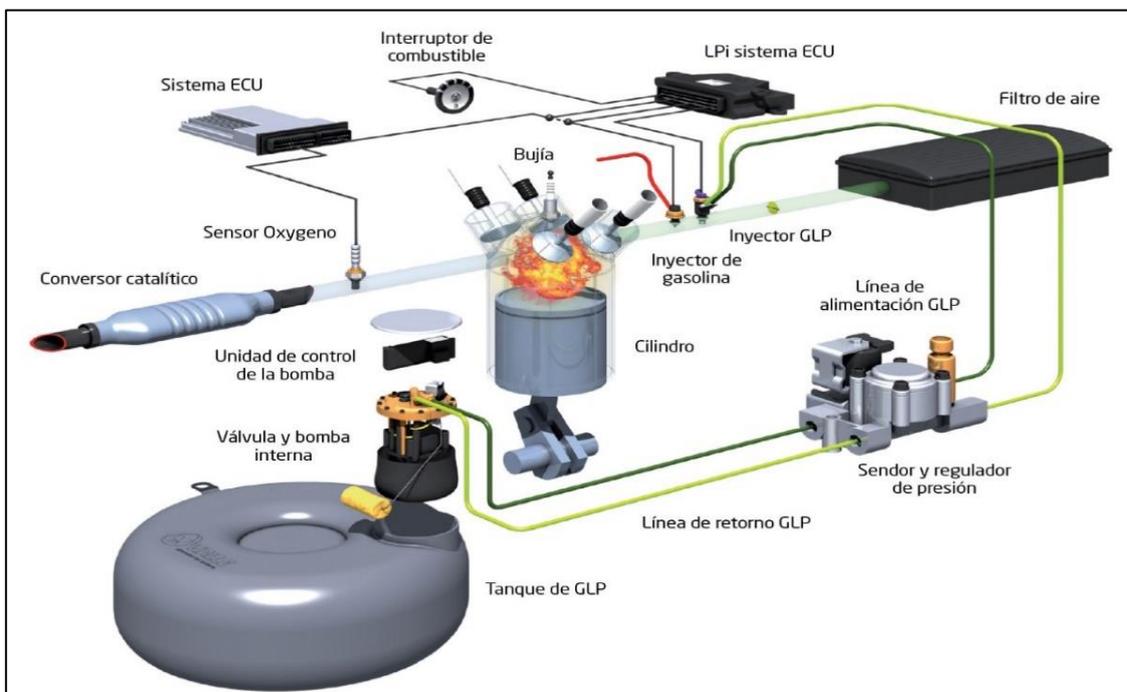


Figura 8: Sistema de un motor a Gas Licuado de Petróleo.  
Fuente: Profesional AGRO (2021).

### Mezclas de combustión: Oxígeno - combustible

- **Mezcla rica**

Pratt (2021), menciona que son “Originados por la abundancia del combustibles y escaso oxígeno en el proceso de combustión, aumenta la potencia, pero las emisiones de gases son mayores”.

- **Mezcla pobre**

Pratt (2021), menciona “Lo contrario a la mezcla rica, es decir con exceso de aire y baja porción de combustible; reduciendo la potencia y aumento de temperatura en el motor”.

- **Mezcla estequiométrica**

“Llamada mezcla estequiométrica a la combustión de relación ideal entre el combustible y el comburente, es decir 14.7 partes de aire/gasolina, 14.5 parte de aire/gasoil, 15.63 partes de aire/glp y 17.4 partes de aire/gnc” (Mundo motor, 2015).

### Normas legales aplicables

Tabla 2

*Límites máximos permisibles para vehículos en circulación – D.S. N° 010-2017-MINAM*

<b>II.5. Vehículos de Categoría M y N con motor de encendido por compresión a cuatro tiempos a Diésel o similares</b>		
Año de fabricación (*)	Altitud (m.s.n.m.)	Coeficiente de Absorción [k(m <sup>-1</sup> )]
Hasta 1995	0 a 1000	3.00
	1001 a 2000	3.25
	2001 a 3000	3.50
	>3000	3.75
1996 a 2012	0 a 1000	2.50
	1001 a 2000	2.75
	2001 a 3000	3.00
	>3000	3.25
2013 a 2017	0 a 1000	2.10
	1001 a 2000	2.35
	2001 a 3000	2.60
	>3000	2.85
2018 en adelante	A cualquier altitud	2.10

Fuente: D.S. N° 010-2017-MINAM

(\*) “El año de fabricación es el año calendario en el que el vehículo fue fabricado, que no corresponde necesariamente el año modelo, y se encuentra consignado en la Tarjeta de Propiedad o Tarjeta de Identificación Vehicular” (MINAM, 2017).

## 2.3 Definición de términos básicos

**Aire:** OMS (como se citó en la Defensoría del Pueblo, 2006) define como “mezcla de gases, vapor de agua, partículas sólidas y líquidas”.

**Contaminación ambiental:** Toda materia o energía que al incorporarse o actuar en el ambiente degrada o altera su calidad a niveles no adecuados para la salud y el bienestar humano y/o ponen en peligro los ecosistemas (MINAM, 2012).

**Emisión:** Descarga continua o discontinua a la atmósfera de sustancias procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente o foco susceptible de producir contaminación atmosférica (Junta de Andalucía, s.f.).

**Fuente móvil.** Son aquellas fuentes que se trasladan y producen las emisiones de gases a través del tubo de escape, desgaste de frenos y neumáticos de diferentes tipos de transportes motorizados como: Automóviles, camiones, buses, barcos, trenes y otros similares (MMA, 2023).

**Material Particulado:** “Es una mezcla de gotas líquidas y partículas sólidas que se concentran en la atmósfera” (EPA, 2023).

**Método de filtración.** “Cualquier método que implique la medición de la cantidad de partículas de hollín recolectadas al hacer pasar los gases de escape a través de un medio filtrante” (INEN, 2013).

**Opacidad:** Es el “Ennegrecimiento que produce en un filtro una muestra de gas residual, tomada en unas determinadas condiciones, procedente de una instalación de combustión” (Junta de Andalucía, s.f.).

**Opacómetro:** “Tipo de medidor de humo diseñado para medir la opacidad de una corriente o una muestra de humo mediante el principio de extinción de la luz” (INEN, 2013).

**Sonda de muestreo.** “Elemento del opacómetro que se introduce en el tubo de escape del vehículo con el objeto de tomar una muestra de los gases de escape del mismo” (INEN, 2013).

**Vehículos:** Bien que sirven para movilizar personas u otro por una vía establecida para él.

## 2.4 Hipótesis de la Investigación

### 2.4.1 Hipótesis general

Existen emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho - 2023.

#### **2.4.2 Hipótesis específicos**

- El tipo de combustible tendrá mayor generación de emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho – 2023.
- Los años de fabricación afectará en mayor generación de emisiones de gas de niveles de opacidad en vehículos de Huacho – 2023.
- El tiempo de mantenimiento ayudará en la disminución de las emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos de Huacho – 2023.

## 2.5 Operacionalización de las variables

Tabla 3

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
X: Variable independiente	Es la descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil (Velepucha y Sabando, 2021).	La evaluación de las emisiones de gas estará regida a diferentes factores como: El tipo de combustible que utilizan los vehículos, el mantenimiento y año de fabricación.	Opacidad	Excelente	Escala de humo (Índice de Bacharach)
<b>Emisiones de gas de Vehículos</b>			Bajo		
		Inaceptable			
Y: Variable dependiente	Conjunto de medidas para determinar el ennegrecimiento que se produce en un filtro por una muestra de gas residual producido por la combustión (Junta de Andalucía, s.f.).	Son escalas para comparar los humos de los vehículos, que por medio de un filtro atraviesa la muestra succionada por acción o método manual; con diez emboladas por cada filtro y repitiendo por tres veces para obtener lecturas y con estas realizar un promedio aritmético para la muestra representativa	Tipo de combustible	Diésel	Cadena de custodia
<b>Niveles de opacidad</b>			Gasolina		
			GNV		
			GLP	Porcentaje (%)	
			Tiempo de mantenimiento		Meses
	Año de fabricación	Año			

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 Diseño metodológico

#### Ubicación

Georreferenciada con coordenadas UTM, WGS 84 zona 18L.

Con ubicación política del estudio en.

- Región: Lima
- Provincia: Huaura
- Distrito. Huacho

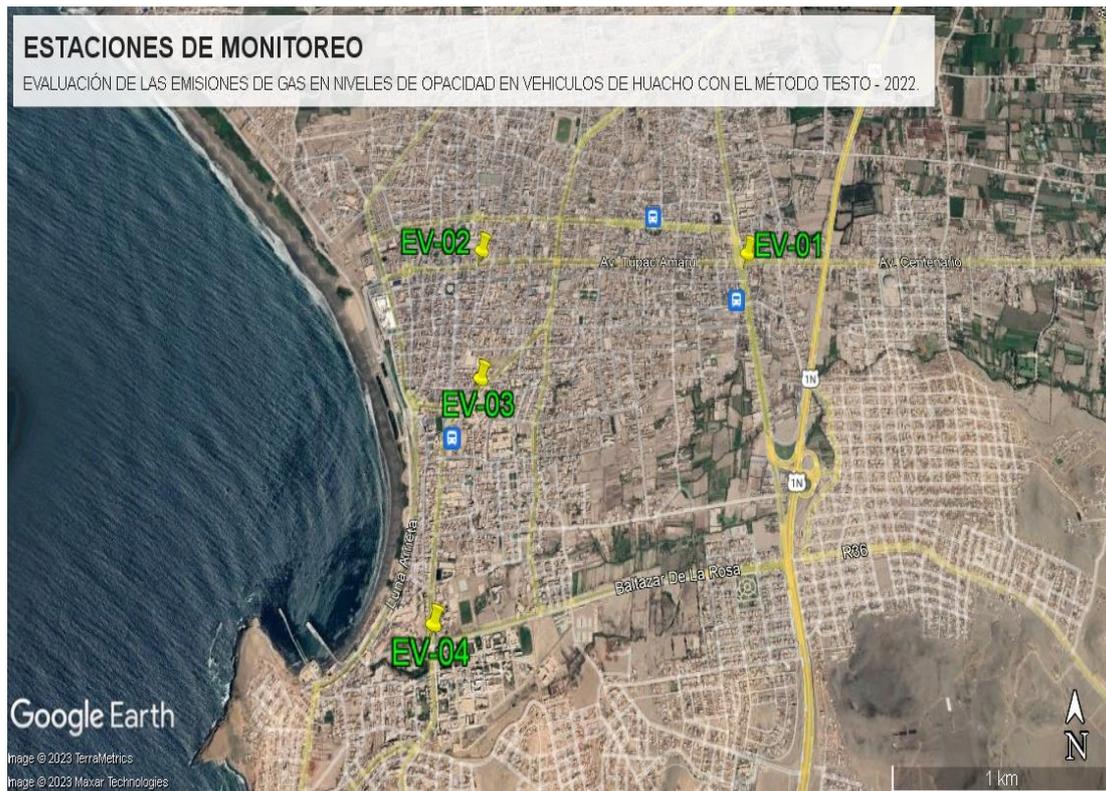
Para el desarrollo de la investigación se tomó los puntos más críticos como:

- Horario de mayor congestión vehicular (tráfico).
- Zona de mayor concurrencia vehicular.
- Zonas centros de la ciudad cercanas a hospitales, colegios, etc.

Tabla 4  
*Georreferenciación de las Estaciones de Monitoreo*

ESTACIÓN DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84 – 18L		ALTITUD (m.s.n.m.)
		ESTE	NORTE	
EV-01	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-02	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-03	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-04	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25

Fuente: Elaboración propia



*Figura 9.* Ubicación del área de estudio – Huacho.  
Fuente: Google Earth Pro (2023).

Los tipos de investigación metodológica que contempla la presente investigación son:

- Según su finalidad: Aplicada, dado que se hará uso de los conocimientos ya existentes y poder aplicarlos para lograr un provecho para la sociedad, de manera que se buscar solucionar el problema práctico planteado.
- Según su nivel: Investigación descriptiva donde se busca una recolección y evaluación de información en la ciudad de Huacho – 2023.
- Según su diseño: No experimental, donde se estudiará a las variables tal como se encuentran sin manipulación alguna (Sampieri, 2014).
- Según su enfoque: Investigación mixta, por la recolección, análisis y proporcionar datos cuantitativos y cualitativos (Barrantes, 2002).

## **3.2 Población y muestras**

### **3.2.1 Población**

La población de estudio se basó en vehículos del transporte público – colectivos que circulan en la ciudad de Huacho, tomando las avenidas y calles de mayor afluencia de los automóviles.

Tabla 5  
Población total de vehículos

TRANSPORTE PÚBLICO	AUTOMÓVILES (COLECTIVOS)
Población categoría M1	578

Fuente: Municipalidad Provincial de Huaura (2023)

### 3.2.2 Muestras

La muestra en la presenta investigación una parte o fragmento representativa de la población de estudio, de origen probabilístico en base a un nivel de confianza del 95%. La cual se usará a la siguiente expresión matemática (fórmula).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 (N-1) + Z^2 * p * q}$$

Tabla 6  
Valores estadísticos establecidos

Z	NIVEL DE CONFIANZA
1.15	75%
1.28	80%
1.44	85%
1.645	90%
1.70	91%
1.96	95%
2.24	97.5%
2.576	99%

Fuente: Pedro Morales (2012)

Donde:

N: Tamaño de la muestra

Z: Nivel de confianza (1.70)

d: Nivel de precisión absoluta (9%)

p: Probabilidad de éxito (0.50)

q: Probabilidad de fracaso (0.50)

Reemplazando datos:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 (N-1) + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{578 * 1.70^2 * 0.5 * 0.5}{0.09^2 (578-1) + 1.70^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 77$$

$$\text{Ajustamos: } n = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$$

$$\text{Reemplazando datos: } n = \frac{77}{1 + \frac{77}{578}}$$

$$n=68$$

Según lo calculado por la presenta, nuestra muestra de estudio se basara en 68 vehículos colectiveros, estos estarán distruidos en los cuatro puntos establecidos líneas arriba; se especifican en los siguientes cuadros.

Tabla 7  
Subestación de muestreo de la estación EV-01

SUBESTACIÓN DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		ALTURA
		ESTE	NORTE	
EV-01-OP1	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP2	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP3	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP4	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP5	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP6	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP7	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP8	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP9	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50

EV-01-OP10	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP11	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP12	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP13	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP14	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP15	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP16	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP17	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP18	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP19	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50
EV-01-OP20	Antigua Panamericana Norte con Av. Centenario	0216492	8770875	50

Fuente: Elaboración propia

Para la estación denominada EV-01 se trabajará tomando 20 subestaciones de muestreo que van desde EV-01-OP1 al EV-01-OP20, por la predominancia del flujo vehicular.

Tabla 8  
Subestación de muestreo de la estación EV-02

SUBESTACIÓN DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		ALTURA
		ESTE	NORTE	
EV-02-OP1	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP2	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP3	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP4	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP5	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33

EV-02-OP6	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP7	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP8	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP9	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP10	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP11	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP12	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP13	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP14	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP15	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP16	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP17	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP18	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP19	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33
EV-02-OP20	Av. 28 de Julio con Jirón Bolognesi	0215000	8770888	33

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma para la estación de monitoreo EV-02, se trabajará tomando 20 subestaciones de muestreo que van desde EV-02-OP1 al EV-02-OP20.

Tabla 9  
*Subestación de muestreo de la estación EV-03*

SUBESTACIÓN DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		ALTURA
		ESTE	NORTE	
EV-03-OP1	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32

EV-03-OP2	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP3	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP4	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP5	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP6	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP7	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP8	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP9	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP10	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP11	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP12	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32
EV-03-OP13	Av. Francisco Vidal con 18 de Octubre	0215020	8770265	32

Fuente: Elaboración propia

Para la estación de monitoreo EV-03 se trabajará de la misma manera que la anterior tomando 13 subestaciones de muestreo que van desde EV-03-OP1 al EV-03-OP13.

Tabla 10

*Subestación de muestreo de la estación EV-04*

SUBESTACIÓN DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		ALTURA
		ESTE	NORTE	
EV-04-OP1	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP2	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP3	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP4	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25

EV-04-OP5	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP6	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP7	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP8	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP9	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP10	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP11	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP12	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP13	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP14	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25
EV-04-OP15	Pje. Mercedes Indacochea (Al frente del Colegio Mercedes Indacochea).	0214830	8769218	25

Fuente: Elaboración propia

Para la estación de monitoreo EV-04 se trabajará de tomando 15 subestaciones de muestreo de EV-04-OP1 al EV-04-OP15.

### 3.3 Técnicas de recolección de datos

Para recolectar los datos se utilizó cadenas de custodia, contando con la participación de los conductores y aplicando el instrumento Bomba de Opacidad.

#### Método de muestreo

Para la obtener de la muestra se realizó bajo el método de “Bomba de Opacidad – Testo” (equipo certificado por el laboratorio SGS del Perú S.A.C.); siendo un método de prueba estándar para la densidad de humo en gases de combustión de quema de combustibles (ASTM D 2156 - 94, 2003), con la finalidad de evaluar las emisiones de gas de los vehículos.

### **Cálculo de las lecturas**

Para el cálculo de las muestras se va realizar una media aritmética (promedio) de las tres lecturas con la siguiente expresión matemática. Si el resultado sale en decimales se tomará el número entero más próximo.

$$\text{Opacidad} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Lecturas}}{n}$$

Donde:

n: Número de lecturas

### **Procedimiento de muestreo**

El muestreo se produjo bajo cumplimiento del manual de instrucciones del equipo y respetando el procedimiento del laboratorio SGS del Perú S.A.C., en toda la muestra de estudio.

- Georreferencia de la estación con GPS.
- Identificación de objeto de estudio que cuente con todas las condiciones para el muestreo.
- Calentar la bomba de testo a temperatura ambiente, colocar una tira de papel (filtro) limpio en la ranura del cabezal donde será depositado la muestra y se ajustar a la derecha lo necesario para evitar alguna fuga.
- Introducir la sonda al centro del tubo de escape del vehículo este tendrá contacto con los gases residuales. La muestra no debe exceder una distancia de recorrido de 41 cm desde la toma hasta el filtro.
- Se va aspirar 10 emboladas necesarias que alcanzarían los 1.63 +/- 0.07 dm<sup>3</sup>. Retirar el filtro y repetir tres veces esto proceso cambiando de filtro.
- Las muestras finales serán comparadas con la escala de humo y promediarse aritméticamente; esta medida va representar la opacidad de la fuente.

### **3.4 Técnicas para el procesamiento de la información**

Se realizó uso de formato digitales como cadenas de custodia, documento en el cual ayudaran con el promedio de las lecturas tomadas llevando un control óptimo.

En el caso de los indicadores de las variables estudiadas se ejecutó la comparación con gráficos estadísticos, tablas, formatos y demás; esto ayudado de la hoja de cálculo del Software de Microsoft Office Excel, para fines de mejor interpretación.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En base a los resultados obtenidos en campo, utilizamos la escala de humo e identificamos el nivel de opacidad en la cual se encuentra, elaborando cuadros y gráficos estadísticos que nos faciliten una interpretación y comprender.

### 4.1. Análisis de resultados de la estación de monitoreo EV-01

Tabla 11

*Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-01*

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Tipo de combustible
			1	2	3	Promedio		
EV-01-OP1	24-03-2023	08:05	6	6	6	6.0	Inaceptable	Diésel
EV-01-OP2	24-03-2023	08:20	2	1	1	1.3	Excelente	GNV
EV-01-OP3	24-03-2023	08:30	1	0	1	0.7	Excelente	GNV
EV-01-OP4	24-03-2023	08:45	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-01-OP5	24-03-2023	08:55	2	2	2	2.0	Bueno	GNV
EV-01-OP6	24-03-2023	09:00	3	4	3	3.3	Bueno	GNV
EV-01-OP7	24-03-2023	09:15	2	1	0	1.0	Excelente	GNV
EV-01-OP8	25-03-2023	12:00	1	1	0	0.7	Excelente	GNV
EV-01-OP9	25-03-2023	12:10	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-01-OP10	25-03-2023	12:20	3	3	3	3.0	Bueno	Gasolina
EV-01-OP11	25-03-2023	12:35	3	3	3	3.0	Bueno	Gasolina
EV-01-OP12	25-03-2023	13:00	6	6	6	6.0	Inaceptable	Gasolina
EV-01-OP13	25-03-2023	13:30	1	1	1	1.0	Excelente	GLP
EV-01-OP14	26-03-2023	17:00	1	1	0	0.7	Excelente	GNV
EV-01-OP15	26-03-2023	17:25	3	3	3	3.0	Bueno	Gasolina
EV-01-OP16	26-03-2023	17:55	4	4	4	4.0	Inaceptable	Gasolina
EV-01-OP17	26-03-2023	18:20	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-01-OP18	26-03-2023	18:30	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-01-OP19	26-03-2023	18:45	1	1	0	0.7	Excelente	GNV
EV-01-OP20	26-03-2023	18:55	1	1	1	1.0	Excelente	GLP

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se analiza que el mayor índice Bacharach encontrado fue en la subestación EV-01-OP1 con un nivel de opacidad Inaceptable e índice 6.0 y con tipo de combustible a diésel; del mismo modo las subestaciones EV-01-OP12 y EV-01-OP16 con niveles de opacidad Inaceptables con motores a gasolina e índices de 6.0 y 4.0 el primero con

problema de quema y/o consumo de lubricante (aceite) por la falta de calibración de los cilindros. Y predominando la mayoría de vehículos con uso de combustibles a base de GLP y GNV con un nivel de opacidad Excelente, a excepción de la subestación EV-01-OP6 con un nivel Bueno, este por presentar problemas en los anillos del motor.

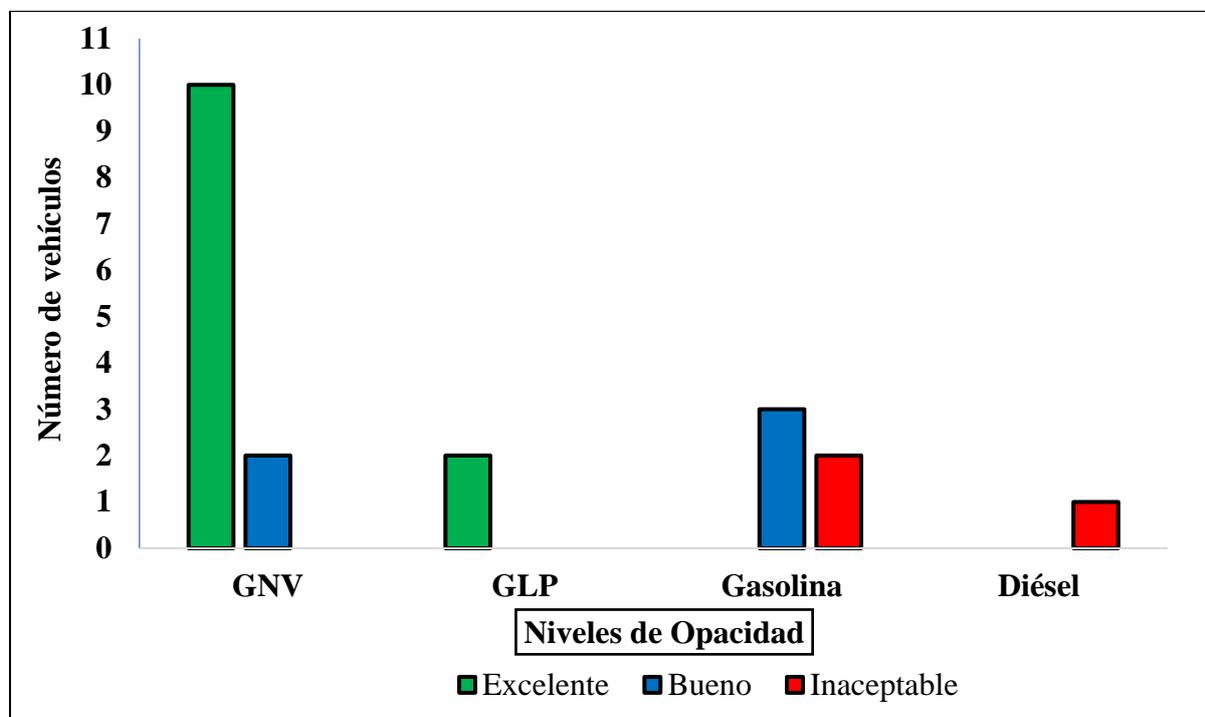


Figura 10. Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-01

Tabla 12

Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-01

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Año de fabricación
			1	2	3	Promedio		
EV-01-OP1	24-03-2023	08:05	6	6	6	6.0	Inaceptable	2006
EV-01-OP2	24-03-2023	08:20	2	1	1	1.3	Excelente	2012
EV-01-OP3	24-03-2023	08:30	1	0	1	0.7	Excelente	2017
EV-01-OP4	24-03-2023	08:45	1	1	1	1.0	Excelente	2013
EV-01-OP5	24-03-2023	08:55	2	2	2	2.0	Bueno	2012
EV-01-OP6	24-03-2023	09:00	3	4	3	3.3	Bueno	2015
EV-01-OP7	24-03-2023	09:15	2	1	0	1.0	Excelente	2008
EV-01-OP8	25-03-2023	12:00	1	1	0	0.7	Excelente	2015
EV-01-OP9	25-03-2023	12:10	1	1	1	1.0	Excelente	2020
EV-01-OP10	25-03-2023	12:20	3	3	3	3.0	Bueno	2013
EV-01-OP11	25-03-2023	12:35	3	3	3	3.0	Bueno	2014

EV-01-OP12	25-03-2023	13:00	6	6	6	6.0	Inaceptable	2018
EV-01-OP13	25-03-2023	13:30	1	1	1	1.0	Excelente	2021
EV-01-OP14	26-03-2023	17:00	1	1	0	0.7	Excelente	2011
EV-01-OP15	26-03-2023	17:25	3	3	3	3.0	Bueno	2013
EV-01-OP16	26-03-2023	17:55	4	4	4	4.0	Inaceptable	2013
EV-01-OP17	26-03-2023	18:20	1	1	1	1.0	Excelente	2013
EV-01-OP18	26-03-2023	18:30	1	1	1	1.0	Excelente	2018
EV-01-OP19	26-03-2023	18:45	1	1	0	0.7	Excelente	2010
EV-01-OP20	26-03-2023	18:55	1	1	1	1.0	Excelente	2014

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, se muestra que el año de fabricación de mayor antigüedad en la subestación EV-01-OP1 del 2006 con un índice Bacharach 6.0, seguido por la EV-01-OP7 del año 2008 con un índice 1.0 originando niveles de opacidad de Inaceptable y Excelente respectivamente; mientras que el año de fabricación más reciente encontrado en la EV-01-OP13 del 2021 con un nivel de opacidad Excelente. En vehículos de la subestación la EV-01-OP12 fabricado en el 2018 y la EV-01-OP16 fabricado en el 2013, presentan niveles de opacidad Inaceptables, el primero con problema de quema y/o consumo de lubricante (aceite) por la falta de calibración de los cilindros.

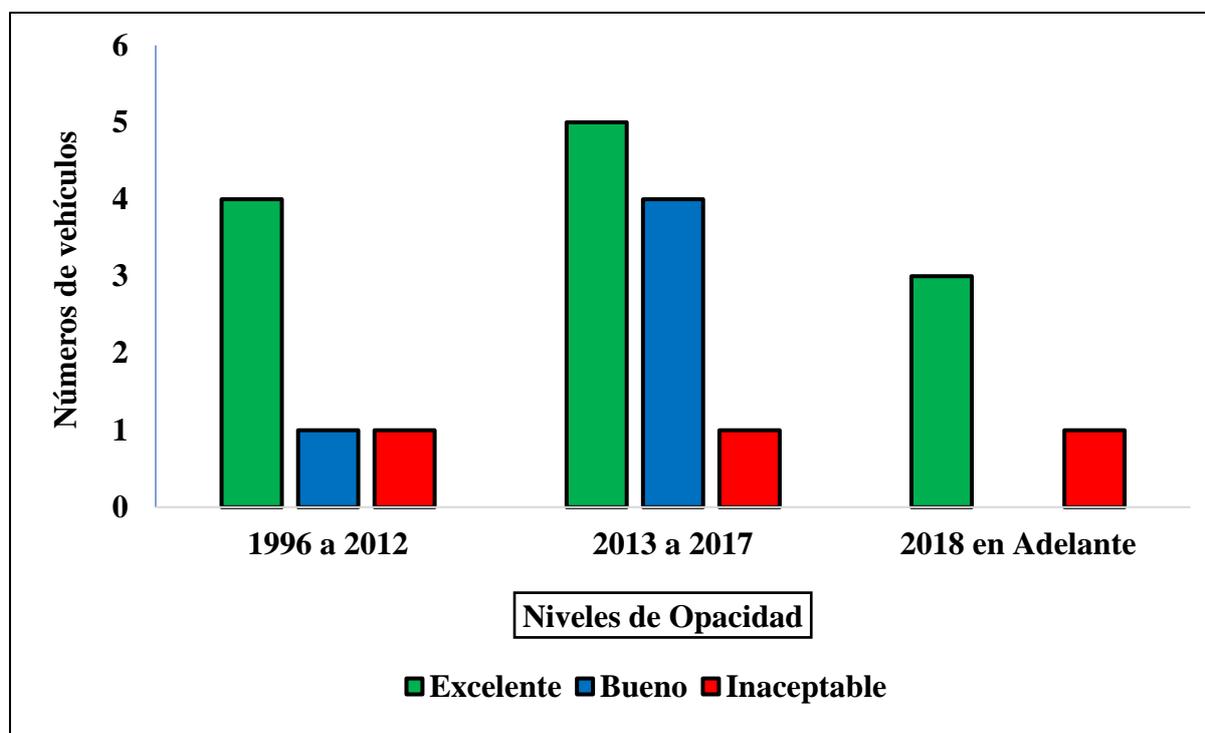


Figura 11. Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-01

Tabla 13

*Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-01*

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Tiempo de mantenimiento
			1	2	3	Promedio		
EV-01-OP1	24-03-2023	08:05	6	6	6	6.0	Inaceptable	3 meses
EV-01-OP2	24-03-2023	08:20	2	1	1	1.3	Excelente	1 mes
EV-01-OP3	24-03-2023	08:30	1	0	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-01-OP4	24-03-2023	08:45	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-01-OP5	24-03-2023	08:55	2	2	2	2.0	Bueno	1 mes
EV-01-OP6	24-03-2023	09:00	3	4	3	3.3	Bueno	2 meses
EV-01-OP7	24-03-2023	09:15	2	1	0	1.0	Excelente	1 mes
EV-01-OP8	25-03-2023	12:00	1	1	0	0.7	Excelente	1 mes
EV-01-OP9	25-03-2023	12:10	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-01-OP10	25-03-2023	12:20	3	3	3	3.0	Bueno	1 mes
EV-01-OP11	25-03-2023	12:35	3	3	3	3.0	Bueno	1 mes
EV-01-OP12	25-03-2023	13:00	6	6	6	6.0	Inaceptable	3 meses
EV-01-OP13	25-03-2023	13:30	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-01-OP14	26-03-2023	17:00	1	1	0	0.7	Excelente	1 mes
EV-01-OP15	26-03-2023	17:25	3	3	3	3.0	Bueno	2 meses
EV-01-OP16	26-03-2023	17:55	4	4	4	4.0	Inaceptable	1 mes
EV-01-OP17	26-03-2023	18:20	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-01-OP18	26-03-2023	18:30	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-01-OP19	26-03-2023	18:45	1	1	0	0.7	Excelente	1 mes
EV-01-OP20	26-03-2023	18:55	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes

Fuente: Elaboración propia

La tabla 13 muestra que las subestaciones EV-01-OP1 y EV-01-OP12 de vehículos el mayor tiempo de mantenimiento que realizan cada 3 meses presentando niveles de opacidad Inaceptables y presentando problema de consumo de lubricante (aceite) por la falta de calibración de los cilindros. mientras que en el menor tiempo de mantenimiento que predomina es mensualmente con niveles de Excelente y Bueno, a excepción de la EV-01-OP16 con nivel Inaceptable.

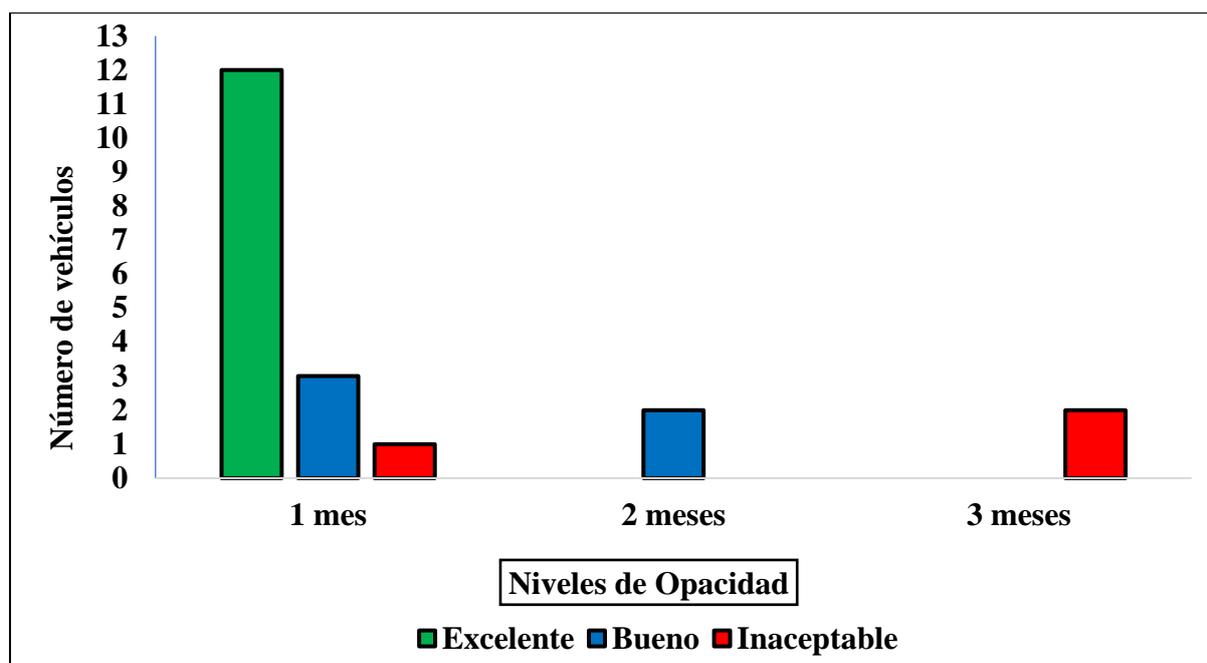


Figura 12. Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-01

#### 4.2. Análisis de resultados de la estación de monitoreo EV-02

Tabla 14

Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-02

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Tipo de combustible
			1	2	3	Promedio		
EV-02-OP1	27-03-2023	07:30	6	5	6	5.7	Inaceptable	Diésel
EV-02-OP2	27-03-2023	07:35	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-02-OP3	27-03-2023	08:30	1	1	0	0.7	Excelente	GNV
EV-02-OP4	27-03-2023	08:40	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-02-OP5	27-03-2023	08:55	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-02-OP6	27-03-2023	09:00	1	1	1	1.0	Excelente	GLP
EV-02-OP7	27-03-2023	09:25	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-02-OP8	27-03-2023	12:30	6	7	8	7.0	Inaceptable	Diésel
EV-02-OP9	27-03-2023	12:55	2	1	1	1.3	Excelente	GLP
EV-02-OP10	27-03-2023	13:30	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-02-OP11	27-03-2023	17:00	3	3	3	3.0	Bueno	Gasolina
EV-02-OP12	27-03-2023	17:30	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-02-OP13	27-03-2023	18:00	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-02-OP14	28-03-2023	12:10	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-02-OP15	28-03-2023	12:40	1	1	1	1.0	Excelente	GLP
EV-02-OP16	28-03-2023	13:00	1	0	1	0.7	Excelente	GLP

EV-02-OP17	28-03-2023	13:45	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-02-OP18	28-03-2023	17:10	1	1	1	1.0	Excelente	GLP
EV-02-OP19	28-03-2023	17:55	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-02-OP20	28-03-2023	18:20	1	1	1	1.0	Excelente	GNV

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 14, se observa que las subestaciones EV-02-OP1 y EV-02-OP8 con uso de combustibles a diésel con niveles de opacidad Inaceptables e índices bacharach de 5.7 y 7.0, presentando falta de mantenimiento en los inyectores y ocasionando una mezcla rica en la combustión en este último; la subestación EV-02-OP11 con uso de combustible a gasolina y nivel de opacidad Bueno, finalmente presentando menores niveles de opacidad de Excelente en vehículos que usan combustibles a base de GLP y GNV.

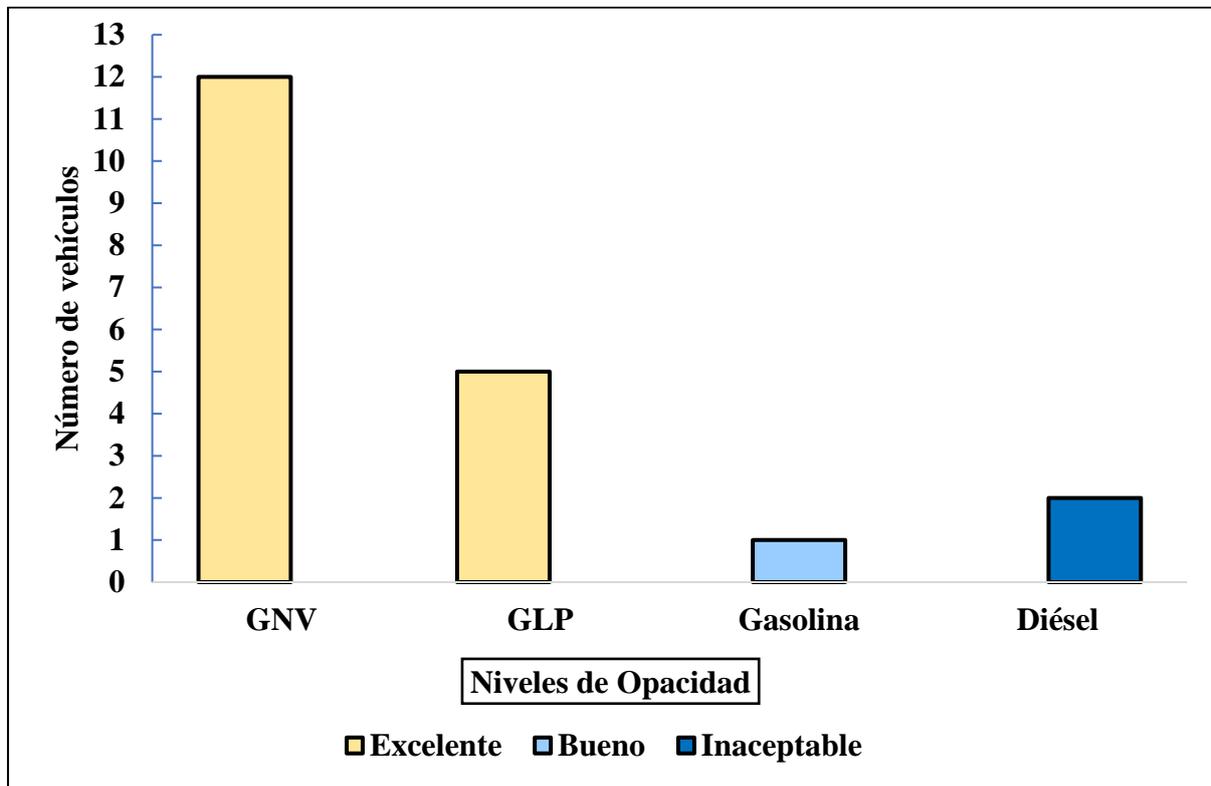


Figura 13. Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-02

Tabla 15

Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-02

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Año de fabricación
			1	2	3	Promedio		
EV-02-OP1	27-03-2023	07:30	6	5	6	5.7	Inaceptable	1992
EV-02-OP2	27-03-2023	07:35	0	1	1	0.7	Excelente	1994

EV-02-OP3	27-03-2023	08:30	1	1	0	0.7	Excelente	2018
EV-02-OP4	27-03-2023	08:40	1	1	1	1.0	Excelente	2020
EV-02-OP5	27-03-2023	08:55	0	1	1	0.7	Excelente	2014
EV-02-OP6	27-03-2023	09:00	1	1	1	1.0	Excelente	2014
EV-02-OP7	27-03-2023	09:25	1	1	0	1.0	Excelente	2017
EV-02-OP8	27-03-2023	12:30	6	7	8	7.0	Inaceptable	1998
EV-02-OP9	27-03-2023	12:55	2	1	1	1.3	Excelente	2012
EV-02-OP10	27-03-2023	13:30	0	1	1	0.7	Excelente	2013
EV-02-OP11	27-03-2023	17:00	3	3	3	3.0	Bueno	2010
EV-02-OP12	27-03-2023	17:30	0	1	1	0.7	Excelente	2010
EV-02-OP13	27-03-2023	18:00	1	1	1	1.0	Excelente	1997
EV-02-OP14	28-03-2023	12:10	0	1	1	0.7	Excelente	1998
EV-02-OP15	28-03-2023	12:40	1	1	1	1.0	Excelente	2016
EV-02-OP16	28-03-2023	13:00	1	0	1	0.7	Excelente	2010
EV-02-OP17	28-03-2023	13:45	0	1	1	0.7	Excelente	2013
EV-02-OP18	28-03-2023	17:10	1	1	1	1.0	Excelente	2017
EV-02-OP19	28-03-2023	17:55	0	1	1	0.7	Excelente	2014
EV-02-OP20	28-03-2023	18:20	1	1	1	1.0	Excelente	2008

Fuente. Elaboración propia

Según la tabla 15, muestra la mayor antigüedad en la subestación EV-02-OP1 del año 1992 presentando un índice Bacharach de 5.7 y un nivel de opacidad Inaceptable, seguido de la subestación EV-02-OP2 del año 1994 con un nivel de opacidad Excelente e índice Bacharach 0.7. Mientras el año más reciente de fabricación encontrado fue en la subestación EV-02-OP4 del 2020 presentando un nivel Excelente. Resaltando que las subestaciones EV-02-OP8 y EV-02-OP14 del año 1998 presentan niveles de opacidad de Inaceptable y Excelente; la primera de estas estaciones con problemas por falta de mantenimiento de los inyectores produciendo una mezcla rica en la combustión.

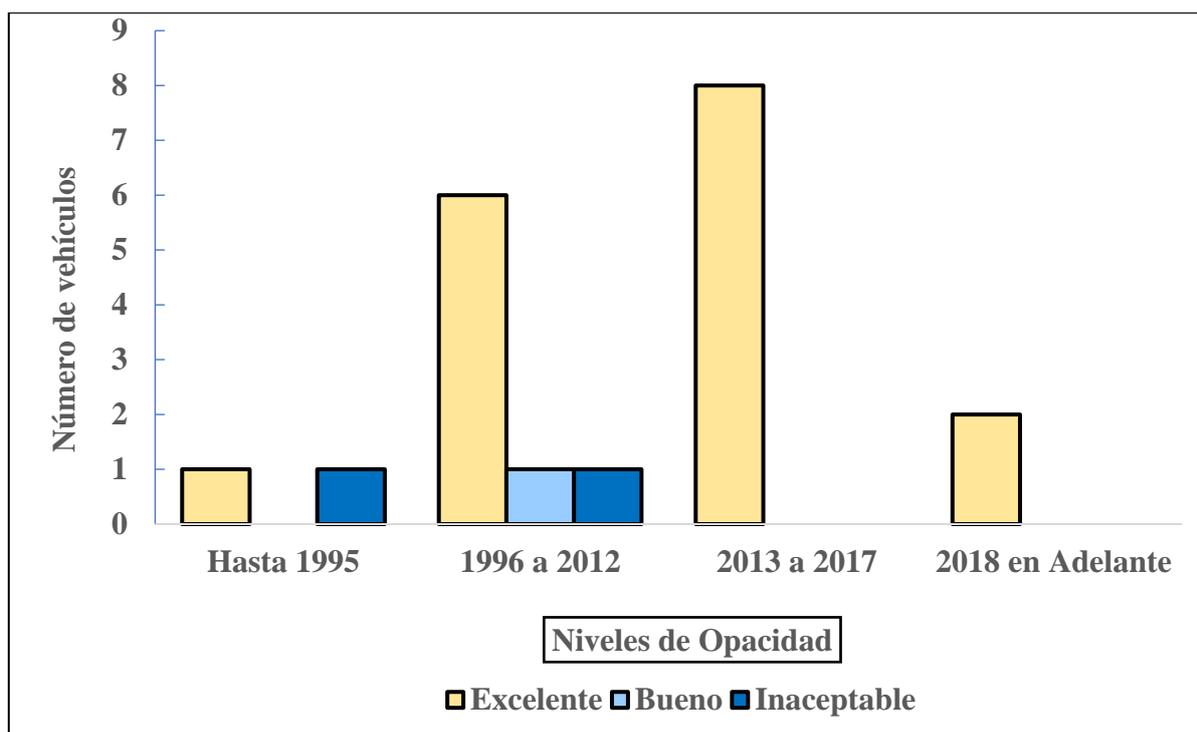


Figura 14. Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-02

Tabla 16

Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-02

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Tiempo de mantenimiento
			1	2	3	Promedio		
EV-02-OP1	27-03-2023	07:30	6	5	6	5.7	Inaceptable	2 meses
EV-02-OP2	27-03-2023	07:35	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-02-OP3	27-03-2023	08:30	1	1	0	0.7	Excelente	1 mes
EV-02-OP4	27-03-2023	08:40	1	1	1	1.0	Excelente	2 meses
EV-02-OP5	27-03-2023	08:55	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-02-OP6	27-03-2023	09:00	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-02-OP7	27-03-2023	09:25	1	1	0	1.0	Excelente	1 mes
EV-02-OP8	27-03-2023	12:30	6	7	8	7.0	Inaceptable	1 mes
EV-02-OP9	27-03-2023	12:55	2	1	1	1.3	Excelente	1 mes
EV-02-OP10	27-03-2023	13:30	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-02-OP11	27-03-2023	17:00	3	3	3	3.0	Bueno	2 meses
EV-02-OP12	27-03-2023	17:30	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-02-OP13	27-03-2023	18:00	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-02-OP14	28-03-2023	12:10	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-02-OP15	28-03-2023	12:40	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-02-OP16	28-03-2023	13:00	1	0	1	0.7	Excelente	1 mes

EV-02-OP17	28-03-2023	13:45	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-02-OP18	28-03-2023	17:10	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-02-OP19	28-03-2023	17:55	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-02-OP20	28-03-2023	18:20	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 16, muestra que el tiempo de mantenimiento de los vehículos lo realizan cada mes resaltando los niveles de opacidad en excelente, a excepción de la subestación EV-02-OP8 que presentó nivel Inaceptable, este por problemas en los inyectores del vehículo y las subestaciones EV-02-OP1, EV-02-OP4 y EV-02-OP11 lo realizan cada dos meses con niveles de opacidad Inaceptables, Excelente y Bueno e índice de Bacharach de 5.7, 1.0 y 3.0 respectivamente.

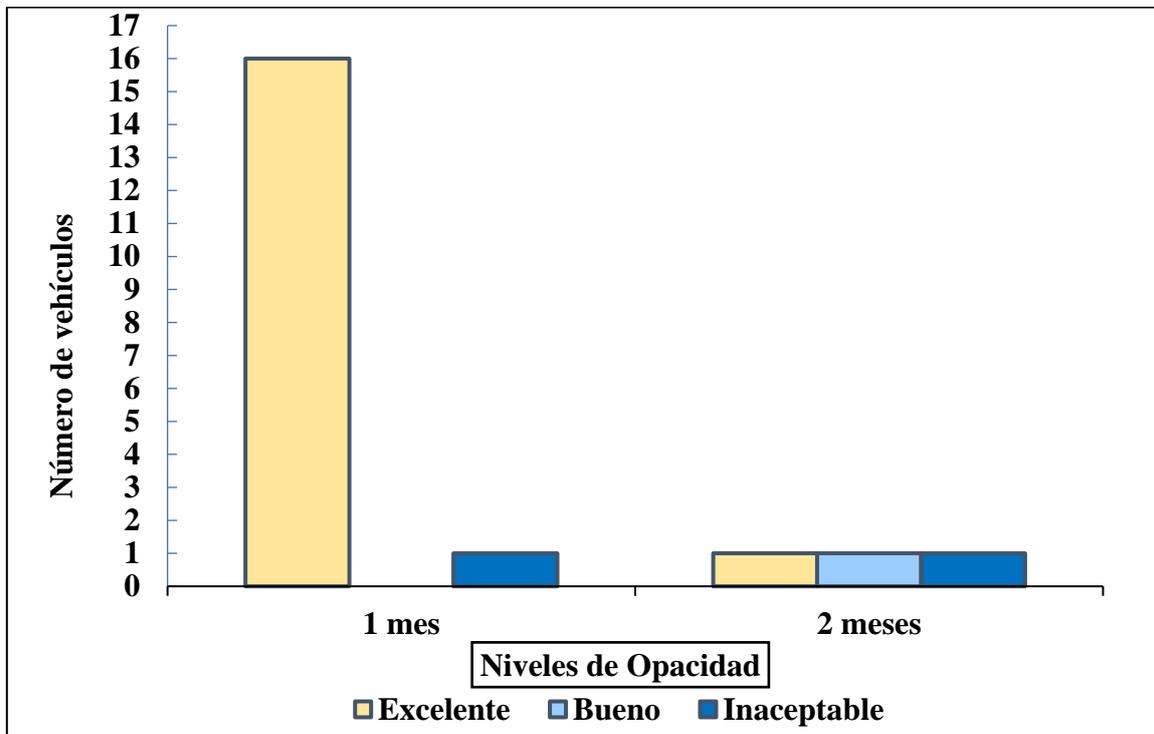


Figura 15. Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-02

#### 4.3. Análisis de resultados de la estación de monitoreo EV-03

Tabla 17

Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-03

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Lecturas				Nivel de Opacidad	Tipo de combustible
			1	2	3	Promedio		
EV-03-OP1	30-03-2023	08:05	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-03-OP2	30-03-2023	08:20	1	1	1	1.0	Excelente	GNV

EV-03-OP3	30-03-2023	08:55	1	2	2	1.7	Bueno	GLP
EV-03-OP4	30-03-2023	12:10	0	1	1	0.7	Excelente	GLP
EV-03-OP5	30-03-2023	12:40	1	0	1	0.7	Excelente	GNV
EV-03-OP6	30-03-2023	12:55	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-03-OP7	30-03-2023	12:30	4	5	4	4.3	Inaceptable	GLP
EV-03-OP8	31-03-2023	08:20	1	0	1	0.7	Excelente	GNV
EV-03-OP9	31-03-2023	08:35	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-03-OP10	31-03-2023	09:00	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-03-OP11	31-03-2023	12:00	1	0	1	0.7	Excelente	GNV
EV-03-OP12	31-03-2023	12:30	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-03-OP13	31-03-2023	13:20	1	1	1	1.0	Excelente	GNV

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se muestra que solo se encontraron vehículos a GLP y GNV, donde en la subestación EV-03-OP3 y EV-03-OP7 haciendo uso de GLP presentan niveles de opacidad de Bueno e Inaceptable con índices Bacharach de 1.7 y 4.3, este último presenta consumo de lubricante (aceite) y problemas con los anillos del motor. Evidenciando con mayor frecuencia un índice de Bacharach menor a 1.0 que genera niveles de opacidad Excelente, por ende, no existe presencia de hollín.

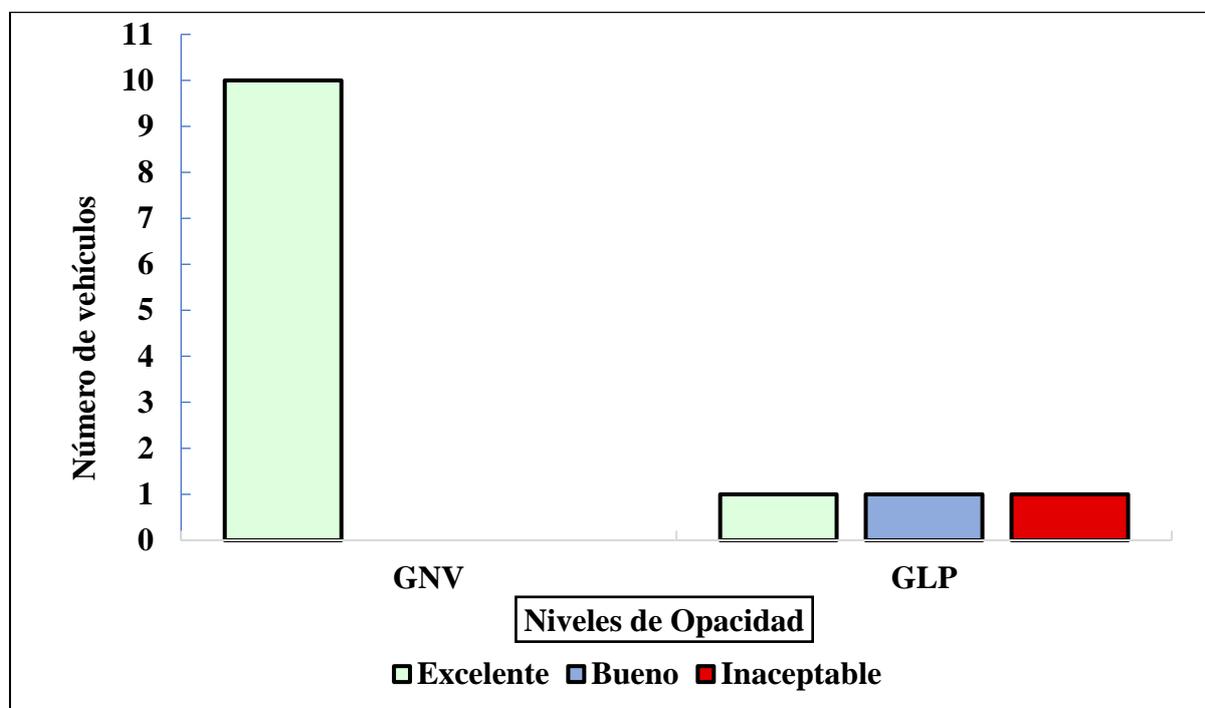


Figura 16. Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-03

Tabla 18

*Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-03*

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Promedio	Nivel de Opacidad	Año de fabricación
			1	2	3	0			
EV-03-OP1	30-03-2023	08:05	0	1	1	0.7	Excelente	2019	
EV-03-OP2	30-03-2023	08:20	1	1	1	1.0	Excelente	2015	
EV-03-OP3	30-03-2023	08:55	1	2	2	1.7	Bueno	2012	
EV-03-OP4	30-03-2023	12:10	0	1	1	0.7	Excelente	2013	
EV-03-OP5	30-03-2023	12:40	1	0	1	0.7	Excelente	2015	
EV-03-OP6	30-03-2023	12:55	0	1	1	0.7	Excelente	2016	
EV-03-OP7	30-03-2023	12:30	4	5	4	4.3	Inaceptable	2011	
EV-03-OP8	31-03-2023	08:20	1	0	1	0.7	Excelente	2013	
EV-03-OP9	31-03-2023	08:35	1	1	1	1.0	Excelente	2018	
EV-03-OP10	31-03-2023	09:00	1	1	1	1.0	Excelente	1996	
EV-03-OP11	31-03-2023	12:00	1	0	1	0.7	Excelente	2007	
EV-03-OP12	31-03-2023	12:30	1	1	1	1.0	Excelente	2014	
EV-03-OP13	31-03-2023	13:20	1	1	1	1.0	Excelente	2012	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se observa que el año de fabricación de mayor antigüedad fue en la subestación EV-03-OP7 del año 2011 presenta el mayor índice de Bacharach con promedio 4.3, generado un nivel de opacidad Inaceptable; por presentar consumo de aceite y problemas en los anillos del motor, que conlleva a la presencia de hollín; mientras que el vehículos del año de fabricación más recién encontrado fue en la subestación EV-03-OP1 del año 2019 presentando niveles de opacidad Excelente y sin evidencia de hollín.

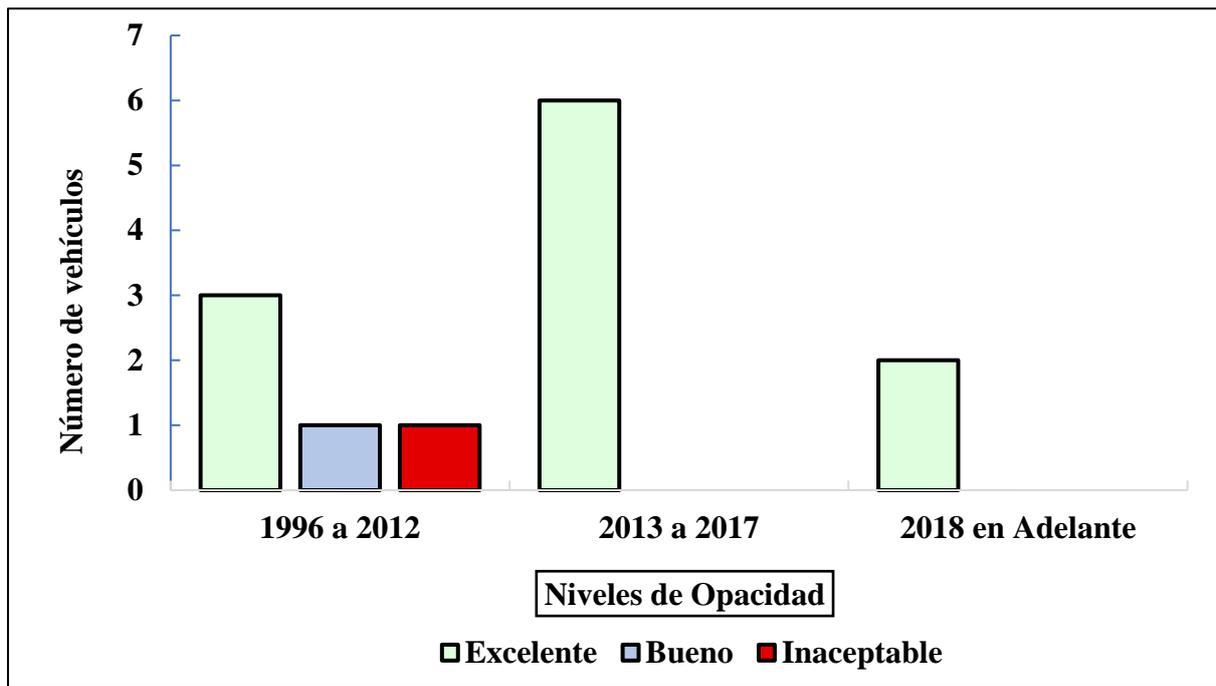


Figura 17. Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-03

Tabla 19

Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-03

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Tiempo de mantenimiento
			1	2	3	Promedio		
EV-03-OP1	30-03-2023	08:05	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-03-OP2	30-03-2023	08:20	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-03-OP3	30-03-2023	08:55	1	2	2	1.7	Bueno	4 meses
EV-03-OP4	30-03-2023	12:10	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-03-OP5	30-03-2023	12:40	1	0	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-03-OP6	30-03-2023	12:55	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-03-OP7	30-03-2023	12:30	4	5	4	4.3	Inaceptable	1 mes
EV-03-OP8	31-03-2023	08:20	1	0	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-03-OP9	31-03-2023	08:35	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-03-OP10	31-03-2023	09:00	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-03-OP11	31-03-2023	12:00	1	0	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-03-OP12	31-03-2023	12:30	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-03-OP13	31-03-2023	13:20	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 19, se evidencia que el tiempo de mantenimiento en los vehículos predominante es cada un mes, presentando niveles de opacidad de excelente y promedios

menores que 1.0 de índice Bacharach, a excepción de la subestación EV-03-OP7 que presenta un nivel de opacidad Inaceptable. Por otro lado, el mayor tiempo de mantenimiento que se encontró es de 4 meses en la subestación EV-03-OP3 y nivel de opacidad Bueno.

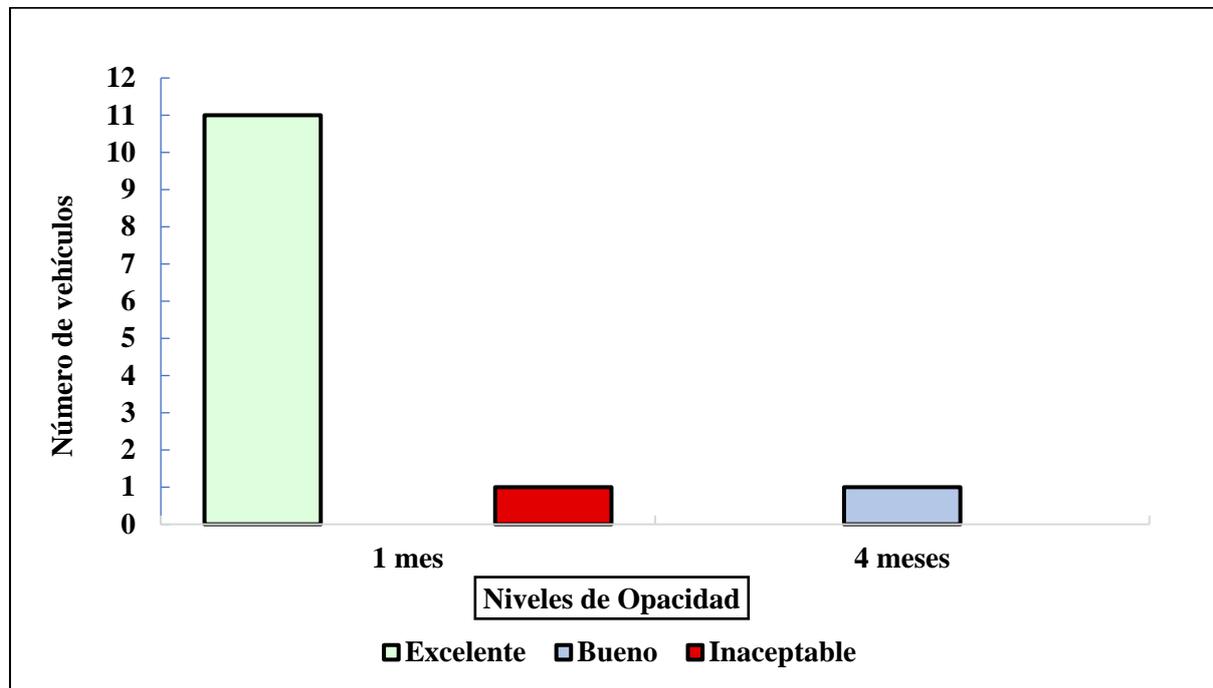


Figura 18. Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-03

#### 4.4. Análisis de resultados de la estación de monitoreo EV-04

Tabla 20

Tabla de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-04

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Tipo de combustible
			1	2	3	Promedio		
EV-04-OP1	03-04-2023	08:00	1	2	2	1.7	Bueno	GLP
EV-04-OP2	03-04-2023	08:10	1	1	1	1.0	Excelente	GLP
EV-04-OP3	03-04-2023	08:40	7	7	7	7.0	Inaceptable	Diésel
EV-04-OP4	03-04-2023	12:20	1	1	1	1.0	Excelente	GLP
EV-04-OP5	03-04-2023	14:00	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-04-OP6	04-04-2023	13:30	1	1	1	1.0	Excelente	GNV
EV-04-OP7	04-04-2023	13:40	1	0	1	0.7	Excelente	GNV
EV-04-OP8	04-04-2023	14:30	1	1	0	0.7	Excelente	GNV
EV-04-OP9	04-04-2023	14.55	1	0	1	0.7	Excelente	GNV
EV-04-OP10	05-04-2023	12:50	1	1	0	0.7	Excelente	GNV
EV-04-OP11	05-04-2023	13:30	1	1	1	1.0	Excelente	GLP
EV-04-OP12	05-04-2023	13:55	3	3	3	3.0	Bueno	Gasolina

EV-04-OP13	05-04-2023	14:50	1	0	1	0.7	Excelente	GNV
EV-04-OP14	05-04-2023	15:00	0	1	1	0.7	Excelente	GNV
EV-04-OP15	05-04-2023	15:30	1	1	1	1.0	Excelente	GNV

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 20, se encontraron que subestación EV-04-OP3 y EV-04-OP12 presentan niveles de opacidad de Inaceptable y Bueno con uso de combustibles a diésel y gasolina respectivamente e índices Bacharach de 7.0 y 3.0, donde el mayor de este presenta problemas en los cilindros del motor. Predominando de esta manera vehículos con uso de combustibles a base de GLP y GNV.

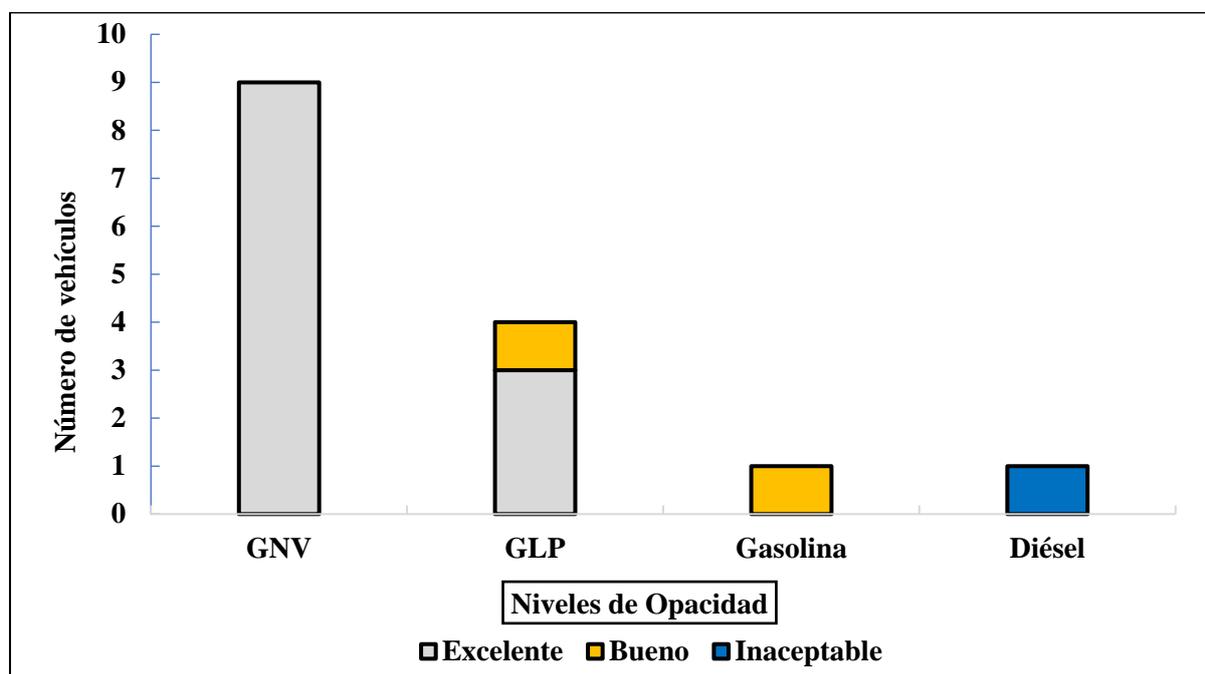


Figura 19. Nivel de opacidad en base al tipo de combustible de la estación EV-04

Tabla 21

Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-04

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Año de fabricación
			1	2	3	Promedio		
EV-04-OP1	03-04-2023	08:00	1	2	2	1.7	Bueno	2018
EV-04-OP2	03-04-2023	08:10	1	1	1	1.0	Excelente	1998
EV-04-OP3	03-04-2023	08:40	7	7	7	7.0	Inaceptable	1990
EV-04-OP4	03-04-2023	12:20	1	1	1	1.0	Excelente	1997
EV-04-OP5	03-04-2023	14:00	0	1	1	0.7	Excelente	1992
EV-04-OP6	04-04-2023	13:30	1	1	1	1.0	Excelente	2022
EV-04-OP7	04-04-2023	13:40	1	0	1	0.7	Excelente	1996

EV-04-OP8	04-04-2023	14:30	1	1	0	0.7	Excelente	2015
EV-04-OP9	04-04-2023	14.55	1	0	1	0.7	Excelente	2018
EV-04-OP10	05-04-2023	12:50	1	1	0	0.7	Excelente	1996
EV-04-OP11	05-04-2023	13:30	1	1	1	1.0	Excelente	1992
EV-04-OP12	05-04-2023	13:55	3	3	3	3.0	Bueno	2014
EV-04-OP13	05-04-2023	14:50	1	0	1	0.7	Excelente	2019
EV-04-OP14	05-04-2023	15:00	0	1	1	0.7	Excelente	1997
EV-04-OP15	05-04-2023	15:30	1	1	1	1.0	Excelente	2010

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21, se muestra año de fabricación de mayor antigüedad encontrado fue en la subestación EV-04-OP3 del año 1990 que presenta un nivel de opacidad Inaceptable e índice Bacharach 7.0, este presentando problemas en los cilindros del motor; seguido de la EV-04-OP5 y EV-04-OP11 del año 1992 en ambas subestaciones y presentan niveles de opacidad Excelente.

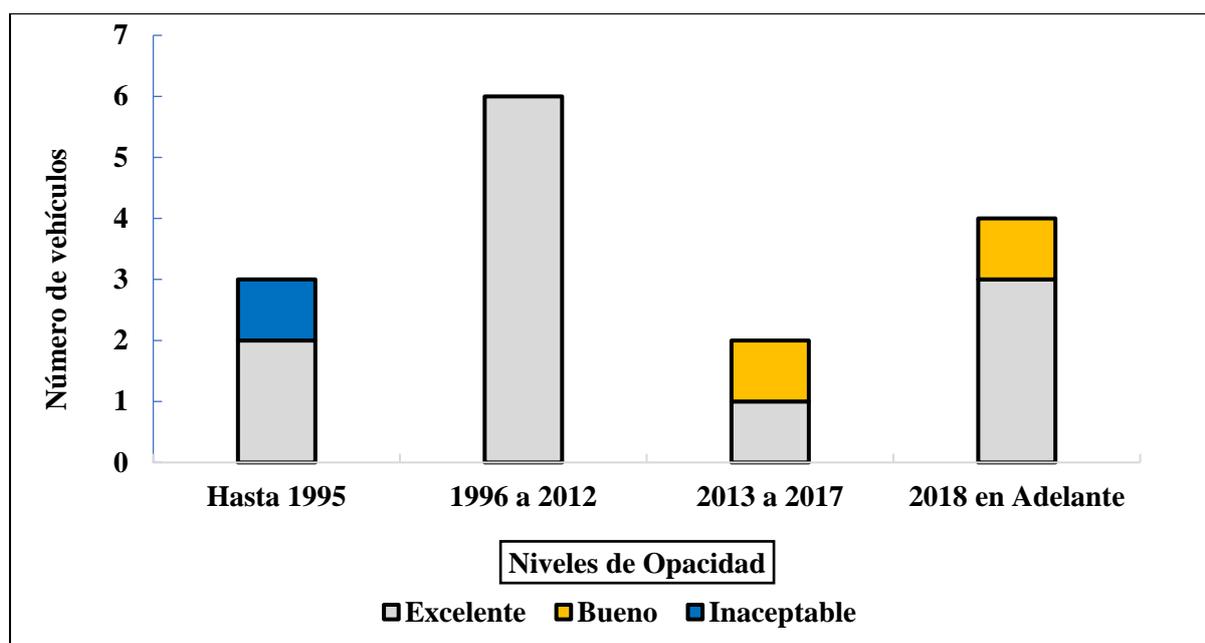


Figura 20. Nivel de opacidad en base al año de fabricación en la estación EV-04

Tabla 22

Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-04

Subestación de monitoreo	Fecha	Hora	Índice Bacharach				Nivel de Opacidad	Tiempo de mantenimiento
			1	2	3	Promedio		
EV-04-OP1	03-04-2023	08:00	1	2	2	1.7	Bueno	1 mes
EV-04-OP2	03-04-2023	08:10	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes

EV-04-OP3	03-04-2023	08:40	7	7	7	7.0	Inaceptable	2 meses
EV-04-OP4	03-04-2023	12:20	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-04-OP5	03-04-2023	14:00	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-04-OP6	04-04-2023	13:30	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-04-OP7	04-04-2023	13:40	1	0	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-04-OP8	04-04-2023	14:30	1	1	0	0.7	Excelente	6 meses
EV-04-OP9	04-04-2023	14.55	1	0	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-04-OP10	05-04-2023	12:50	1	1	0	0.7	Excelente	1 mes
EV-04-OP11	05-04-2023	13:30	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes
EV-04-OP12	05-04-2023	13:55	3	3	3	3.0	Bueno	1 mes
EV-04-OP13	05-04-2023	14:50	1	0	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-04-OP14	05-04-2023	15:00	0	1	1	0.7	Excelente	1 mes
EV-04-OP15	05-04-2023	15:30	1	1	1	1.0	Excelente	1 mes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22, se muestra que a la mayoría de vehículos lo realizan un mantenimiento que oscila mensualmente con niveles de opacidad de Excelente y Bueno, a excepción de lo encontrado en las subestaciones EV-04-OP3 y EV-04-OP8 con tiempos de mantenimiento de dos y seis meses respectivos, en cuanto a los niveles de opacidad estos presentan Inaceptable y Excelente, añadiendo que la primera subestación que se menciona tiene deficiencias en los anillos del motor.

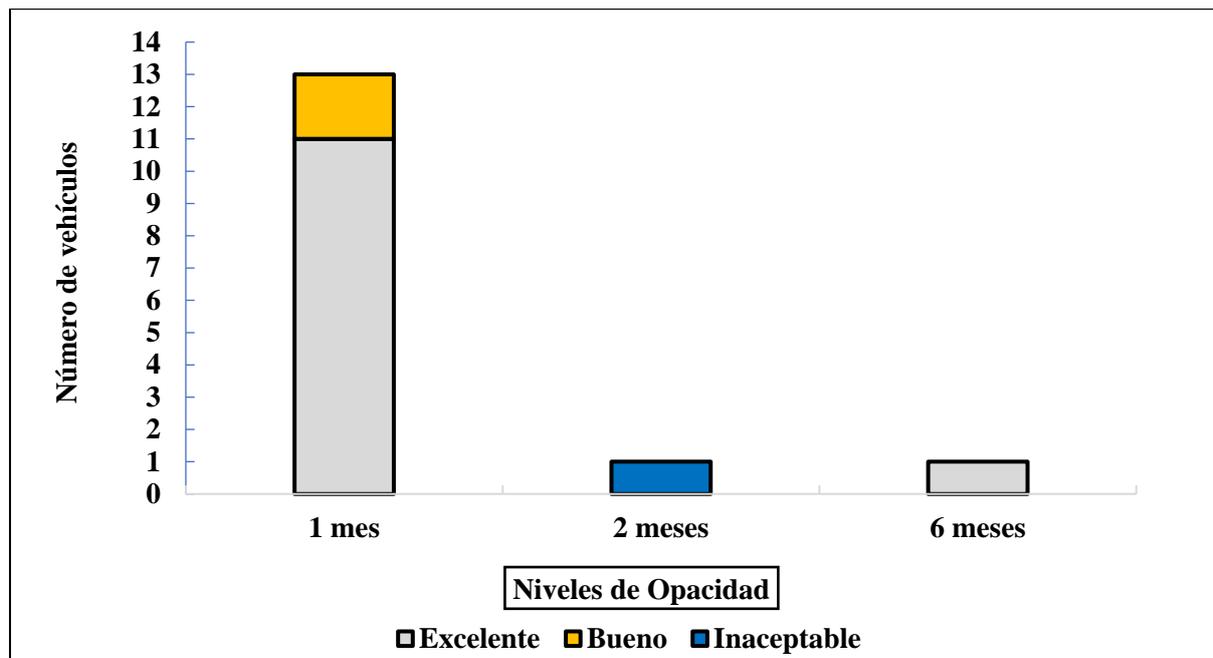


Figura 21. Nivel de opacidad en base al tiempo de mantenimiento en la estación EV-04

Tabla 23  
Niveles de opacidad de vehículos de Huacho

Niveles de Opacidad	Número de vehículos	Porcentaje (%)
Excelente	52	76.47
Bueno	9	13.24
Inaceptable	7	10.29
Total	68	100%

Fuente: Elaboración propia

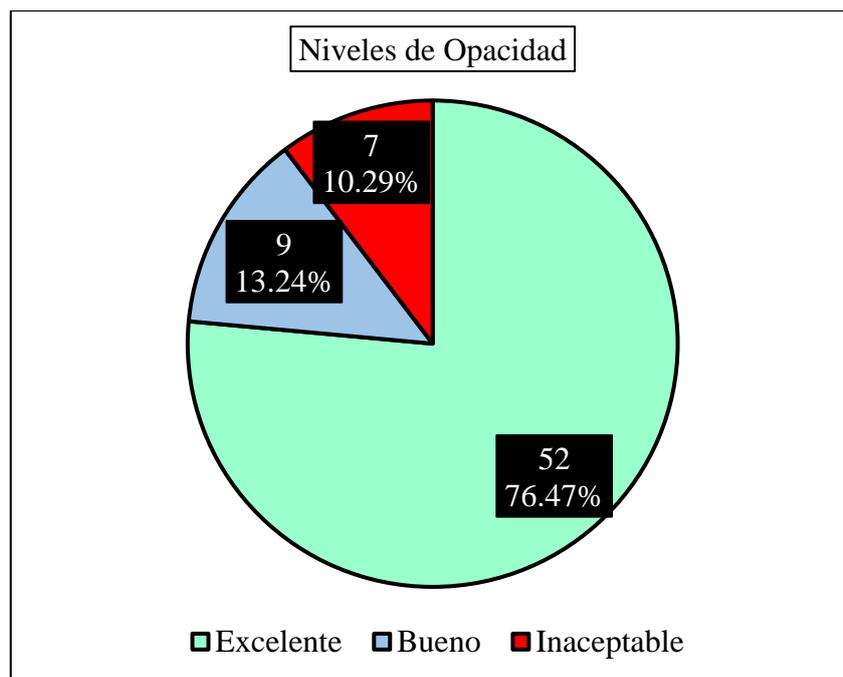


Figura 22. Niveles de Opacidad de vehículos de Huacho

En la figura 16, se muestra que en el estudio realizado en la ciudad de Huacho para evaluar los niveles de opacidad de los vehículos colectivos de una muestra de 78 unidades distribuidos en cuatro estaciones de monitoreo, se tuvo como resultado final que el 76.47% (52 vehículos) de la muestra realizada se encuentran en un nivel de opacidad Excelente, identificando a estos sin presencia de hollín e índices Bacharach menor o igual a uno; seguido del 13.24% (9 vehículos) con un nivel de opacidad Bueno, con una cierta cantidad de hollín o reducido e índices Bacharach entre dos a tres; y finalmente el 10.29% (7 vehículos) con opacidad Inaceptable, hollín muy visibles e índices Bacharach superiores de cuatro.

Tabla 24  
Niveles de opacidad y tipo de combustibles en vehículos antes del año 1999

Tipo de combustible	Niveles de Opacidad			Total/Porcentaje (%)
	Excelente	Bueno	Inaceptable	
Diesel	0	0	3	3/21.43

Gasolina	0	0	0	0/0.00
GLP	3	0	0	3/21.43
GNV	8	0	0	8/57.14
<b>Total = 14 (20.6%)</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>14/100%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, se muestran los vehículos fabricados antes del año 1999, donde se encontró 14 unidades, que representa el 20.6% del total de la muestra (68). La cual se evidencia que los motores a diésel (3) con opacidad Inaceptable y los GNV/GLP con opacidad Excelente.

Tabla 25

*Niveles de opacidad y tipo de combustibles en vehículos posterior al año 2000*

Tipo de combustible	Niveles de Opacidad			
	Excelente	Bueno	Inaceptable	Total/Porcentaje (%)
Diesel	0	0	1	1/1.85
Gasolina	0	5	2	7/12.96
GLP	8	2	1	11/20.37
GNV	33	2	0	35/64.82
<b>Total = 54 (79.4%)</b>	<b>41</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>54/100</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25 se muestran los vehículos fabricados posterior al año 2000 donde se encontró 54 unidades, el 79.4% del total de la muestra (68). Con presencia de opacidad Inaceptable en 4 motores a base de diésel, gasolina y GLP; 41 unidades que presentan opacidad excelente, estos vehículos haciendo uso de gas (GLP/GNV).

Tabla 26

*Niveles de opacidad por los tipos de combustibles*

Tipo de combustible	Índice Bacharach (Máx.)	Niveles de Opacidad			
		Excelente	Bueno	Inaceptable	Porcentaje (%)
Diésel	7.0	0	0	4	5.88
Gasolina	6.0	0	5	2	10.29
GLP	4.3	11	2	1	20.59
GNV	3.3	41	2	0	63.24
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>52</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>68/100</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se analizan los niveles de opacidad en base al tipo de combustible de la muestra total, se observa que los motores a diésel (5.88%) presentan opacidad inaceptable y los motores a GNV (63.24%) con opacidad excelente a excepción de dos vehículos.

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

En base a los resultados se obtuvo que el 76.47% (52) que representa la opacidad Excelente, el 13.24% (9) un nivel de opacidad Bueno y con 10.29% (7) opacidad de Inaceptable; lo que es diferente lo encontrado por Vargas (2019) que una muestra de 73 unidades, un 23.3% con opacidad baja, seguido por un 56.2% con opacidad regular y 20.5% de opacidad alta.

Se encontró que los motores a diésel obtuvieron un nivel de opacidad Inaceptable al 100%, lo que es semejante a lo encontrado por Arroyo (2021) donde obtuvo que en un caldero en combustión y funcionamiento a base de diésel presentaron niveles de opacidad Inaceptable e índice Bacharach de 9 que este representaría el 100% en opacidad, posterior a un mantenimiento general del equipo se evidenció que la opacidad persiste en nivel Inaceptable, pero logrando una reducción de un 55.6% del índice Bacharach (4), con ello menor emisión de hollín.

Se obtuvo que los vehículos con año de fabricación menores del año 2000 que representa un 20.6% (14) con opacidad Inaceptable en 3 vehículos y Excelente en los restantes, en tanto los fabricados del año 2000 en adelante el 79.4% (54), 50 vehículos presentan opacidad entre Excelente y Bueno, 4 vehículos restantes con opacidad Inaceptable; por otro lado Guanoluisa (2018) de una muestra de 103 vehículos donde el 80.5% (83) son del año 2000 en adelante, la cual 59 unidades vehiculares cumplen con la normativa y los 24 restantes no cumplen con el porcentaje de opacidad aceptable (50%); el 19.5% (20) menor o igual al 1999, en ello 10 vehículos no cumplen con opacidad aceptable (60%).

Se obtuve que los vehículos a diésel 5.88% (4) con opacidad Inaceptable e índice Bacharach máximo de 7 en dos vehículos, seguido por motores a gasolina 10.29% (7) presentando opacidad Inaceptable y Bueno e índice Bacharach máximo de 6; por su parte Flores (2018) obtuvo que los niveles de opacidad solo se presentó en vehículos a diésel (100%), donde la opacidad más alta encontrada fue de  $3\text{m}^{-1}$  con las mismas condiciones de muestreo (sin acelerar), este sobrepasando los límites máximos permisibles ( $2.50\text{ m}^{-1}$ ) lo que es una proporcional a opacidad inaceptable.

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- A través de los resultados obtenidos durante la investigación se determina que, los niveles de opacidad son mayores (Inaceptable) en vehículos que hacen uso de combustibles a base de diésel, seguido con motores que hacen uso de la gasolina, donde se encontró opacidad entre Bueno e Inaceptable.
- Los vehículos del parque automotor que hacen uso de combustibles de GLP y GNV para su desplazamiento mostraron en sus niveles de Excelente.
- Se concluye que según el año de fabricación o antigüedad de los vehículos no necesariamente son índices confiables para identificar los niveles de opacidad, dado que encontró vehículos menores a 2013 con niveles de opacidad en estado Excelente, Bueno e Inaceptable, y muchas de estas unidades fueron convertidas para uso de GNV y GLP; así como también existen unidades de estos años usados con combustible a diésel que no pueden convertirse a otro tipo de combustible porque su propio sistema a compresión.
- Finalmente, mediante los resultados en base al tiempo de manteniendo de las unidades vehiculares se concluye que este un factor clave para que se pueda producir los niveles de opacidad, puesto que se evidenció que existen vehículos que no realizan su mantenimiento mensual y estos presentan fallas y problemas en los anillos, cilindros, pistones y otros, hacen que se produzca mayores cantidades en las emisiones gaseosas produciendo de esta manera que niveles de opacidad estén en Inaceptable esto a pesar que puedan hacer uso de combustible gaseosos.

## 6.2. Recomendaciones

- Se recomienda que en el parque automotor se utilice el combustible Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Gas Natural Vehicular (GNV) ya que los niveles de opacidad u otros gases de combustión que generan son relativamente excelente o bajos a comparación un combustible de origen fósil.
- Se sugiere que a los conductores o dueños de estas fuentes móviles usados a base de diésel y gasolina puedan cambiar y/o dar mantenimiento constante del catalizador de esta manera disminuir las emisiones generadas.
- Se sugiere que los vehículos de mayor antigüedad puedan realizar el cambio o conversión en cuando al uso de combustible de esta manera dejar el uso de la gasolina por el GNV o GLP porque presentan beneficios en cuanto a lo económico ya que son relativamente menos costosos a comparación del diésel o gasolina y que son combustibles verdes o amigables con el medio ambiente.
- Se recomienda que los vehículos puedan tener un mantenimiento mensual y verificar en ello si presenta fallas o problemas en sus diferentes sistemas que puedan perjudicar al incremento de las emisiones gaseosas.
- Para futuros trabajos de investigaciones se recomienda hacer uso de equipos de sensores automáticos como analizadores de gases u opacímetros para verificar la concentración in situ de parámetros como opacidad, CO, NOX, HC entre otros.
- Se recomienda a diferentes niveles de gobierno municipales a realizar inspecciones y/o monitoreos en la aplicabilidad del Límites máximos permisibles para vehículos en circulación – D.S. N° 010-2017-MINAM y modificatorias.

## CAPÍTULO VII. REFERENCIAS

- Arroyo, V. (2021). *Eficiencia energética en servicios auxiliares: Calderas de vapor y de aceite térmico*. Zonas Industriales Sostenibles (ZIS PERÚ), Lima. Obtenido de <https://www.zisperu.org/wp-content/uploads/2021/08/Modulo-3-Curso-EE-Calderas-vapor.pdf>
- ASTM D 2156 - 94. (2003). *Standard Test Method for smoke density in flue gases from burning distillate fuels*. Department of Defense. Estados Unidos: Copyright © ASTM International.
- Barrantes Echavarría, R. (2002). *Investigación un camino la conocimiento un enfoque cualitativo y cuantitativo*. San José, Costa Rica: Editorial universidad estatal a distancia. Obtenido de [https://www.academia.edu/38766459/Investigacion\\_un\\_camino\\_al\\_conocimiento\\_Barrantes\\_Echavarr%C3%ADa](https://www.academia.edu/38766459/Investigacion_un_camino_al_conocimiento_Barrantes_Echavarr%C3%ADa)
- Bernales Buendía, V. A. (2020). *Contaminación de los vehículos automotrices con motores de cuatro tiempos, encendido por chispa o compresión en la provincia de Tarma*. (Tesis de Pregrado), Universidad nacional del centro del Perú, Facultad de ciencias aplicadas, Tarma - Perú. Obtenido de [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6808/T010\\_46320215\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6808/T010_46320215_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cabrera Avila, E. R., & Carpio Vargas, C. E. (2019). *Análisis de la opacidad del parque automotor diésel mediante una comparación con las redes de monitoreo de la calidad del aire en el centro histórico del Cantón Cuenca*, de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. (Tesis de pregrado), Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ingeniería Mecánica Automotriz, Cuenca - Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17786/1/UPS-CT008414.pdf>
- Chulde LLive, D. F. (2019). *Evaluación de la contaminación del aire causada por las emisiones de gases producida por la circulación vehicular, en la ciudad de San Gabriel, provincia del Carchi*. (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de ciencias agrícolas y ambientales, San Gabriel. Obtenido de [http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/551/1/1\\_Evaluaci%20de%20la%20contaminaci%20del%20aire%20causada%20por%20las%20emisiones%20de%20gases%20producida%20por%20la%20cir.pdf](http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/551/1/1_Evaluaci%20de%20la%20contaminaci%20del%20aire%20causada%20por%20las%20emisiones%20de%20gases%20producida%20por%20la%20cir.pdf)

- Criminalística. (2017). Medición de la opacidad en vehículos de combustión a diésel. Obtenido de <http://criminalistica.mp.gob.ve/medicion-de-opacidad-en-vehiculos-de-combustion-a-diesel/>
- Defensoria del Pueblo. (2006). *La calidad del aire en Lima y su impacto en la salud y la vida de sus habitantes*. Lima. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/informe-defensorial-no-116-calidad-aire-lima-impacto-salud-vida-sus>
- Draghi, L., & Filgueira, R. (2015). *Motores diesel: Ciclo ideal y diagrama indicado*. Universidad nacional de la Plata, Facultad de ciencias agrarias y forestales. Obtenido de [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/84227/mod\\_resource/content/0/UNIDAD%203.%20CICLO%20IDEAL%20Y%20REAL%20%28INDICADO%29.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/84227/mod_resource/content/0/UNIDAD%203.%20CICLO%20IDEAL%20Y%20REAL%20%28INDICADO%29.pdf)
- Duarte Hernández, I. R. (2018). *Análisis de las emisiones atmosféricas generadas por los vehículos de uso público en función de su actividad para el Municipio de Villa Vicencio-Meta*. (Tesis de grado), Universidad Santo Tomás, Ingeniería Ambiental, Colombia. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12085/2018iv%C3%A1nduarte.pdf?sequence=1>
- El Peruano. (2017). Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores. *Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/establecen-limites-maximos-permisibles-lmp-emisiones-atmosfericas>
- ENVIRA. (2022). *¿Cuáles son los gases más contaminantes que hay en la atmósfera?* Obtenido de <https://enviraiot.es/cuales-son-gases-contaminantes-de-la-atmosfera/>
- Flores cano, J. A. (2018). *Simulación de la contaminación atmosférica y su influencia en el control ambiental de vehículos livianos en Tacna en el Periodo 2011*. (Tesis de Maestría), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Escuela de Posgrado, Tacna. Obtenido de [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3464/146\\_2018\\_flores\\_cano\\_ja\\_espg\\_maestria\\_gestion\\_ambiental\\_desarrollo\\_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3464/146_2018_flores_cano_ja_espg_maestria_gestion_ambiental_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García, R. (2001). *Combustión y combustibles*. San José. Obtenido de <https://www.kimerius.com/app/download/5780666669/Combusti%C3%B3n+y+combustibles.pdf>
- GASNOVA. (2017). *Asociación colombiana del GLP*. Obtenido de <https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2017/07/WLPGA-EE-PDF-ES.V1.pdf>

- Guanoluisa Ataballo, G. I. (2018). *Determinación de los contaminantes producto de la combustión por fuentes móviles a diésel en el Cantón la Maná, provincia de Cotopaxi, periodo 2017\_2018*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Cotopaxi, Ingeniería en Medio Ambiente, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8494/1/PC-000490.pdf>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. Sexta edición ). México: McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hidrovo Contreras, D. G., Meza Zambrano, E. K., & Romero Peña, F. G. (2016). Impacto ambiental del parque automotor del Cantón Quevedo. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11763/CARIBE-2016-10-automotor>
- INEN. (2013). *Gestión ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre*. NTE INEN 2202:2013, Quito - Ecuador. Obtenido de <https://opentechec.com/index.php/component/phocadownload/file/1-norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-2202-2013>
- Intendencias de Montevideo / Pessio Vignolo Artigas. (2020). *Principales contaminantes del aire*. Montevideo. Obtenido de <https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/ambiente/calidad-del-aire/principales-contaminantes-del-aire>
- Intrucción técnica IT-ATM-08.2 - JUNTA DE ANDALUCIA. (s.f.). *Métodos de medida no normalizados - Medida de opacidad Bacharach*. Andalucía. Obtenido de [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/405294/it\\_atm\\_08.2.pdf/5a4d8575-2346-c7dd-6595-62eb263c4a9f?t=1370947477000#:~:text=Esta%20mancha%20se%20compara%20frente,obtenido%20se%20denomina%20opacidad%20Bacharach](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/405294/it_atm_08.2.pdf/5a4d8575-2346-c7dd-6595-62eb263c4a9f?t=1370947477000#:~:text=Esta%20mancha%20se%20compara%20frente,obtenido%20se%20denomina%20opacidad%20Bacharach).
- Llorens, M., & Miranda, A. (2018). *Ingeniería Térmica*. Barcelona, España. Obtenido de [https://kupdf.net/download/ingenieria-termica\\_5a7e767ae2b6f503534ff543\\_pdf](https://kupdf.net/download/ingenieria-termica_5a7e767ae2b6f503534ff543_pdf)
- Mafla Yépez, C., Imbaquingo Navarrete, R., Melo Obando, J., Benavides Cevallos, I., & Hernández Rueda, E. (2018). Cuantificación de la opacidad en motores electrónicos diésel usando diésel y biodiésel. *Ingenius. Revista de ciencia y tecnología*, 6. doi:<https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.10>
- MINAM. (2012). *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana*. Lima - Perú. Obtenido de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/504.pdf>

- Ministerio de Educación / Lucía Sepúlveda Ruiz Casa de la Paz. (1999). *La contaminación ambiental*. Santiago. Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/libro\_la\_contaminacion\_ambiental.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2010). Compendio de la legislación ambiental peruana. 374. Lima. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/compendio\_05\_-\_calidad\_ambiental\_2.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Salud y ambiente*. Lima. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-1.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-1-1.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos - Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM*. Lima. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/normas/establecen-limites-maximos-permisibles-lmp-emisiones-atmosfericas
- MMA. (2023). *Conceptos de calidad del aire*. Santiago - Chile. Obtenido de https://ppda.mma.gob.cl/conceptos-de-calidad-del-aire/
- Mundo motor. (2015). *Mezcla rica y Mezcla pobre*. Obtenido de https://blog.austingo.es/2015/04/15/mezcla-rica-y-mezcla-pobre/#:~:text=Habla%20remos%20de%20mezcla%20rica%20o,debido%20o%20exceso%20de%20aire.
- NATURGAS. (2021). *Qué es el GNV - Gas Natural Vehicular*. Asociación Colombiana de Gas Natural. Obtenido de https://naturgas.com.co/que-es-el-gnv-gas-natural-vehicular/
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Contaminación del aire ambiental (exterior)*. Obtenido de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health
- Pagador Becerra, J. (2020). *Cambios químicos: Combustión*. Obtenido de http://descargas.pntic.mec.es/recursos\_educativos/It\_didac/CCNN/5/06/06\_cambios\_QUIMICOS\_combustion/archivo\_fuente.html
- Pratt, J. (2021). *Diferencia entre mezcla de combustible pobre y rico*. Obtenido de https://es.strephonsays.com/lean-and-rich-fuel-mixture-5561
- Radian International 10389 Old Placerville Road Sacramento. (1997). *Manuales del programa de inventarios* (Vols. Volumen VI - Desarrollo de inventarios de emisiones). México. Obtenido de https://www3.epa.gov/ttn/catc1/dir1/vehicul6.pdf

- Rafael Morales, M., & Hernández Guzmán, A. (2014). *Características de un motor de combustión con dos tipos de combustibles*. México. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
- Salvo Barco, P. (2014). *Formación del hollín en la pirólisis de diferentes biocombustibles oxigenados*. Universidad Zaragoza, Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente, Zaragoza - España. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/289975402.pdf>
- Sanchez Vega, M. (2008). La capa de ozono. *Revista Biocenosis*, 21(1-2), 4.
- Semarnat. (2002). *Tipos de emisiones de contaminantes atmosféricos*. México. Obtenido de [https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas\\_2000/compendio\\_2000/03dim\\_ambiental/03\\_01\\_Atmosfera/data\\_atmosfera/RecuadroIII.1.1.2.htm](https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_01_Atmosfera/data_atmosfera/RecuadroIII.1.1.2.htm)
- SPDA Actualidad Ambiental. (2017). *Parque vehicular y actividades ilegales: Principales contaminantes del aire en Perú*. Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio, Lima. Obtenido de <https://www.actualidadambiental.pe/parque-vehicular-y-actividades-ilegales-principales-contaminantes-del-aire-en-peru/>
- Taboada Ibarra, E. L., & Osnaya García, S. G. (2009). El diesel para autotransporte en México. Situación actual y prospectiva. *El cotidiano*, 65-74. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/325/32512739008.pdf>
- Testo . (s.f.). *smoke pump Instruction manual*. Modelo 0554 0307. Obtenido de <https://static-int.testo.com/media/a1/ad/a9947e0d683b/testo-Smoke-pump-Instruction-Manual.pdf>
- Us Epa, O. A. (2023). *Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés)*. Estados Unidos. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- Vargas Mera, L. R. (2019). *Relación de la conciencia ecológica y la medición del grado de opacidad de los vehículos menores de la ciudad de Pucallpa, Ucayali, 2018*. (Tesis de pregrado), Universidad Alas Peruanas, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Pucallpa. Obtenido de [https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/2483/Tesis\\_Conciencia\\_Medici%C3%B3n\\_Opacidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/2483/Tesis_Conciencia_Medici%C3%B3n_Opacidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Velepucha Sánchez, J. M., & Sabando Piguabe, L. F. (2021). Emisiones de gases contaminantes en vehículos livianos a gasolina. *Revista Científica “INGENIAR”: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8).  
doi:<https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0024>

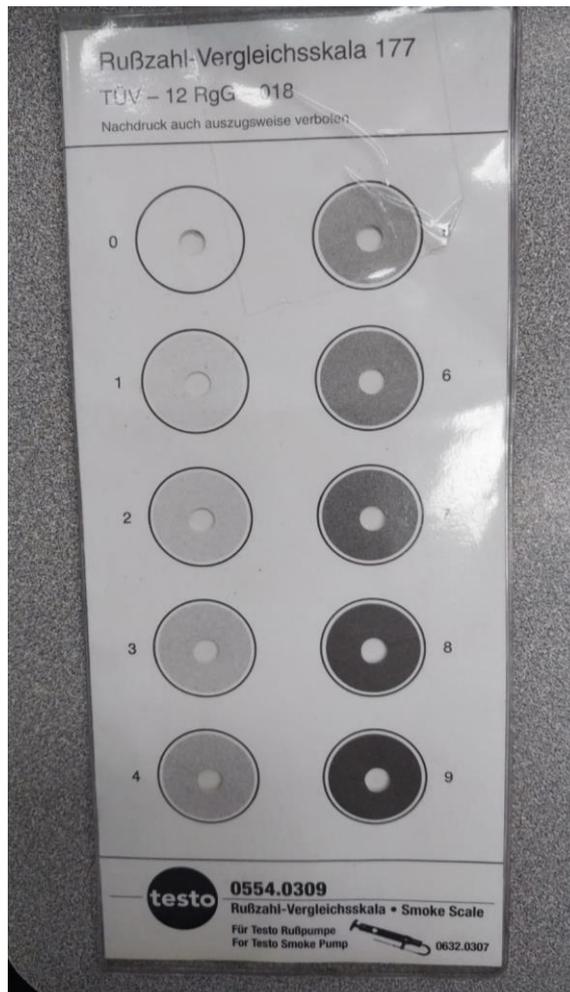
Zhen Yu, Z., & Jing, L. (2011). *Effects of exhaust post-treatment technology on diesel engine emissions*. Changchun, China.  
doi:10.1109/TMEE.2011.6199564.

## **ANEXOS**

## Anexo 01: Opacímetro marca Testo



## Anexo 02: Escala de humo marca Testo



**Anexo 03: Muestreo de opacidad en vehículos – estación EV-01**



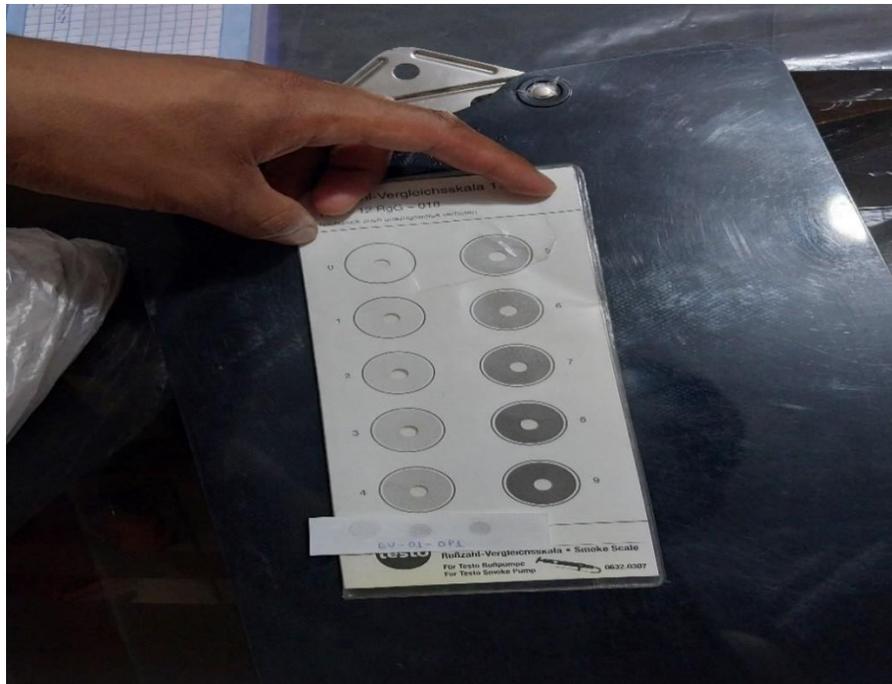
**Anexo 04: Muestreo de opacidad en vehículos – EV-03**



**Anexo 05: Comparación de la muestra con la escala de humo**



**Anexo 06: Identificación de la muestra tomada en la estación EV-01-OP1**



Anexo 07: Cadena de custodia de la estación de muestreo EV-01

Rev. 01  
Fecha: 20180711  
Página: 1 de 1

Hoja 1 de 2

**CADENA DE CUSTODIA DE OPACIDAD**

CLIENTE		N° ORDEN DE SERVICIO	TIPO DE SERVICIO
PERSONA DE CONTACTO	KERUVN FERRAZANO CALERO VALDE	N° S. DE SERVICIO (LAB)	Semestral
CORREO / TELEFONO	keruvn.valde@gmail.com	Ubicación Geográfica (PROBAA)	No periódico
PROCEDENCIA/PROYECTO	Evaluación de emisiones de gases en unidades de opacidad en vehículos		Otro: <input checked="" type="checkbox"/>

Estación de muestreo	Subestación de muestreo	Fecha	Hora	Placa	Tipo de combustible	Tiempo de mantenimiento	Año de fabricación	Lectura de muestreo (SMOKE SCALE)			Promedio
								1	2	3	
EV-01	EV-01-OP1	24-03-23	08:05	B4P-579	Diesel	3 meses	2006	6	6	6	6.0
	EV-01-OP2	24-03-23	08:20	M29-493	GNV	1 mes	2012	2	1	1	1.3
	EV-01-OP3	24-03-23	08:30	086-016	GNV	1 mes	2017	1	0	1	0.7
	EV-01-OP4	24-03-23	08:45	F72-246	GNV	1 mes	2013	1	1	1	1.0
	EV-01-OP5	24-03-23	08:55	D04-363	GNV	1 mes	2012	2	2	2	2.0
	EV-01-OP6	24-03-23	09:00	APW-347	GNV	2 meses	2015	3	4	3	3.3*
	EV-01-OP7	24-03-23	09:15	B31-395	GNV	1 mes	2008	2	1	0	1.0
	EV-01-OP8	25-03-23	12:00	F7U-107	GNV	1 mes	2015	1	1	0	0.7
	EV-01-OP9	25-03-23	12:10	X4W-682	GNV	1 mes	2020	1	1	1	1.0
	EV-01-OP10	25-03-23	12:20	D1N-161	Gasolina	1 mes	2013	3	3	3	3.0
	EV-01-OP11	25-03-23	12:35	ABC-252	Gasolina	1 mes	2014	3	3	3	3.0
	EV-01-OP12	25-03-23	13:00	AME-681	Gasolina	3 meses	2018	6	6	6	6.0*
	EV-01-OP13	25-03-23	13:30	BMW-492	GLP	1 mes	2021	1	1	1	1.0

EQUIPO USADO	
MARCA:	TESTO
MODELO:	0632.0303
SERIE:	90044874
CODIGO INTERNO:	21882

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	
Mantenimiento Actual	Fecha
15/03/2023	15/03/23
Proximo Mantenimiento	Fecha
15/09/2023	10/09/23

OBSERVACIONES	
* Vehículos con consumo de aceite (problema en el cilindro)	

Firma del inspector responsable del muestreo	
Nombre:	Keruvn Calero Valde
Fecha:	27/03/23 hora 19:00

Firma del supervisor en campo (cliente)	
Nombre:	
Fecha:	

FORMA-021

FORMA-022

<b>CLIENTE</b>	KLEUVIN FERRAJANOS (ACERO VALE)	<b>N° ORDEN DE SERVICIO</b>	
<b>PERSONA DE CONTACTO</b>	Kleuvyn Ferrajanos	<b>N° S. DE SERVICIO (LAB)</b>	
<b>CORREO / TELEFONO</b>	Kleuvyn.ferrajanos@gmail.com	<b>Ubicación Geográfica (MOSSES)</b>	F 0216992 K 8770875
<b>PROCEDENCIA/PROYECTO</b>	Evaluación de emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos	<b>TIPO DE SERVICIO</b>	Semanal: <input type="checkbox"/> Mensual: <input type="checkbox"/> Trimestral: <input type="checkbox"/> Otro: <input checked="" type="checkbox"/>

Estación de muestreo	Subestación de muestreo	Fecha	Hora	Placa	Tipo de combustible	Tiempo de mantenimiento	Año de fabricación	Lecturas de muestreo (SMOKE SCALE)			Promedio
								1	2	3	
								1	2	3	
EV-01	EV-01-OP14	26-03-23	17:00	BK-354	GNV	1 mes	2011	1	2	3	0.7
	EV-01-OP15	26-03-23	17:25	DM-414	Gasolina	2 mes	2013	3	3	3	3.0
	EV-01-OP16	26-03-23	17:55	M2W-086	Gasolina	1 mes	2013	4	4	4	4.0
	EV-01-OP17	26-03-23	18:20	ARG-450	GNV	1 mes	2013	1	1	1	1.0
	EV-01-OP18	26-03-23	18:30	BEN-410	GNV	1 mes	2018	1	1	1	1.0
	EV-01-OP19	26-03-23	18:45	B2T-694	GNV	1 mes	2010	1	1	0	0.7
	EV-01-OP20	26-03-23	18:55	T4V-600	GLP	1 mes	2014	1	1	1	1.0

<b>EQUIPO USADO</b>		<b>MANTENIMIENTO DEL EQUIPO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>MARCA</b>	TRUSTO	<b>Mantenimiento Actual</b>	Fecha: 12/00	
<b>MODELO</b>	0632-0307	<b>Próximo Mantenimiento</b>	Fecha: 15/09/23	
<b>SERIE</b>	90044874			
<b>CODIGO INTERNO</b>	21882			

Firma del supervisor responsable del muestreo  
Nombre: Kleuvyn Ferrajanos  
Fecha: 27/03/23 Hora: 19:00

Firma del supervisor en campo (cliente)  
Nombre: Kleuvyn Ferrajanos  
Fecha: 27/03/23 Hora: 19:00

Anexo 08: Cadena de custodia de la estación de muestreo EV-02

Rev. 01  
Fecha: 20/07/11  
Página: 1 de 1

Hoja 1 de 2

**CADENA DE CUSTODIA DE OPACIDAD**

**CLIENTE**

PERSONA DE CONTACTO : HERNAN FERNANDO ALERO VALE

CORREO / TELEFONO : Kerwin.Calero@gmail.com

PROCEDENCIA/PROYECTO : Evaluación de emisiones de gas en niveles de operación en vehículos

**N.º ORDEN DE SERVICIO** : 0215003

**N.º S. DE SERVICIO (LAB.)** : 0840003

**Ubicación Geográfica (WGS84)** :

**TIPO DE SERVICIO**

Semanal:

Mensual:

Trimestral:

Declaración:

Estación de muestreo	Subestación de muestreo	Fecha	Hora	Placa	Tipo de combustible	Tiempo de mantenimiento	Año de fabricación	Lectura de muestreo (SMOKE SCALE)			Promedio
								1	2	3	
EV-02	EV-02-0P1	27-03-23	07:30	X2F-036	Diesel	2 mes	1992	6	5	6	5.7
	EV-02-0P2	27-03-23	07:55	F7V-044	GNV	2 mes	1994	0	1	0	0.7
	EV-02-0P3	27-03-23	08:30	H2A-214	GNV	2 mes	2018	1	1	0	0.7
	EV-02-0P4	27-03-23	08:40	F4H-450	GNV	2 mes	2020	1	1	1	1.0
	EV-02-0P5	27-03-23	08:55	AAA-165	GNV	2 mes	2014	0	1	1	0.7
	EV-02-0P6	27-03-23	09:00	A80-050	GLP	2 mes	2014	1	1	1	1.0
	EV-02-0P7	27-03-23	09:25	A2Z-632	GNV	2 mes	2017	1	1	1	1.0
	EV-02-0P8	27-03-23	12:30	C6J-002	Diesel	2 mes	1998	6	7	8	7.0
	EV-02-0P9	27-03-23	12:55	DBV-112	GLP	2 mes	2012	2	1	1	1.3
	EV-02-0P10	27-03-23	13:30	C2B-537	GNV	2 mes	2013	0	1	1	0.7
EV-02-0P11	27-03-23	17:00	A3B-094	Gasolina	2 mes	2010	3	3	3	3.0	
EV-02-0P12	27-03-23	17:30	C2W-333	GNV	2 mes	2010	0	1	1	0.7	
EV-02-0P13	27-03-23	18:00	F2E-155	GNV	2 mes	1997	1	1	1	1.0	

**EQUIPO USADO**

MARCA : TESIO

MODELO : 0632.0307

SERIE : 90044874

CODIGO INTERNO : 21882

**MANTENIMIENTO DEL EQUIPO**

Mantenimiento Actual	Fecha	Hora
	17/03/23	12:00
Próximo Mantenimiento	Fecha	Hora
	15/09/23	-

**OBSERVACIONES**

\* Vehículo con frotamiento en los inyectores.

**Firma del Inspector responsable del muestreo**

Nombre: Kerwin Calero Vale

Fecha: 28/03/23 Hora: 20:00

**Firma del supervisor en campo (cliente)**

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

FORMA-021

FORMA-006

CADENA DE CUSTODIA DE OPACIDAD



CLIENTE		
PERSONA DE CONTACTO	: KEVIN FERNANDO CAJENO VALLE	
CORREO / TELEFONO	: kevin.cajeno@gmail.com	
PROCEDENCIA/PROYECTO	: Evaluación de emisiones de gas en niveles de opacidad en vellosos	
N° ORDEN DE SERVICIO : N° S. DE SERVICIO (LAB) : Ubicación Geográfica (MOSSA) : EV-02-02-0208		
TIPO DE SERVICIO Semestral: <input type="checkbox"/> Mensual: <input type="checkbox"/> Trimestral: <input type="checkbox"/> Otro: <input checked="" type="checkbox"/>		

Estación de muestreo	Subestación de muestreo	Fecha	Hora	Placa	Tipo de combustible	Tiempo de mantenimiento	Año de fabricación	Lecturas de muestreo (SMOKE SCALE)			Promedio
								1	2	3	
EV-02	EV-02-0P14	28-03-23	12:10	CSA-641	GNV	1 mes	1998	0	1	1	0.7
	EV-02-0P15	28-03-23	12:40	APA-472	GLP	1 mes	2016	1	1	1	1.0
	EV-02-0P16	28-03-23	13:00	BFK-474	GLP	1 mes	2010	1	0	1	0.1
	EV-02-0P17	28-03-23	13:45	CF-198	GNV	1 mes	2013	0	1	1	0.7
	EV-02-0P18	28-03-23	17:10	FQE-313	GLP	1 mes	2017	1	1	1	1.0
	EV-02-0P19	28-03-23	17:55	D5G-444	GNV	1 mes	2014	0	1	1	0.7
	EV-02-0P20	28-03-23	18:20	B3J-026	GNV	1 mes	2008	1	1	1	1.0

EQUIPO USADO	
MARCA :	TEFTO
MODELO :	0632.0307
SERIE :	90044874
CODIGO INTERNO :	21882

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	
Mantenimiento Actual	Fecha
	15/09/23
Próximo Mantenimiento	Fecha
	15/09/23

OBSERVACIONES	

Firma del inspector responsable del muestreo  
 Nombre: Kevin Cajeno Valle  
 Fecha: 28-03-23 Hora: 20:00

Firma del supervisor en campo (cliente)  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Anexo 09: Cadena de custodia de la estación de muestreo EV-03

Rev. 01  
Fecha: 2019/07/11  
Página: 1 de 1

**CADENA DE CUSTODIA DE OPACIDAD**

Hoja 01 de 01

<b>CLIENTE</b>		<b>N° ORDEN DE SERVICIO</b>	
<b>PERSONA DE CONTACTO</b>	KEUVYN FERNANDO CALLED VALLE	<b>N° 8. DE SERVICIO (LAB)</b>	
<b>CORREO / TELEFONO</b>	keuvyn.calleda@gmail.com	<b>TIPO DE SERVICIO</b>	
<b>PROYECTO</b>	Evaluación de emisiones de gas en nivel de opacidad en vehículos	Semanal	Trimestral
		Mensual	No periódico
		Trimestral	Otro:
		Ubicación Geográfica (WGS84) E 0215020 N 8770265	

Estación de muestreo	Subestación de muestreo	Fecha	Hora	Placa	Tipo de combustible	Tiempo de mantenimiento	Año de fabricación	Lecturas de muestreo (SMOKE SCALE)			Promedio
								1	2	3	
EV-03	EV-03-0P1	30-03-23	08:05	BLE-566	GNV	1 mes	2019	0	1	1	0.7
	EV-03-0P2	30-03-23	08:20	AM4-329	GNV	1 mes	2015	1	1	1	1.0
	EV-03-0P3	30-03-23	08:55	C35-214	GLP	4 meses	2012	1	2	2	1.7
	EV-03-0P4	30-03-23	12:10	F5E-070	GLP	1 mes	2013	0	1	1	0.7
	EV-03-0P5	30-03-23	12:40	AMY-183	GNV	1 mes	2015	1	0	1	0.7
	EV-03-0P6	30-03-23	12:55	AU0-357	GNV	1 mes	2016	0	1	1	0.7
	EV-03-0P7	30-03-23	13:30	BJJ-412	GLP	1 mes	2011	4	5	4	4.3*
	EV-03-0P8	31-03-23	08:20	D9L-096	GNV	1 mes	2013	1	0	1	0.7
	EV-03-0P9	31-03-23	08:35	AXY-251	GNV	1 mes	2018	1	1	1	1.0
	EV-03-0P10	31-03-23	09:00	D3T-243	GNV	1 mes	1946	1	1	1	1.0
	EV-03-0P11	31-03-23	12:00	C9F-137	GNV	1 mes	2007	1	0	1	0.7
	EV-03-0P12	31-03-23	12:30	JUC-328	GNV	1 mes	2014	1	1	1	1.0
EV-03-0P13	31-03-23	13:20	D4R-256	GNV	1 mes	2012	1	1	1	1.0	

EQUIPO USADO	
MARCA:	TESTO
MODELO:	0632.0307
SERIE:	90044874
CODIGO INTERNO:	21882

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	
Mantenimiento Actual	Fecha: 13/03/23
Próximo Mantenimiento	Fecha: 13/04/23

OBSERVACIONES	
*Fuente con consumo de aceite. (Lubricante)	

Firma del Inspector responsable del muestreo

Nombre: Keuvyn Calleda Valle

Fecha: 31/03/23 Hora: 14:00

Firma del supervisor en campo (cliente)

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

POMA-021 FORMA-002

Anexo 10: Cadena de custodia de la estación de muestreo EV-04

Cadena de custodia de la estación de muestreo EV-04		Rev. 01 Fecha: 2019/07/11 Página: 1 de 1	Hoja 1 de 2
CLIENTE	KENVYN FERNANDO (AERO) UNILE		
PERSONA DE CONTACTO	CORREO / TELEFONO		
PROCEDENCIA/PROYECTO	Evaluación de Emisiones de gas en ciudad de opaqued en vehículos		
N° ORDEN DE SERVICIO		TIPO DE SERVICIO	
N° 8. DE SERVICIO (LAB) :		Semestral	
UBICACIÓN Geográfica (MOSSA)		Mensual	
E0214280		No periódico	
E0214280		Otro: X	

Estación de muestreo	Subestación de muestreo	Fecha	Hora	Placa	Tipo de combustible	Tiempo de mantenimiento	Año de fabricación	Lecturas de muestreo (SMOKE SCALE)			Promedio
								1	2	3	
EV-04	EV-04-0P1	03-04-23	08:00	ANS-396	GLP	3 mes	2018	1	2	2	1.7
	EV-04-0P2	03-04-23	08:10	AZR-295	GLP	3 mes	1998	1	1	1	1.0
	EV-04-0P3	03-04-23	08:40	A4H-634	Diésel	3 mes	1990	7	7	7	7.0*
	EV-04-0P4	03-04-23	12:20	D3X-620	GLP	3 mes	1997	1	1	1	1.0
	EV-04-0P5	03-04-23	14:00	COX-447	GNV	3 mes	1992	0	1	1	0.7
	EV-04-0P6	04-04-23	13:30	CCM-506	GNV	3 mes	2022	1	1	1	1.0
	EV-04-0P7	04-04-23	13:40	CSK-638	GNV	3 mes	1996	1	0	1	0.7
	EV-04-0P8	04-04-23	14:30	AUE-204	GNV	6 meses	2015	1	1	0	0.7
	EV-04-0P9	04-04-23	14:55	ART-401	GNV	3 mes	2018	1	0	1	0.7
	EV-04-0P10	05-04-23	12:50	F9Y-165	GNV	3 mes	1996	1	1	0	0.7
EV-04-0P11	05-04-23	12:30	D6E-173	GLP	3 mes	1992	1	1	1	1.0	
EV-04-0P12	05-04-23	13:55	F8N-069	Gasolina	3 mes	2014	3	3	3	3.0	
EV-04-0P13	05-04-23	14:50	BN2-124	GNV	1 mes	2019	1	0	1	0.7	

EQUIPO USADO		MANTENIMIENTO DEL EQUIPO		OBSERVACIONES
MARCA	MODELO	Mantenimiento Actual	Próximo Mantenimiento	
TESTO	0632-0307	Fecha: 15/03/23	Fecha: 15/07/23	* Subestación presenta fallas en el cilindro del motor.
SERIE	90044874	Hora: 12:00	Hora: -	
CODIGO INTERNO:	21882			

Firma del Inspector responsable del muestreo

Nombre: Kenyn Fernando Unile

Fecha: 05/04/23 hora: 15:30

Firma del supervisor en campo (cliente)

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ hora: \_\_\_\_\_

FORMA-021

FORMA-008

CADENA DE CUSTODIA DE OPACIDAD



CLUBITE	
PERSONA DE CONTACTO	KERUYN FERNANDO CALVO VALLE
CORREO / TELEFONO	keruyn.calvo@gmail.com
PROCEDENCIA/PROYECTO	Evaluación de emisiones de gas en niveles de opacidad en vehículos
N° ORDEN DE SERVICIO	
N° B. DE SERVICIO (LAB)	
Utilización Geográfica (WOS64)	20879218 20214830
TIPO DE SERVICIO	Semanal: <input type="checkbox"/> Mensual: <input type="checkbox"/> Trimestral: <input type="checkbox"/> Otro: <input checked="" type="checkbox"/>

Estación de muestreo	Subestación de muestreo	Fecha	Hora	Placa	Tipo de combustible	Tiempo de mantenimiento	Año de fabricación	Lecturas de muestreo (BMOKE SCALE)			Promedio
								1	2	3	
								DATOS DEL MUESTREO			
EV-04	EV-04-0P14	05-04-23	15:00	F90-6L3	1 mes	GNV	1997	0	1	1	0.7
	EV-04-0P15	05-04-23	15:30	CHY-615	1 mes	GNV	2010	1	1	1	1.0

MARKA:	TESTO
MODELO:	0632-0307
SERIE:	90044874
CODIGO INTERNO:	21882

Mantenimiento Actual	Fecha	Hora
	12/03/23	12:00
Próximo Mantenimiento	Fecha	Hora
	15/09/23	-

OBSERVACIONES

Firma del supervisor en campo (cliente)  
Nombre: .....  
Fecha: ..... hora

Firma del Inspector responsable del muestreo  
Nombre: Keruyn Calvo Valle  
Fecha: 05/04/23 hora 16:30

**Anexo 11: Certificado de mantenimiento de la bomba de opacidad manual**

