UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS GASES DE N-HEXANO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO, GENERADOS POR LA EVAPORACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES DE AUTOMOCIÓN EN TRES ESTACIONES DE SERVICIO DE YARINACOCHA, Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AIRE - 2024

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

ALEXIS XAVIER, CAIRUNA PICOTA

Pucallpa, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
COMISION DE GRADOS Y TITULOS.

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
N°211/2025-CGT-FCFyA-UNU

En la cuidad de Pucallpa a las 09:20 horas del día 20 de enero del 2025, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, siendo designados con Memo Múltiple Nº 003-2025-UNU-FCsFyA-CGT, conformado por:

Dr. Grober Panduro Pisco	PRESIDENTE
Dr. Mack Henry Pinchi Ramírez	MIEMBRO
MSc. Letty Leonor Sandoval Mendoza	MIEMBRO

Se procedió a la evaluación de la sustentación de tesis denominada: "**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS GASES DE N-HEXANO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO, GENERADOS POR LA EVAPORACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES DE AUTOMOCIÓN EN TRES ESTACIONES DE SERVICIO DE YARINACOCHA, Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE AIRE – 2024",** presentado por el Bachiller **ALEXIS XAVIER CAIRUNA PICOTA**; asesorado por el Mg. Julián Robert Pérez Vigilio.

Habiendo culminado la sustentación por el precitado bachiller, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, las que fueron absueltas y expuestas por la sustentante, en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD,** recomendando hacer las mejoras correspondiente de la metodología y diseño experimental, quedando expedito para el otorgamiento del **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**, siendo las 10:20 horas, del mismo día, se da por culminado el acto académico, pasando a firmar los jurados.

Dr. Grober Panduro Pisco
Presidente

Dr. Mack Henry Pinchi Ramírez
Miembro

Mg. Letty Leonor Sandoval Mendoza
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Grober Panduro Pisco

Presidente

Dr. Mack Henry Pinchi Ramírez

Miembro

M.Sc. Letty Leonor Sandoval Mendoza

Miembro

Mg. Julián Robert Perez Vigilio

Asesor

Bach. Alexis Xavier Cairuna Picota

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

N° V/0485-2024.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS GASES DE N-HEXANO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO GENERADOS POR LA EVAPORACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES DE AUTOMOCIÓN EN TRES GASOLINERAS DE YARINACOCHA Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AIRE"

Autor(es)	:	CAIRUNA PICOTA, ALEXIS XAVI
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela	:	ING. AMBIENTAL
Asesor(a)	:	Mg. PÉREZ VIGILIO, JULIÁN ROBERT

Presenta un **porcentaje de similitud de 8%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO.

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 18/09/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Alexis Xavier Cairuna Picota

Autor de la tesis titulada : Evaluación de la concentración de los gases de n-Hexano y dióxido de nitrógeno, generados por la evaporación de los combustibles de automoción en tres estaciones de servicio de Yarinacocha, y su impacto en la calidad del aire - 2024

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): Julián Róbert Pérez Vigilio

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [x]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 20 / 01 / 2025

Email: alexaui2093@gmail.com Firma:

Teléfono: 918410211 DNI: 47696797

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mis primeros maestros, por confiar en mis capacidades y por inculcarme los valores que me han guiado en este camino. Su apoyo incondicional y su fe en mí han sido una fuente constante de motivación. A mi compañera de vida, Melissa Lay, por estar a mi lado en cada paso de este viaje, por su amor, paciencia y apoyo inquebrantable desde el primer día. Sin su presencia, comprensión y aliento, este logro no habría sido posible. Este trabajo es tanto suyo como mío.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirnos alcanzar este objetivo y por darnos la fortaleza para no desfallecer en el camino.

A nuestros familiares, quienes estuvieron a nuestro lado durante todo este proceso universitario, brindándonos su amor y apoyo incondicional.

Al Dr. Julián Robert Pérez Vigilio, por sus enseñanzas valiosas y por el constante apoyo que me brindó como asesor de tesis, guiándome con sabiduría y paciencia.

A todos nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental, por su dedicación, vocación, y por compartir con nosotros su conocimiento con pasión y entrega.

A nuestros amigos, que siempre creyeron en nosotros y estuvieron presentes desde el primer día, siendo un pilar fundamental en esta travesía.

Y, de manera especial, a mis padres, por su inquebrantable confianza y fe en mí, y a mi esposa, Melissa Lay Luna, por su apoyo incondicional desde el primer momento. Sin su amor, aliento y compañía, nada de esto habría sido posible.

ÍNDICE GENERAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS ii
ACTA DE APROBACION DE TESIS iii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION iv
AUTORIZACION DE PUBLICACION DE TESIS EN REPOSITORIO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE DE TABLAS xi
RESUMEN xiii
ABSTRACT xv
INTRODUCCIÓN xvii
CAPÍTULO I 1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.1. Formulación del problema 1
1.1.1. Problema General 2
1.1.2. Problemas Específicos 2
1.2. JUSTIFICACIÓN 3
1.3. OBJETIVOS 5
1.3.1. Objetivo General 5
1.3.2. Objetivos Específicos 5
1.4. HIPÓTESIS 6
1.4.1. Hipótesis General 6
1.4.2. Hipótesis Específicas 6
CAPÍTULO II 7
MARCO TEÓRICO 7
2.1. Antecedentes de la investigación 7
2.2. Bases teóricas 18
2.2.1. El aire 19
2.2.2. La atmósfera 19
2.2.3. Evaporación de combustible 20
2.2.4. Hexano (C_6H_{14}) 21

2.2.5. Óxidos de Nitrógeno (NO_x) 21
2.2.6. La automoción 22
2.3. Definición de términos básicos 22
CAPÍTULO III 25
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION 25
3.1. Método de investigación 25
3.2. Población y muestra 25
3.2.1. Población 25
3.2.2. Muestra 26
3.3. Procedimientos de recolección de datos 26
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos 27
3.5. Procesamiento para recolección de datos 31
3.6. Tratamiento de datos 33
CAPÍTULO IV 35
RESULTADOS Y DISCUSION 35
4.1. RESULTADOS 35
CAPITULO V 65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 65
5.1. CONCLUSIONES 65
5.2. RECOMENDACIONES 66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68

ANEXOS

……74

Anexo 1. Tabla de información de la recolección de datos para el análisis de las estaciones de los grifos ubicados en el distrito de Yarinacocha 75

Anexo 2. Informe de ensayos realizados en los grifos Petrogas, IOCOP y Yacumama. 76

Anexo 3. Primera toma de datos en el grifo IOCOP 77

Anexo 4. Recolección de información grifo IOCOP 77

Anexo 5. Instalación de equipo en el grifo IOCOP 78

Anexo 6. Segundo día de toma de toma de datos en la estación de servicio IOCOP 78

Anexo 7. Toma de datos en la estación de servicio de Petrogas para la concentración de los gases de n-hexano y dióxido de nitrógeno 79

Anexo 8. Primera toma de datos en la estación de servicio de Petrogas.....79

Anexo 9. Segunda toma de datos en la estación de servicio de Petrogas.....80

Anexo 10 Tercera toma de datos en la estación de servicio de Petrogas.....80

Anexo 11. Calibrando el equipo en el grifo Yacumama.....81

Anexo 12. Equipo para la toma de datos en la estación de servicio de Yacumama 81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estándares de calidad ambiental (ECA) internacional para Aire 18

Tabla 2 Composición media de la atmosfera seca por debajo de los 80 km (ppm= partes por millón) 20

Tabla3 Diferentes ejemplos de óxidos de nitrógeno 22

Tabla 4 Estadísticos descriptivos de N – Hexano (ug/m3) de tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha.....36

Tabla 5 Estadísticos descriptivos de NO2 (ug/m3) de tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha.....38

Tabla 6 Estadísticos descriptivos de la estación de servicio Petrogas 41

Tabla 7 Estadísticos descriptivos de la estación de servicio IOCOP 43

Tabla 8 Estadísticos descriptivos de la estación de servicio Yacumama 46

Tabla 9 Correlación entre las variables N – HEXANO y tres elementos climáticos en tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha.....49

Tabla 10 Correlación entre el dióxido de nitrógeno y tres elementos climáticos en tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha.....56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Relación entre el N – HEXANO de las tres estaciones de servicio de Yarinacocha y la humedad. 53

Figura 2 Relación entre el N – HEXANO de tres estaciones de servicio de Yarinacocha y la presión. 54

Figura 3 Relación entre el N – HEXANO de tres estaciones de servicio de Yarinacocha y la temperatura. 55

Figura 4 Relación entre el dióxido de nitrógeno y la humedad. 58

Figura 5 Relación entre el dióxido de nitrógeno y la presión. 59

Figura 6 Relación entre el dióxido de nitrógeno y la temperatura. 60

RESUMEN

En esta investigación se evaluaron y cuantificaron las concentraciones de n-hexano y dióxido de nitrógeno (NO_2) generados por la evaporación de combustibles de automoción en tres estaciones de servicio de Yarinacocha, con el objetivo de comprender su impacto en la calidad del aire. Se analizaron muestras en las estaciones Petrogas, IOCOP y Yacumama, y se determinó si las concentraciones de estos compuestos cumplían con los estándares de calidad del aire y las normativas ambientales vigentes. También se examinó la posible variación en las emisiones de n-hexano y NO_2 en función de distintos momentos del día y condiciones climáticas, además de identificar potenciales fuentes de emisión en cada estación de servicio. Los resultados revelaron que las concentraciones de n-hexano y NO_2 estuvieron por debajo de los estándares de calidad ambiental de la norma internacional ASTM D3687-07 (2007) y las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo cual sugiere que las emisiones actuales no representan un riesgo inmediato para la salud pública. En el caso de n-hexano, las concentraciones promedio fueron 2.322 µg/m³ en Petrogas, 0.996 µg/m³ en IOCOP, y 0.784 µg/m³ en Yacumama, todos valores significativamente inferiores al límite permisible de 11 µg/m³. Las concentraciones promedio de NO_2 también estuvieron muy por debajo de los estándares de calidad ambiental de 200 µg/m³, siendo 13.9814 µg/m³ en Petrogas, 12.1334 µg/m³ en IOCOP y 12.5354 µg/m³ en Yacumama. El análisis estadístico mostró que no existió una correlación significativa entre las concentraciones de n-hexano y las variables climáticas (humedad, presión y temperatura) en las estaciones monitoreadas, con valores de

correlación que oscilaron entre 0.33 y 0.61. Sin embargo, se encontró una correlación significativa entre el NO_2 y la humedad en las estaciones de Petrogas ($R=0.93$, $R^2=0.8681$) y Yacumama ($R=0.96$, $R^2=0.9209$), sugiriendo que la humedad podría incrementar la concentración de NO_2 en estas áreas. Esta relación no se observó en IOCOP, lo que indica que otros factores podrían influir en la variabilidad de las emisiones en esta época. Aunque no se detectaron incumplimientos de las normativas ambientales vigentes, los hallazgos sugieren la necesidad de un monitoreo regular de los contaminantes y de las condiciones climáticas para garantizar que las emisiones continúen dentro de los estándares de calidad ambiental. La diferencia en las concentraciones observadas entre las estaciones de servicio sugiere que las fuentes de emisión pueden variar según la ubicación y el manejo del combustible. En Petrogas se registraron las concentraciones más altas de n-hexano y NO_2, lo que podría indicar fugas o mayor volatilización del combustible en comparación con las otras estaciones.

PALABRAS CLAVE: Calidad de aire, combustibles, automoción, Hexano, Óxidos de nitrógeno.

ABSTRACT

This research evaluated and quantified the concentrations of n-hexane and nitrogen dioxide (NO_2) generated by the evaporation of automotive fuels at three gas stations in Yarinacocha, with the aim of understanding their impact on air quality. Samples were analyzed at the Petrogas, IOCOP, and Yacumama stations to determine if the concentrations of these compounds complied with air quality standards and current environmental regulations. The study also examined potential variations in n-hexane and NO_2 emissions at different times of day and under varying weather conditions, as well as identifying potential emission sources at each station. The results revealed that the concentrations of n-hexane and NO_2 were below the maximum limits set by ASTM D3687-07 (2007) standards and World Health Organization (WHO) recommendations, suggesting that current emissions do not pose an immediate risk to public health. For n-hexane, the average concentrations were 2.322 µg/m³ at Petrogas, 0.996 µg/m³ at IOCOP, and 0.784 µg/m³ at Yacumama, all significantly below the permissible limit of 11 µg/m³. The average concentrations of NO_2 were also well below the 200 µg/m³ limit, with readings of 13.9814 µg/m³ at Petrogas, 12.1334 µg/m³ at IOCOP, and 12.5354 µg/m³ at Yacumama. Statistical analysis showed no significant correlation between n-hexane concentrations and climatic variables (humidity, pressure, and temperature) at the monitored stations, with correlation values ranging from 0.33 to 0.61. However, a significant correlation was found between NO_2 and humidity at the Petrogas ($R=0.93$, $R^2=0.8681$) and Yacumama ($R=0.96$, $R^2=0.9209$) stations, suggesting that humidity could increase NO_2 concentration in these areas. This relationship was not

observed at IOCOP, indicating that other factors may influence emission variability at this station. Although no breaches of current environmental regulations were detected, the findings suggest the need for regular monitoring of these contaminants and climatic conditions to ensure emissions remain within permitted limits. Differences in concentrations observed across the gas stations suggest that emission sources may vary based on location and fuel handling. Petrogas registered the highest concentrations of n-hexane and NO_2, possibly indicating leaks or higher fuel volatilization compared to the other stations.

KEY WORDS: Air quality, automotive fuels, Hexane, Nitrogen oxides.

INTRODUCCIÓN

El monitoreo y control de contaminantes atmosféricos en estaciones de servicio se ha convertido en una necesidad imperante debido a los efectos adversos que estos tienen sobre la salud humana y el medio ambiente. Entre los contaminantes más preocupantes se encuentran el n-hexano y el dióxido de nitrógeno (NO_2), ambos derivados de la evaporación de combustibles de automoción. El n-hexano, un compuesto orgánico volátil (COV), es conocido por su toxicidad neurológica, mientras que el NO_2 contribuye significativamente a la formación de smog y a la exacerbación de enfermedades respiratorias. Este estudio se basó netamente en la evaluación de la calidad del aire en tres estaciones de servicio ubicadas en el Distrito de Yarinacocha, mediante el monitoreo de las concentraciones de n-hexano y NO_2. Se planteó como objetivo principal optimizar la gestión administrativa de las estaciones de servicio para mitigar la emisión de estos contaminantes. Para ello, se emplearon métodos estadísticos para analizar la correlación entre las concentraciones de n-hexano, NO_2 y factores climáticos como la temperatura y la humedad relativa, determinando así la relación existente entre estas variables y las condiciones operativas de las estaciones. La metodología empleada incluyó la recolección de datos a través de dispositivos de monitoreo instalados en las estaciones de servicio, seguido de un análisis estadístico detallado. Los resultados obtenidos revelan patrones específicos en la concentración de n-hexano y NO_2, lo que permitió establecer recomendaciones para mejorar la gestión ambiental en las estaciones de servicio. En este contexto, se presentan los hallazgos del estudio, con un enfoque en las implicancias para la

gestión de estaciones de servicio y la calidad del aire, resaltando la importancia de una gestión eficiente y regulada que pueda contribuir a la reducción de contaminantes y a la protección de la salud pública.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

Desde un punto de vista internacional, la contaminación del aire se había convertido en una preocupación significativa para la salud pública y el medio ambiente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) había estimado que cada año, millones de personas morían prematuramente debido a la exposición a la contaminación atmosférica, lo que subrayaba la necesidad de regular las emisiones de contaminantes como el dióxido de nitrógeno (NO_2) y compuestos volátiles como el n-hexano (C_6H_{14}) en zonas urbanas y periurbanas (OMS, 2021). En este contexto, las estaciones de servicio, que eran fuentes notables de emisiones de hidrocarburos, debían ser objeto de vigilancia y control para proteger la calidad del aire. Perú uno de los países que enfrenta desafíos considerables en la gestión de la calidad del aire. Según el Ministerio del Ambiente del Perú, las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de vehículos y actividades industriales habían aumentado, generando preocupaciones sobre los efectos en la salud y la calidad de vida de los ciudadanos (Ministerio del Ambiente, 2020). En particular, la contaminación por NO_2 había sido vinculada a problemas respiratorios y cardiovasculares, lo que hacía necesario el monitoreo de las estaciones de servicio, donde se producían emisiones significativas durante el manejo y la distribución de combustibles. El distrito de Yarinacocha en Ucayali presentaba un entorno en el que el crecimiento poblacional y la expansión de la infraestructura de transporte habían incrementado la demanda de combustibles y, por ende, la operación de estaciones

de servicio. Según la Municipalidad de Yarinacocha (2021), el incremento en el número de estaciones de servicio había llevado a un aumento potencial de las emisiones contaminantes, lo que podía impactar negativamente en la calidad del aire en la región. Hasta ese momento, no se había realizado un estudio exhaustivo sobre las concentraciones de n-hexano y NO_2 en estas estaciones de servicio, lo que resaltaba la necesidad urgente de investigación para comprender mejor la situación y desarrollar estrategias efectivas para mitigar la contaminación del aire en esta área. Ante este escenario, fue fundamental llevar a cabo una evaluación precisa de las concentraciones de n-hexano y NO_2 en las estaciones de servicio de Yarinacocha. La información obtenida no solo permitiría evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad ambientales (ECA) para aire, sino también contribuiría a la formulación de políticas y medidas adecuadas para mejorar la calidad del aire local y proteger la salud pública.

1.1.1. Problema General

¿Cuáles son las concentraciones de los gases de n-hexano y dióxido de nitrógeno, generados por la evaporación de los combustibles de automoción en tres estaciones de servicio de Yarinacocha, y su impacto en la calidad del aire – 2024?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál son las concentraciones ambientales de n-hexano (C_6H_{14}) y dióxido de nitrógeno (NO_2), cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire, y las regulaciones ambientales vigentes?

- ¿Qué variaciones significativas se presentan en las emisiones de n-hexano (C_6H_{14}) y dióxido de nitrógeno (NO_2) en diferentes momentos del día o bajo diferentes condiciones climáticas?
- ¿Cuáles son las posibles fuentes de emisiones de n-hexano (C_6H_{14}) y dióxidos de nitrógeno (NO_2) en las estaciones de servicio de Yarinacocha, y qué acciones correctivas se podrían proponer en caso de que no se cumplan las normativas ambientales para mejorar la calidad del aire?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La evaluación de las concentraciones de n-hexano y dióxido de nitrógeno (NO_2) en las estaciones de servicio de Yarinacocha se justifica por la importancia de garantizar la calidad del aire y proteger la salud pública. Los resultados obtenidos en el estudio revelaron que, aunque las concentraciones de estos contaminantes se mantenían dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire, por las normativas ambientales vigentes, existían variaciones notables entre las diferentes estaciones de monitoreo. Este hallazgo subraya la necesidad de un monitoreo continuo y más riguroso, dado que incluso niveles que cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire, pueden tener impactos negativos en la salud de las comunidades locales si no se controlan adecuadamente. Los valores de n-hexano detectados en las gasolineras de Yarinacocha se encontraron significativamente por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire, estipulado por la norma ASTM D3687-07, lo que sugiere que, en términos

generales, no había riesgo inmediato. Sin embargo, la identificación en la estación de servicio de Petrogas como la que presentó las concentraciones más altas de n-hexano (4.11 µg/m³) y NO_2 (28.571 µg/m³) implica la posibilidad de fugas o ineficiencias en el manejo del combustible. Este hecho resalta la necesidad de implementar prácticas más rigurosas en la operación de estas instalaciones para minimizar las emisiones y evitar potenciales efectos adversos en la calidad del aire.

Adicionalmente, el análisis mostró que no existía una correlación significativa entre las concentraciones de n-hexano y las variables climáticas, lo que sugiere que otros factores pueden estar influyendo en sus niveles. En contraste, se observó una correlación altamente significativa entre el NO_2 y la humedad en las estaciones Petrogas y Yacumama, lo que indica que condiciones climáticas específicas pueden intensificar la presencia de este contaminante en el aire. Este hallazgo enfatiza la importancia de considerar no solo las concentraciones de los contaminantes, sino también su interacción con factores ambientales, lo que podría guiar estrategias de monitoreo más efectivas. Aunque el estudio concluyó que las emisiones de n-hexano y NO_2 se mantenían dentro del estándares de calidad ambiental (ECA) para aire, la variabilidad en sus concentraciones según la ubicación y las condiciones climáticas hace evidente la necesidad de un seguimiento continuo y de posibles medidas correctivas. Por ello, se justifica la implementación de un programa de monitoreo regular en las estaciones de servicio de Yarinacocha para garantizar que los niveles de contaminantes no solo cumplan con la normativa vigente, sino que se minimicen proactivamente. En síntesis, la investigación se justifica no solo por la necesidad de proteger la salud pública y el medio ambiente, sino también por la

identificación de patrones en las emisiones de contaminantes que requieren atención y acción por parte de las autoridades y operadores de las estaciones de servicio. Esto es fundamental para asegurar un desarrollo urbano sostenible y garantizar la calidad del aire en Yarinacocha.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Evaluar y cuantificar las concentraciones de los gases de n-hexano y dióxido de nitrógeno generados por la evaporación de los combustibles de automoción en tres estaciones de servicio de Yarinacocha, y comprender su impacto en la calidad del aire - 2024.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las concentraciones de n-hexano (C_6H_{14}) y dióxido de nitrógeno (NO_2) y comparar los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire y las regulaciones ambientales internacionales vigentes.
- Determinar las variaciones significativas en las emisiones de n-hexano (C_6H_{14}) y dióxido de nitrógeno (NO_2) en diferentes momentos del día o bajo diferentes condiciones climáticas.
- Identificar las posibles fuentes de emisiones de n-hexano (C_6H_{14}) y dióxido de nitrógeno (NO_2) en las estaciones de servicio de Yarinacocha, y proponer acciones correctivas en caso de

incumplimiento de las normativas establecidas en los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis General

Las concentraciones de los gases de n-hexano y dióxido de nitrógeno generados por la evaporación de los combustibles de automoción en tres estaciones de servicio de Yarinacocha, son significativas y tienen un impacto notable en la calidad del aire – 2024.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- Las concentraciones de contaminantes presente presentes en la atmosfera del n-hexano y dióxido de nitrógeno (NO2) en el área estudiada cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire, y las regulaciones ambientales vigentes.
- Existen variaciones significativas en las emisiones de n-hexano y dióxido de nitrógeno (NO2) en diferentes momentos del día y bajo diferentes condiciones climáticas.
- Las gasolineras de Yarinacocha son una fuente significativa de emisiones de n-hexano y dióxido de nitrógeno (NO2) en las estaciones de servicio de Yarinacocha, y existen acciones correctivas efectivas que se pueden implementar en caso de incumplimiento de las normativas establecidas en los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Jiménez (2019) señala que, tras recopilar datos de 107 de las 147 estaciones de servicio de combustible ubicadas en el área urbana de Santiago de Cali, se estima que estas fuentes estacionarias emiten principalmente CO2 (152,590.65 toneladas/año), COV (5,163.7 toneladas/año), NOX (124.65 toneladas/año), CO (108.35 toneladas/año), SOX (39.08 toneladas/año) y PM10 (29.03 toneladas/año). Además, las fuentes difusas (EDS) emitieron un total de 84.6 toneladas de COV en 2017.

Rodríguez & López (2021) señalan que las estaciones de servicio (EDS) representan una fuente significativa de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en ciudades como Barranquilla, Colombia, y contribuyen notablemente a la contaminación del aire. En el análisis de seis estaciones, se observó que las concentraciones de COVs, especialmente de BTEX (benceno, tolueno, xileno y etilbenceno), son más altas en la mañana en la mayoría de las EDS evaluadas en comparación con la tarde, con valores que oscilan entre 7,000 µg/m³ y 40,000 µg/m³. Además, factores como la dirección del viento y la topografía del terreno en ciertas EDS afectan estos resultados.

Alcántar, Elizalde, Olvera, López, & Cruz (2020) explican que, en México, la calidad de la gasolina está regulada por la NOM-016-CRE-2016, la cual establece límites para varios compuestos, incluyendo el n-hexano,

conocido por ser un agente carcinogénico. El estudio revela que el benceno, presente en la gasolina, representa un riesgo para la salud pública debido a su alta volatilidad, lo que facilita su evaporación y consecuente liberación en la atmósfera. A través de la técnica ASTM D5769-15, se cuantificó el benceno en las gasolinas comercializadas en la Ciudad de México, encontrando un promedio de 0.361% en la gasolina Magna, mientras que en las gasolinas importadas el promedio fue de 0.55%. En comparación, las gasolinas producidas en el Sistema Nacional de Refinación mostraron un contenido de benceno de 1.288%, superior al de las importadas y comercializadas en la Ciudad de México. Además, se estimó que en 2017 se emitieron 354.79 toneladas de n-hexano como resultado del uso de automóviles en la ciudad.

Pontón (2019) determinó cuatro puntos monitoreados que se evaluaron por un periodo de 8 horas continuas, comparando los resultados con los límites proporcionados por el Anexo 4 del Acuerdo Miniterial 097-A y se determinó que no se encuentran dentro de los límites permisibles de 5 ug/m³, dando las siguientes conclusiones:

Las mediciones de las concentraciones de benceno en el aire del centro de la ciudad de Guayaquil (Ecuador) dieron como resultado lo siguiente:

- Parada de Metrovía Calle Alcedo 556 y Pedro Moncayo (110 ug/m³).
- Parada de Metrovía Caja del Seguro IESS, calle Olmedo y Francisco Lavayen Larrabeitia (<42 ug/m³).
- Malecón 2000, Calle Simón Bolívar y Av. 9 de octubre (<42 ug/m³).
- Av. 9 de octubre y Rumichaca (<42 ug/m³).

De acuerdo con el lugar de puntos de muestreo, la concentración de benceno aumenta donde hay mayores emisiones de gases contaminantes por parte del tránsito vehicular y el humo del cigarrillo. Los resultados demuestran que la mala calidad de los combustibles en el país podría ser la fuente principal de contaminación por benceno en el aire y por ende los niveles de este gas serán siempre altos, si no se mejoran la calidad de los combustibles.

Pérez (2021) realizó un estudio de comparación de los gases contaminantes en el Ecuador, utilizando tres combustibles locales, los cuales son gasolina súper, extra y eco-país, cada una pertenece a una estación de servicio, para esto, evaluaron los gases expulsados por el motor después de la combustión de la gasolina a través del capó y del sistema cuando el calor provoca la evaporación de este. Además, analizaron las normativas contaminantes del país para comparar y tener datos cuantitativos acerca de cuál es el combustible que menos contamina. La investigación se llevó a cabo según las condiciones geográficas a 2800msnm en Quito, utilizando los equipos y el laboratorio a esa altura de trabajo, viendo cómo afecta a la emisión de gases factores como la altura, densidad del aire, etc. El autor concluye que los valores finales de la prueba son: CO 0.39% vol, CO2 14.5% vol, HC 194 ppm vol, O2 0.75% vol. ʎ/NOX 1.016, RPM/ C0 0. Así se evidencia que el auto de prueba estaba dentro del rango aceptado para circular usando los tres combustibles de muestra, esto sucedió ya que se desarrolló un sistema electrónico que redujo considerablemente las emisiones contaminantes, añadiendo un aditivo.

Antón (2019), dentro de su trabajo de investigación nos habla acerca de la contaminación atmosférica que es ocasionado por los hidrocarburos. El trabajo se realizó en el estado de Puebla, México. Como principal objetivo se planteó el estimar la contaminación atmosférica originada por la recarga de combustibles en las estaciones de servicio de combustible ubicadas en el estado de Puebla. Se realizaron diversas operaciones matemáticas para calcular las emisiones desde el año 2008 hasta el 2012. Se multiplicaron el consumo de barriles diarios de cada año por el porcentaje del parque vehicular en la ciudad de Puebla. Al final se concluye que la cantidad de benceno presente en diferentes gasolinas varía dependiendo de las estaciones de servicio. Algunas gasolinas poseen 1% de benceno, mientras que otras, 2% o 3% en el resto del país. A su vez se demuestra que las emisiones de COV en Puebla durante el año 2005 fueron de 86,651.88 toneladas, en 2008 estas emisiones se incrementaron en 197.48 toneladas.

Chicaiza (2019) calculó una concentración de 56 ppm de benceno dentro del centro de la ciudad de Guayaquil, superando así el límite que establece la Norma Ecuatoriana de calidad del Aire, no obstante; la normativa ecuatoriana no fue la adecuada para comparar porque establece un promedio anual y los resultados que se obtuvieron se recogieron en 1.5 horas. Sin embargo, las tablas que ofrece la OSHA son las que tienen rangos para periodos cortos y con las que se puede establecer comparaciones y verificar si los resultados se encuentran dentro los límites aceptables.

Callo (2021) determinó la relación de las concentraciones de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) con las variables meteorológicas en las instituciones educativas (I. E Mercedes Cabello de Carbonera, I. E San Luis, I. E Daniel Becerra Ocampo y I. E Fe y Alegría) en un periodo de tiempo determinado (4 horas) obteniéndose los valores máximos para el Benceno de 0.250 µg/m3, para Tolueno de 1.252 µg/m3 y para el Xileno de 1.670 µg/m3 en la I. E Fe y Alegría. Con respecto a los resultados de la correlación, se determinó que la temperatura es estadísticamente significativa al poseer *** (0 - 0.001) como correlación p –valor, alcanzando coeficientes de correlación de 0.99 en todas las instituciones educativas; la Humedad Relativa presento *** (0 - 0.001) como correlación p –valor, alcanzando coeficientes de correlación moderados de -0.60 en tres de las I.E evaluadas.

Nazareno (2021) menciona que la exposición a hidrocarburos influye en la presencia de alteraciones emocionales y fisiológicas en los trabajadores de las estaciones de servicio. El trabajo se realizó en las gasolineras en Esmeraldas, en Quito. Planteó como objetivo principal es determinar la cantidad de vapores y líquidos provenientes del combustible a los que los trabajadores de la gasolinera estaban expuestos. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo y cualitativo. Como método principal se aplicó el inductivo – deductivo y la investigación correlacional y descriptiva. Se concluye que los trabajadores se encontraban ante una exposición crónica, lo que les causaba cuadros depresivos, a su vez que la alta exposición a metales y tolueno se

asocia con una mayor excreción de ácido hipúrico, daño oxidativo al ADN, los cuales al final llevan a la adquisición de cuadros de estrés y hepatotoxicidad.

2.1.2. Antecedentes nacionales

García, Cabel, & Garcia (2022) desarrollaron una investigación titulada la Identificación y evaluación de los contaminantes ambientales generado por las estaciones de servicios de combustibles en el cercado de Ica, Perú. Afirman que la calidad ambiental está siendo alterada por actividades antrópicas, una de ellas la constituye el sector transporte que demanda combustibles a las estaciones de servicios (EESS), pero estas estaciones están obligadas de acuerdo con la normativa vigente al cumplimiento de la gestión ambiental en la comercialización de combustibles líquidos. El objetivo de la investigación fue Evaluar los contaminantes ambientales según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) Aire y Ruido, generados por tres estaciones de servicios de combustibles en el cercado de Ica. Asimismo, la investigación fue de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño pre-experimental. En las estaciones se evaluaron parámetros como Benceno, Dióxido de Azufre, Sulfuro de Hidrógeno, Hidrocarburos totales, PM10 y los niveles de ruido. Los autores concluyeron que las tres EESS cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, pero que las estaciones de servicio: “1” y “3” exceden ligeramente los Estándares de Calidad Ambiental para el Ruido establecidos en el D.S. Nº 085-2003-PCM para el sector comercial.

Boluda, Macías, & González (2019) investigaron las complejidades químicas de las gasolinas en el ámbito de la automoción en Huánuco.

Realizaron una caracterización fisicoquímica de las gasolinas, mencionando que estas deben cumplir con parámetros específicos como el índice de octanos, la densidad y los compuestos tales como el benceno, el hexano y el óxido de nitrógeno. Además, subrayaron la importancia de considerar la salud pública y la protección del medio ambiente en relación con los componentes de la gasolina. Destacaron que la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EE.UU. limitó el contenido de azufre al 0,05% y los aromáticos al 20%. Concluyeron que, dado que se requieren valores específicos para obtener un buen combustible y existen limitaciones respecto al porcentaje de diversos elementos tóxicos en este compuesto, es necesario aplicar normativas que se alineen con la evidencia de que los componentes de las gasolinas afectan tanto a la salud humana como al medio ambiente.

Martos (2013)**,** en su trabajo de investigación titulado “Monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Cajamarca” (Perú), Entre sus principales conclusiones se encontró que el aire de Cajamarca está expuesto a contaminación por partículas del tipo PM 2.5 porque existen valores que sobrepasan los ECAS establecidos por el estado desde el punto de vista de resultados de los inventarios hechos en esta ciudad, existen dos situaciones concretas respecto a la calidad del aire, agua y suelo. En primer lugar, en el caso de fuentes móviles, son estas las que generan las mayores emisiones de monóxido de carbono (88.21%), óxidos de nitrógeno (77.21%), plomo (Pb) y compuestos orgánicos volátiles (76.59%), mientras que las fuentes fijas, se constituyen como las mayores emisoras del material particulado (Partículas

Totales en Suspensión – PTS) con 89.52% y dióxido de azufre (SO2) con 86.82% (MPC, 2009). La congestión vehicular es un fenómeno en ascenso en la ciudad.

Leonardo (2021), expone que en su trabajo de identificación de los compuestos orgánicos volátiles (COV) en el distrito y provincia de Ilo, departamento de Moquegua; Los resultados mostraron un total de 29 COV identificados divididos en 5 COV alifáticos y 24 COV aromáticos, cuyas concentraciones promedio fueron de 14.956 µg/m3 y 22.821 µg/m3, respectivamente. En relación con los perfiles de toxicológicos, solo 5 COV del total de COV identificados están clasificados como posibles cancerígenos para seres humanos según la IARC; 1,4 – diclorobenceno, estireno, etilbenceno, hexaclorobutadieno y naftaleno.

Benites & Urtecho (2019)**,** realizaron una investigación en la ciudad de Trujillo, se determinó la distribución espacial de Benceno (C6H6) en el área circundante a la Av. América en las estaciones de servicio de combustible dado que este contaminante se encuentra principalmente en la gasolina. La determinación de Benceno se realizó mediante el método de cromatografía de gases y para el monitoreo se seleccionaron cinco puntos distribuidos a lo largo de toda la Av. América, de los cuales en dos de estos puntos correspondientes a la Av. América Norte con Av. Salvador Lara y Av. América Sur con Av. Cesar Vallejo, se obtuvo una concentración promedio de Benceno de 2.4 µg/m3 para ambos casos; valor que superó la normativa establecida en el D.S N° 003 – 2017 con un valor de 2 µg/m3. Además, se comparó la concentración de

Benceno con la Temperatura donde se observó una posible relación directa, siendo esto relativo debido a otros factores como la congestión vehicular, la radiación solar, entre otros. El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en el periodo de diciembre del 2018 – febrero del 2019.

2.1.3. Antecedentes locales

Lay y Ríos (2021) En su tesis titulada *"Evaluación de los niveles de Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) en el centro urbano de la provincia de Coronel Portillo- Región Ucayali"* La investigación evaluó los niveles de Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) en el centro urbano de la provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, utilizando sensores electroquímicos y el método de interpolación geoestadística Kriging. Se analizaron 94 puntos en la ciudad de Pucallpa.

De los resultados: Existe una correlación positiva considerable entre el tránsito vehicular y la concentración de CO ($R^2 = 0.567$). La correlación entre el tránsito vehicular y la concentración de H_2S es débil ($R^2 = 0.1131$). Los niveles promedio de CO son 1798.22 µg/m³, con un máximo de 7120.00 µg/m³ y un mínimo de 210 µg/m³. Los niveles promedio de H_2S son 22.70 µg/m³, con un máximo de 123 µg/m³ y un mínimo de > 1 µg/m³. Se concluye que hay una relación significativa entre el tránsito vehicular y las concentraciones de CO, mientras que la relación con H_2S es menos pronunciada.

Gómez y Gonzales (2020) en su tesis titulada *"Determinación de la concentración de Monóxido de Carbono (CO) del parque automotor de las ciudades de Pucallpa y Aguaytía"* La investigación se centró en determinar la

concentración de monóxido de carbono (CO) generado por vehículos en 6 intersecciones de vías, así como la densidad vehicular en las ciudades de Pucallpa y Aguaytía. De los resultados: En Pucallpa, la concentración promedio de CO es de 6,822.13 µg/m³, con un máximo de 10,171.2 µg/m³ en la intersección de Av. Centenario con Av. Aviación, superando el Estándar de Calidad Ambiental Aire de 10,000 µg/m³. En Aguaytía, la concentración promedio de CO es de 3,632 µg/m³, con un mínimo de 3,327.2 µg/m³, siendo el 33% del Estándar de Calidad Ambiental Aire. La densidad vehicular promedio es de 140 vehículos/km en Pucallpa y 65 vehículos/km en Aguaytía. Se observó que los vehículos en mal estado contribuyen significativamente a las emisiones de CO. Se estima un incremento del 33% en la concentración de CO en Pucallpa, comparado con un estudio previo del 2005. El estudio destaca la necesidad de normativas para controlar las emisiones vehiculares y mejorar la calidad del aire en estas ciudades. En un estudio realizado en Pucallpa en 2021, se evaluaron los niveles de monóxido de carbono durante la festividad de San Juan. Los resultados mostraron que, antes de la festividad, los niveles de monóxido de carbono promediaban 4.270 mg/m³. Durante las actividades festivas, estos niveles aumentaron a un promedio de 6.660 mg/m³, y luego, al finalizar la festividad, los niveles se estabilizaron en un promedio de 4.940 mg/m³. Estos datos llevaron a la conclusión de que el Índice Nacional de Calidad de Aire es "Bueno" antes y después de la festividad, pero se clasifica como "Moderado" durante la misma (Reátegui et al., 2021).

Abarca y Huachos (2022) en su tesis *“Determinación del Índice de Calidad del Aire en tres Capitales Distritales del Departamento Ucayali - 2022*” El estudio se centró en determinar los índices de calidad del aire en los distritos de Callería, Yarinacocha y Campo Verde, con el objetivo de ayudar a las autoridades locales a prevenir enfermedades respiratorias. Se realizó una investigación no experimental, descriptiva y correlacional, utilizando una muestra de 8 puntos de muestreo con 120 repeticiones. Se analizaron las correlaciones entre el tiempo de muestreo y los índices de calidad del aire para gases y material particulado mediante regresión lineal con Excel 2016. Los resultados indicaron que la calidad del aire era "Buena" (menos de 50 µg/m³) para gases como CO, NO_2, SO_2, H_2S y O_3, y para PM2.5 en los distritos evaluados, excepto en Callería, donde la calidad del aire era "Moderada" (60,24 µg/m³) para PM10. Estadísticamente, se encontró una alta correlación entre el tiempo de muestreo y los índices de calidad del aire para CO (R^2=0.72), y una correlación moderada para PM10 y PM2.5 (R^2=0.50, 0.42 y 0.28), con un nivel de confianza del 95%.

2.2. Bases teóricas

Tabla 1

Estándares de calidad ambiental (ECA) internacional para Aire

Parámetros	Periodo	Estándar valor (µg/m³)	Normativas nacionales e internacionales
N-HEXANO	1 HORA	11 µg/m³	• D.S. N° 074-2001 PCM y D.S Nº 003-2008-MINAM • ASTM D3687-19.2019. Standart Test Method for Analysis of Organio Compound Vapors Collected by the Activated Charcoal Tube Adsorption Method
DIOXIDO DE NITROGENO	1 HORA	200 µg/m³	• D.S. N° 074-2001 PCM y D.S Nº 003-2008-MINAM ASTM D1607-91. (Reapproved 2018) e 1 Does not include Sampling (Validated, 2022). Standard Test Method for Nitrogen Dioxido Content of the atmosphera. (Gries-saltzam reaction).

Llanes & Checa (2020) concluyen que la contaminación ambiental ocurre cuando los componentes nocivos para la salud humana superan los estándares de calidad del aire, causando daños. Durante varios años, se han revisado e investigado constantemente las emisiones contaminantes de los vehículos para desarrollar motores más eficientes y con menores niveles de emisiones. Por ello, esta investigación se centra en evaluar las emisiones de gases contaminantes de un motor experimental CT150 de gasolina de 4

tiempos, utilizando tres tipos de combustibles comunes en Quito, Ecuador: gasolina Súper (93 octanos), gasolina Extra (87 octanos) y gasolina Ecopaís (85 octanos). Utilizando un modelo simplificado de combustión, se calcularon los factores de emisión (FEi) en gramos de contaminante por segundo para este motor estático. Los resultados mostraron que las emisiones de CO para la gasolina Extra y Ecopaís oscilan entre 0,144 g/s y 0,155 g/s, siendo menores para la gasolina Súper. En cuanto a los hidrocarburos no combustionados (HC), la gasolina Ecopaís presentó las emisiones más altas, con valores entre 0,141 g/s y 0,147 g/s. Para los óxidos de nitrógeno (NOx), la gasolina Súper tuvo el valor más bajo, entre 0,005 g/s y 0,007 g/s, siendo así el combustible menos contaminante.

2.2.1. El aire

El aire es un conjunto de gases que vienen a formar parte de la atmosfera. Tiene como componentes principales al nitrógeno, oxigeno, dióxido de carbono, neón y helio. A su vez, el aire no posee un volumen determinado y varía dependiendo de la temperatura existente. Entre otras características se dice que es transparente, inodoro e incoloro en cantidades mínimas, pero a determinada distancia se percibe como una masa azul (Gobierno de México, 2018).

2.2.2. La atmósfera

Es una envoltura conformada por diversos gases (nitrógeno, oxigeno, argón, dióxido de carbono) que rodean la Tierra y esta se mantiene cerca al planeta gracias a la acción de la gravedad. La

atmosfera se encuentra dividida en 4 partes: la troposfera, la estratosfera, la mesosfera y la termosfera (Info Aire Perú, MINAM).

Tabla 2

Composición media de la atmosfera seca por debajo de los 80 km (ppm= partes por millón)

Componentes	Fórmula Química	Volumen % (Aire Seco)
Nitrógeno	N_2	78,08
Oxigeno	O_2	20,95
Argón	Ar	0,93
Dióxido de carbono	CO_2	350 ppmv
Neón	Ne	18,2 ppmv
Helio	He	5,24 ppmv
Metano	CH_4	2 ppmv
Criptón	Kr	1,1 ppmv
Hidrogeno	H_2	0,5 ppmv
Óxido nitroso	N_2O	0,3 ppmv
Xenón	Xe	0,08 ppmv
Monóxido de carbono	CO	0,5 - 0,2 ppmv
Ozono	O_3	0,02 – 0,03 ppmv

Fuente: Cuadrat, J. M., Pita, M.F, Climatología, 2004.

2.2.3. Evaporación de combustible

Los combustibles, al poseer un estado líquido, tienden a evaporarse. Cuando la gasolina se encuentra contenida en un recipiente abierto o en uno bien cerrado, con una capacidad mayor que el líquido al

que posee, se acogen los vapores que van formándose. La velocidad de evaporación de un combustible es proporcional a la tensión de vapor, la cual aumenta al incrementarse la temperatura, haciendo que se llegue al punto de ebullición. La gasolina posee una tensión de vapor de 0,7 kg/cm2 a temperatura ambiente, esto hace que si se encuentra en un recipiente abierto desprenda vapores. Esto según el Diccionario de Motorgiga (2020).

2.2.4. Hexano (C_6H_{14})

Esta es una sustancia química que se elabora a partir del petróleo crudo. Posee un olor desagradable y es incoloro. Es ligeramente soluble en el agua y tiene la capacidad de evaporarse de manera rápida al aire. Esta sustancia es altamente toxico e inflamable, es capaz de crear vapores explosivos. El hexano está presente en diversos productos, como en los solventes, los cuales sirven para la extracción de diversos aceites vegetales. Se puede encontrar en pegamentos para calzado. Pero su uso más común es dentro del comercio de combustibles. Del 1 al 3% de la gasolina está conformada por el hexano. Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2016).

2.2.5. Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Son compuestos de gases formados por el nitrógeno y el oxígeno. Entre los óxidos de nitrógeno más importantes tenemos al CO y al CO_2. El primero es un gas de olor dulce y el segundo tiene un olor desagradable penetrante. Los óxidos de nitrógeno llegan al ambiente por diversos medios: mediante los tubos de escape, la combustión del

carbón, petróleo y gas natural. Se emplean para la elaboración de ácido nítrico, lacas, entre otros productos químicos (ATSDR, 2016).

Tabla3

Diferentes ejemplos de óxidos de nitrógeno

Formula	Nomenclatura sistemática	Nomenclatura tradicional
N_2O	Monóxido de dinitrogeno	Óxido nitroso
NO	Monóxido de nitrógeno	Óxido nítrico
N_2O_3	Trióxido de dinitrogeno	Anhídrido nitroso
N_2O_4	Tetraóxido de dinitrogeno	Tetraóxido de nitrógeno
NO_2	Dióxido de nitrógeno	Dióxido de nitrógeno
N_2O_5	Pentaoxido de dinitrogeno	Anhídrido nítrico

Fuente: Enciclopedia Libre, 2021.

2.2.6. La automoción

Es la capacidad de algún objeto de moverse por sí solo, este concepto se ve frecuentemente en el sector de automóviles. También es el conjunto de estudio que se realiza a las maquinas que se mueven por acción de un motor en su interior, particularmente en automóviles (Real Academia Española, 2005).

2.3. Definición de términos básicos

- **Calidad de aire:** Condición del aire en un determinado tiempo (Robles Morales, 2020).
- **Estándares de calidad ambiental:** es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición

de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (República, 2005).

- **Contaminantes Primarios:** Son aquellos contaminantes que proceden directamente de las fuentes de emisión. Ejemplo: plomo (Pb), Dióxido de nitrógeno (CO), Óxidos de Azufre (SOx), Óxidos de Nitrógeno (NOx). Hidrocarburos (HC), Material Particulado (PM). Entre otros (MINAM, 2016)
- **Contaminación**: La contaminación es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso (Ecoinventos, s.f.).
- **Contaminación Ambiental**: Se refiere a la presencia de agentes externos de origen ya sea físico; químico o biológico, que atentan contra la integridad de la naturaleza, llegando a ser nocivo no solo para el ambiente, sino también para los seres vivos que vivimos en él (Estrada, 2016)
- **Contaminación del Aire**: Es una mezcla de gases y partículas sólidas, basada en la alteración de los gases suspendidos en la atmósfera (EPA, 2018).
- **Contaminantes Atmosféricos:** Los contaminantes atmosféricos pueden ser compuestos gaseosos, aerosoles o material particulado. Entre los contaminantes gaseosos se encuentran el ozono, los óxidos de azufre y

de nitrógeno, monóxido de 23 carbono, dióxido de carbono y compuestos volátiles orgánicos e inorgánicos (INECC, 2007)

- **Emisión e inmisión de contaminantes**: Emisión es la salida de sustancias contaminantes a la atmósfera desde cualquier foco, mientras que la inmisión (calidad del aire ambiente) es la concentración de contaminantes a nivel del suelo que puede afectar a personas, animales, vegetación o materiales (INECC, 2007).
- **Fuentes Móviles**: Son las fuentes no fijas que por su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera, como son los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractores, camiones, autobuses, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias con motores de combustión y similares (INECC, 2007).
- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs):** Sustancias químicas que tienen una alta presión de vapor a temperatura ambiente (MINAM, 2021).
- **Dióxido de Nitrógeno (NO_2):** Gas tóxico resultante de la combustión de combustibles fósiles. (MINAM, 2017).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. Método de investigación

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y correlacional, con el objetivo de evaluar y cuantificar las concentraciones de n-hexano (C_6H_{14}) y dióxido de nitrógeno (NO_2) generados por la evaporación de combustibles de automoción en tres estaciones de servicio del Distrito de Yarinacocha, así como analizar su variabilidad bajo diferentes condiciones climáticas y su cumplimiento con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire, vigentes.

3.1.1. Diseño metodológico

El diseño metodológico adoptado fue no experimental, transversal y correlacional, ya que se realizaron mediciones en un período específico sin manipular las variables. El estudio consistió en la recolección y análisis de datos sobre las concentraciones de los gases n-hexano y dióxido de nitrógeno en tres estaciones de servicio seleccionadas: Petrogas, IOCOP y Yacumama.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población, constituida por 38 estaciones de servicio identificadas para la investigación, estuvo representada por las estaciones de servicio de gasolina ubicadas en el distrito de Yarinacocha, Pucallpa. (MINAM, 2022).

3.2.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por las tres estaciones de servicio: Yacumama, IOCOP y Petrogas. Cabe resaltar que las muestras no se recogieron al azar, ya que se identificaron zonas estratégicas donde el viento resultaba favorable en dirección y velocidad, de manera que facilitaba la convergencia de los agentes contaminantes emitidos. Cuyas coordenadas: Yacumama, localizado en Av. Yarinacocha 2330; -8.398342, - 74.57579 Ucayali; IOCOP en Av. Yarinacocha 2800; Ucayali. -8.366029,- 74.564722 y Petrogas, Callao 3000; Ucayali. -8.362009, - 74.568961. Se identificó y determino estas tres estaciones de muestreo debido a que presentan mayor influencia en el distrito de Yarinacocha, además que, están ubicados estratégicamente en la principal vía de transporte que sería la Av. Yarinacocha.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos se llevó a cabo en tres estaciones de servicio seleccionadas del distrito de Yarinacocha: Yacumama**,** IOCOP**,** y Petrogas. La metodología empleada garantizó la representatividad de las muestras y la confiabilidad de los resultados, considerando las condiciones ambientales locales.

Etapas del procedimiento

1. **Preparación Previa al Muestreo**
    - Calibración de los equipos de medición: HANDHELD 3016 AQ e IAQ.
    - Verificación de condiciones climáticas para garantizar la estabilidad durante el monitoreo.

- Selección y marcación de puntos de monitoreo estratégico, asegurando distancias adecuadas respecto a fuentes externas de contaminación.

2. **Recolección de Datos en Campo**
   - Monitoreo realizado durante 5 días consecutivos en cada gasolinera.
   - Cada jornada de muestreo tuvo una duración de 5 horas continuas**,** con mediciones registradas en intervalos de 1 hora**.**
   - Los equipos se colocaron a 3 metros de altura y en áreas libres de obstrucciones significativas.
   - Simultáneamente, se registraron las condiciones meteorológicas con una estación portátil (humedad relativa, temperatura, presión atmosférica y velocidad del viento).
3. **Control de calidad en campo**
   - Realización de mediciones de control en ambientes externos a las estaciones de servicio para establecer una línea base.
   - Validación preliminar diaria de los datos para descartar valores inconsistentes.

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

En esta sección se describen las técnicas empleadas para la recolección de datos y los instrumentos específicos utilizados, de acuerdo con los objetivos de este estudio sobre la concentración de n-hexano y dióxido de nitrógeno en las estaciones de servicios del distrito de Yarinacocha.

3.4.1. Técnicas

- **Monitoreo Directo de la Calidad del Aire**

  Esta técnica consistió en la medición directa de los contaminantes en el ambiente a través de equipos especializados. Se utiliza para determinar la concentración de n-hexano (C_6H_{14}) y dióxido de nitrógeno (NO_2), dos de los principales compuestos presentes en las emisiones provenientes de la evaporación de combustibles en las estaciones de servicios. El monitoreo directo permite la obtención de datos en tiempo real, lo que facilita la evaluación precisa y continua de los niveles de contaminación en diferentes ubicaciones.

- **Registro de Variables Climáticas**

  Esta técnica se empleó para registrar las condiciones meteorológicas en tiempo real, ya que factores como la humedad, temperatura, presión atmosférica y velocidad del viento pueden influir en la dispersión y concentración de los contaminantes en el aire. Estas variables se registraron simultáneamente al monitoreo de gases, lo que permitió analizar las correlaciones entre el comportamiento climático y la calidad del aire.

- **Observación en Campo**

  La observación directa de las condiciones locales de cada estación de servicio fue crucial para comprender las posibles fuentes de emisiones y su relación con el entorno inmediato. Esto

incluyó la identificación de fuentes de vapor de combustible, posibles fugas y la disposición de los equipos de distribución de combustible.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en esta investigación son herramientas especializadas que permitieron obtener mediciones precisas de los gases contaminantes y las condiciones meteorológicas en las estaciones de servicio de Yarinacocha. Estos instrumentos fueron seleccionados por su alta precisión y confiabilidad en la medición de contaminantes atmosféricos, de acuerdo con los estándares internacionales.

PORTÁTIL 3016 AQ

El ***HANDHELD 3016 AQ*** es un dispositivo portátil de medición de calidad del aire diseñado para realizar mediciones en tiempo real de diversas concentraciones de gases contaminantes, incluyendo n-hexano y dióxido de nitrógeno. Este equipo es ideal para monitoreos en campo debido a su facilidad de transporte y operación.

Función:

- Mide la concentración de n-hexano (C_6H_{14}), dióxido de nitrógeno (NO_2) y otros gases de interés ambiental.

- Registre los valores de calidad del aire en unidades microgramos por metro cúbico (μg/m³), permitiendo una medición continua y precisa.

Aplicación en la investigación:

Se utilizó para medir las concentraciones de n-hexano y dióxido de nitrógeno en las tres estaciones de servicio seleccionadas, con mediciones realizadas durante intervalos de una hora, y una duración total de cinco horas por jornada.

Estación Meteorológica Portátil

Una estación meteorológica portátil se utiliza para registrar las condiciones climáticas locales en tiempo real, las cuales son variables importantes para interpretar la dispersión de los contaminantes en el aire.

Función:

- Mide parámetros como humedad relativa**,** temperatura del aire**,** presión atmosférica y velocidad del viento**.**
- Permite monitorear las condiciones meteorológicas que pueden influir en la concentración de contaminantes en las estaciones de servicio.

Aplicación en la investigación:

La estación meteorológica se utiliza para medir las condiciones ambientales en paralelo con las mediciones de gases. Estos datos fueron esenciales para analizar posibles correlaciones entre la concentración de contaminantes y las condiciones climáticas locales.

3.5. Procesamiento para recolección de datos

El procesamiento de los datos recolectados se realizó en tres etapas principales: **organización, validación y almacenamiento.** Este enfoque asegura que la información obtenida en campo fuera precisa, coherente y lista para su análisis estadístico.

Organización de los datos

Una vez finalizada cada jornada de monitoreo, los datos obtenidos fueron extraídos de los instrumentos y organizados en hojas de cálculo digitales para su posterior análisis.

- Las mediciones de n-hexano y dióxido de nitrógeno (NO_2) fueron ordenadas por:
  - **Estación de monitoreo** (Yacumama, IOCOP y Petrogas)
  - **Fecha** y **hora** de la medición.
  - **Condiciones ambientales** (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y presión atmosférica).

Validación de los datos

Se realizó un proceso de validación para garantizar la calidad y consistencia de la información recopilada:

- Revisión de valores extremos o atípicos que podrían ser resultados de errores instrumentales o condiciones anómalas durante la medición.
- Comparación de los valores obtenidos con mediciones previas y datos de referencia para verificar su coherencia.
- En caso de valores inconsistentes, se realizaron mediciones complementarias o se descartaron aquellos que no cumplieron con los criterios de calidad establecidos.

Almacenamiento y Seguridad de los Datos

Los datos validados fueron almacenados en un sistema digital de gestión de datos para garantizar su integridad y accesibilidad durante las etapas posteriores del análisis:

- **Almacenamiento en múltiples formatos**:
  - Hojas de cálculo en formato **Excel** para un manejo inicial.
  - Copias de respaldo en formato **CSV** para facilitar el análisis estadístico en software especializado.
- **Respaldo en la nube** y en unidades de almacenamiento físico para prevenir la pérdida de información.

Esta secuencia de procesamiento permitió disponer de un conjunto de datos ordenados, validados y listos para ser sometidos a análisis.

3.6. Tratamiento de datos

Para el tratamiento de datos o análisis estadístico, se realizó a través de la estadística paramétrica aplicada a la investigación científica (Andía, 2019). Con los datos de concentración de gases C_6H_{14} y NO_2 obtenidos y los valores de los registros meteorológicos, se aplicaron en primer lugar el test de coeficiente de correlación lineal de Pearson, para comprobar si existe o no una relación entre variables.

El **coeficiente de correlación lineal de Pearson (r)** se utilizó para medir la fuerza y la dirección de la relación lineal entre variables cuantitativas. La fórmula para calcular este coeficiente es:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Donde:

- n es el número de pares de datos.
- X e Y son las variables.
- ∑XY es la suma del producto de los pares de valores X e Y.
- ∑X es la suma de todos los valores de la variable X.
- ∑Y es la suma de todos los valores de la variable Y.
- $\sum X^2$ es la suma de los cuadrados de los valores de X.
- $\sum Y^2$ es la suma de los cuadrados de los valores de Y.

Este coeficiente te indica si existe una relación lineal entre ambas variables y si es positiva o negativa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS

Punto de muestreo

Los muestreos para determinar la calidad del aire se realizaron en los servicios de establecimientos de **Petrogas** del 11 al 15 de junio del año 2024, **Iocop** del 18 al 22 de junio del 2024 y en **Yacumama** del 25 al 29 de junio del año 2024. La calidad del aire se evaluó en coordenadas de punto de muestreo, los cuales fueron ubicados teniendo en consideración el área de influencia directa y la ubicación de las futuras fuentes generadoras de emisiones gaseosas. La ubicación de los puntos de muestreo para calidad de aire se presenta en el anexo 1 de la tabla 14. Las características geográficas, ubicación e identificación de los puntos evaluados están especificadas en el informe de ensayo del anexo 2 tabla 15.

Resultados del análisis descriptivo

Tabla 4

Estadísticos descriptivos de N – Hexano (ug/m3) de tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha

Estadísticos	Petrogas	IOCOP	Yacumama
Media	2.322	0.996	0.784
Desviación estándar	1.40825069	0.59563412	0.34449964
Varianza de la muestra	1.98317	0.35478	0.11868
Mínimo	0.62	0.45	0.45
Máximo	4.11	1.95	1.33
Recuento	5	5	5

Media: **Petrogas** tiene la media más alta de concentración de N-Hexano, con un valor de 2.322 µg/m³. **IOCOP** sigue con una media de 0.996 µg/m³. **Yacumama** presenta la media más baja, de 0.784 µg/m³. Ninguna de las medias supera el estándar de calidad ambiental (ECA) para aire, de 11 µg/m³ establecido por el método de análisis ASTM D3687 -19, 2019 (Walsh). Esto sugiere que las concentraciones promedio de N-Hexano en las tres estaciones de servicio están dentro de los niveles seguros y no representan un riesgo significativo según esta norma.

Desviación estándar: **Petrogas** muestra la desviación estándar más alta (1.408), lo que indica una mayor variabilidad en las concentraciones de N-Hexano medidas en esta estación. **IOCOP** tiene una desviación estándar de 0.596, lo que sugiere una variabilidad moderada en sus valores. **Yacumama**

tiene la desviación estándar más baja (0.344), indicando una mayor consistencia en las concentraciones registradas en esta estación.

Varianza de la muestra: La varianza sigue el mismo patrón que la desviación estándar, siendo mayor en **Petrogas** (1.983) y menor en **Yacumama** (0.119). La varianza más alta en **Petrogas** confirma la mayor dispersión de los valores observados en comparación con las otras dos estaciones.

Valores mínimo y máximo: **Petrogas** registra la concentración mínima más baja (0.62 µg/m³) y la máxima más alta (4.11 µg/m³), indicando que las concentraciones en esta estación pueden variar significativamente. **IOCOP** y **Yacumama** tienen mínimos idénticos (0.45 µg/m³), pero el máximo en **IOCOP** (1.95 µg/m³) es más alto que en **Yacumama** (1.33 µg/m³).

En general, los resultados muestran que las concentraciones de N-Hexano en las tres estaciones de servicio están bien por debajo del estándar de calidad ambiental (ECA) para aire, de 11 µg/m³, tanto en términos de media como de valores máximos detectados. Aunque **Petrogas** presenta una mayor variabilidad en sus concentraciones de N-Hexano, todas las estaciones operan dentro de los límites de seguridad establecidos por las normas, lo que sugiere un bajo riesgo de contaminación por N-Hexano en estas áreas.

Tabla 5

Estadísticos descriptivos de NO2 (ug/m3) de tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha

Estadísticos	Petrogas	IOCOP	Yacumama
Media	13.9814	12.1334	12.5354
Desviación estándar	10.2959332	5.88394369	6.17917327
Varianza de la muestra	106.006241	34.6207933	38.1821823
Rango	23.749	16.047	14.448
Mínimo	4.822	5.47	7.68
Máximo	28.571	21.517	22.128
Recuento	5	5	5

El Estándar de Calidad Ambiental para Aire aprobados mediante el D.S. N° 074-2001 PCM y D.S Nº 003-2008-MINAM para dióxido de nitrógeno es 200 ug/m^3 como promedio para un periodo de 1 hora o 24 horas; las medias obtenidas de las tres estaciones de servicio no superan dicho valor de referencia, incluso los valores máximos recopilados tampoco superan dicho valor de referencia, lo que demuestra que los mínimos y máximos están dentro de lo permisible.

El cuadro estadístico presenta un análisis descriptivo de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) en microgramos por metro cúbico (µg/m^3) en tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha: **Petrogas**, **IOCOP** y **Yacumama**.

Media: **Petrogas** muestra la media más alta de concentración de NO_2 con 13.9814 µg/m³. **Yacumama** le sigue con una media de 12.5354 µg/m³. **IOCOP** presenta la media más baja, con 12.1334 µg/m³. Las medias obtenidas en las tres estaciones según el Estándares de Calidad Ambiental para Aire aprobados mediante el D.S. N° 074-2001 PCM y D.S Nº 003-2008-MINAM están muy por debajo de 200 µg/m³ como promedio para un periodo de 1 o 24 horas. Esto indica que las concentraciones promedio de NO_2 en estas estaciones de servicio no representan un riesgo para la salud.

Desviación estándar: **Petrogas** tiene la desviación estándar más alta (10.296 µg/m³), lo que indica una mayor variabilidad en las concentraciones de NO_2. **Yacumama** y **IOCOP** presentan desviaciones estándar menores, con valores de 6.179 µg/m³ y 5.884 µg/m³ respectivamente, lo que sugiere una variabilidad más baja en comparación con **Petrogas**.

Varianza de la muestra: La varianza sigue el mismo patrón que la desviación estándar, siendo mayor en **Petrogas** (106.006) y menor en **IOCOP** (34.621). Esto reafirma que **Petrogas** tiene una mayor dispersión en los valores de NO_2.

Rango: **Petrogas** también presenta el rango más amplio (23.749 µg/m³), indicando que las diferencias entre los valores máximo y mínimo son más grandes en esta estación. **IOCOP** y **Yacumama** tienen rangos más estrechos, con 16.047 µg/m³ y 14.448 µg/m³, respectivamente, lo que sugiere una variabilidad menor en sus mediciones de NO_2.

Valores mínimo y máximo: **Petrogas** registra el valor mínimo más bajo (4.822 µg/m³) y el máximo más alto (28.571 µg/m³). **IOCOP** tiene un mínimo de 5.47 µg/m³ y un máximo de 21.517 µg/m³. **Yacumama** tiene un mínimo de 7.68 µg/m³ y un máximo de 22.128 µg/m³. Al igual que con las medias, según el Estándar de Calidad Ambiental para Aire aprobados mediante el D.S. N° 074-2001 PCM y D.S Nº 003-2008-MINAM el límite de máximo permisible están muy por debajo de 200 µg/m³ como promedio para un periodo de 1 o 24 horas, lo que indica que incluso en condiciones más desfavorables, las concentraciones de NO_2 no superan los niveles de seguridad establecidos.

En resumen, las concentraciones de NO_2 en las tres estaciones de servicio de Yarinacocha se encuentran dentro del estándar de calidad ambiental (ECA) para aire, las medias y los valores el límite de máximo están muy por debajo de 200 µg/m³, como promedio para un periodo de 1 o 24 horas, lo que indica que no hay un riesgo significativo para la salud asociado con la exposición al NO_2 en estas áreas. A pesar de que **Petrogas** muestra una mayor variabilidad en sus mediciones, todas las estaciones se mantienen dentro de los estándares de calidad ambiental, según el D.S. N° 074-2001 PCM y D.S Nº 003-2008-MINAM, asegurando la calidad del aire en su entorno.

Tabla 6

Estadísticos descriptivos de la estación de servicio Petrogas

Estadísticos	N-HEXANO (ug/m^3)	NO_2 (ug/m^3)	Humedad (%)	Presión (hPa)	Temperatura (C)
Media	2.322	13.9814	73.3308	991.5248	32.1686
Desviación estándar	1.40825069	10.2959332	11.3505424	0.42670212	3.77731814
Varianza de la muestra	1.98317	106.006241	128.834813	0.1820747	14.2681323
Mínimo	0.62	4.822	62.056	990.885	27.218
Máximo	4.11	28.571	88.445	991.944	36.033
Recuento	5	5	5	5	5

La tabla presenta los estadísticos descriptivos de varias variables medidas en la estación de servicio **Petrogas**, en Yarinacocha. Estas variables incluyen la concentración de N-hexano (ug/m^3), dióxido de nitrógeno (NO_2) (ug/m^3), humedad relativa (%), presión atmosférica (hPa) y temperatura del aire (°C).

N-HEXANO (ug/m^3): Media, la concentración promedio de N-hexano es de 2.322 ug/m^3. Desviación estándar, es 1.408 ug/m^3, lo que indica una variabilidad moderada en las mediciones. Varianza de la muestra, es 1.983, confirmando la dispersión moderada de los datos. Mínimo y Máximo, la concentración mínima registrada fue de 0.62 ug/m^3, mientras que la máxima fue de 4.11 ug/m^3. Las concentraciones de N-hexano se encuentran muy por debajo estándar de calidad ambiental (ECA) para aire, de 11 ug/m^3 según la

norma ASTM D3687-19.2019, indicando que no hay un riesgo significativo por exposición a este compuesto en el área monitoreada.

NO_2 (ug/m^3): Media, la concentración promedio de NO_2 es de 13.9814 ug/m^3. Desviación estándar, es 10.296 ug/m^3, lo que sugiere una alta variabilidad en las mediciones de NO_2. Varianza de la muestra**,** es 106.006, lo que refuerza la considerable dispersión de los valores. Mínimo y Máximo, los valores oscilaron entre un mínimo de 4.822 ug/m^3 y un máximo de 28.571 ug/m^3. A pesar de la variabilidad, las concentraciones de NO_2, según el Estándar de Calidad Ambiental para Aire, están muy por debajo de 200 µg/m^3 como promedio para un periodo de 1 o 24, lo que indica que los niveles de NO_2 en la estación de servicio de **Petrogas** no representan un riesgo significativo para la salud.

Humedad: La variabilidad en la humedad podría influir en la dispersión y concentración de contaminantes en el aire, afectando potencialmente la calidad del aire en el área monitoreada.

Presión atmosférica (hPa): La presión atmosférica se mantiene estable en el área, lo que sugiere un ambiente relativamente constante, sin cambios significativos que pudieran afectar la dispersión de contaminantes.

Temperatura del aire (°C): La temperatura relativamente alta y variable puede influir en la concentración y dispersión de los contaminantes en el aire, afectando la calidad del aire en el entorno de la estación de servicio.

En general, las mediciones realizadas en la estación de servicio de **Petrogas** indican que las concentraciones de contaminantes como N-hexano y NO_2 se encuentran dentro de los límites permisibles, y aunque hay cierta variabilidad en los niveles de humedad y temperatura, la presión atmosférica se mantiene estable. Estos resultados sugieren que la calidad del aire en el área monitoreada es relativamente buena y no presenta riesgos significativos para la salud según los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos.

Tabla 7

Estadísticos descriptivos de la estación de servicio IOCOP

Estadísticos	**N-HEXANO ug/m³**	**NO_2 (ug/m³)**	**Humedad (%)**	**Presión (hPa)**	**Temperatura (C)**
Media	0.996	12.1334	68.6324	992.781	33.1302
Desviación estándar	0.59563412	5.88394369	8.38196804	0.46062349	2.8004217
Varianza de la muestra	0.35478	34.6207933	70.2573883	0.212174	7.8423617
Mínimo	0.45	5.47	61.224	992.21	29.144
Máximo	1.95	21.517	81.534	993.328	36.102
Recuento	5	5	5	5	5

La tabla presenta los estadísticos descriptivos de varias variables medidas en la estación de servicio IOCOP, ubicado en el distrito de Yarinacocha. Las variables incluyen la concentración de N-hexano (ug/m³), dióxido de nitrógeno (NO_2) (ug/m³), humedad relativa (%), presión atmosférica (hPa) y temperatura del aire (°C).

N-HEXANO (ug/m³): Media, la concentración promedio de N-hexano es de 0.996 ug/m³. Desviación estándar: Es 0.596 ug/m³, lo que indica una variabilidad moderada en las mediciones. Varianza de la muestra: Es 0.355, lo que confirma la dispersión moderada de los datos. Mínimo y Máximo: La concentración mínima registrada fue de 0.45 ug/m³, mientras que la máxima fue de 1.95 ug/m³. Las concentraciones de N-hexano en la estación de servicio IOCOP son bajas y se encuentran muy por debajo del límite de exposicion permisible de 11 ug/m³ según la norma ASTM D3687-19.2019. Esto indica que no hay un riesgo significativo por exposición a este compuesto en el área monitoreada.

NO_2 (ug/m³): Media, la concentración promedio de NO_2 es de 12.1334 ug/m³. Desviación estándar: Es 5.884 ug/m³, lo que sugiere una variabilidad considerable en las mediciones de NO_2. Varianza de la muestra: Es 34.621, lo que refuerza la dispersión de los valores. Mínimo y Máximo: Los valores oscilaron entre un mínimo de 5.47 ug/m³ y un máximo de 21.517 ug/m³. A pesar de la variabilidad, las concentraciones de NO_2 en la estación de servicio IOCOP, según el Estándar de Calidad Ambiental para aire, están muy por debajo de 200 µg/m³ como promedio para un periodo de 1 o 24. Esto indica que los niveles de NO_2 en este grifo no representan un riesgo significativo para la salud pública.

Humedad relativa (%): La humedad relativa tiene una variabilidad moderada, lo cual puede influir en la dispersión de los contaminantes en el aire y afectar potencialmente la calidad del aire en el área monitoreada.

Presión atmosférica (hPa): La presión atmosférica se mantiene bastante estable en el área, sugiriendo un ambiente relativamente constante que no presenta cambios significativos que puedan afectar la dispersión de contaminantes.

Temperatura del aire (°C): La temperatura tiene una variabilidad moderada en el área monitoreada. Esto puede influir en la dispersión y concentración de los contaminantes en el aire, afectando potencialmente la calidad del aire en el entorno de la estación de servicio.

En general, los resultados obtenidos en la estación de servicio IOCOP indican que las concentraciones de contaminantes, como N-hexano y NO_2, se encuentran dentro del estándar de calidad ambiental (ECA) para aire, lo que sugiere que no hay un riesgo significativo para la salud pública en este entorno. Las variables ambientales, como la humedad y la temperatura, presentan una variabilidad moderada, lo que podría influir en la calidad del aire, pero no se observan fluctuaciones extremas que pongan en riesgo la seguridad ambiental del área monitoreada.

Tabla 8

Estadísticos descriptivos de la estación de servicio Yacumama

Estadísticos	N-HEXANO (ug/m^3)	NO_2 (ug/m^3)	Humedad (%)	Presión (hPa)	Temperatura (C)
Media	0.784	12.5354	66.3756	991.5222	33.3432
Desviación estándar	0.34449964	6.17917327	7.97952125	0.93558468	2.80020172
Varianza de la muestra	0.11868	38.1821823	63.6727593	0.8753187	7.8411297
Mínimo	0.45	7.68	58.344	990.077	29.386
Máximo	1.33	22.128	77.864	992.492	36.235
Recuento	5	5	5	5	5

La tabla presenta los estadísticos descriptivos de varias variables medidas en la estación de servicio **Yacumama**, ubicado en el distrito de Yarinacocha. Las variables analizadas incluyen la concentración de N-hexano (ug/m³), dióxido de nitrógeno (NO2) (ug/m³), humedad relativa (%), presión atmosférica (hPa) y temperatura del aire (°C).

N-HEXANO (ug/m³): Media, la concentración promedio de N-hexano es de 0.784 ug/m³. Desviación estándar: Es 0.344 ug/m³, lo que sugiere una baja variabilidad en las mediciones. Varianza de la muestra: Es 0.119, lo que indica una dispersión de los estándares de calidad ambiental: La concentración mínima registrada fue de 0.45 ug/m³, mientras que la máxima fue de 1.33 ug/m³.

Las concentraciones de N-hexano en la estación de servicio YACUMAMA están muy por debajo del estándar de calidad ambiental (ECA) para aire, de 11 ug/m³ según la norma ASTM D3687-19.2019. Esto indica que no existe un riesgo significativo de exposición a este compuesto en el área monitoreada.

NO_2 (ug/m³): Media, la concentración promedio de NO_2 es de 12.5354 ug/m³. Desviación estándar: Es 6.179 ug/m³, lo que sugiere una variabilidad considerable en las mediciones de NO_2. Varianza de la muestra: Es 38.182, lo que refuerza la dispersión de los valores. Mínimo y Máximo: Los valores oscilaron entre un mínimo de 7.68 ug/m³ y un máximo de 22.128 ug/m³.

A pesar de la variabilidad, las concentraciones de NO_2 en la estación de servicio **Yacumama,** el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aire, están muy por debajo de 200 µg/m³ como promedio para un periodo de 1 o 24 horas. Esto indica que los niveles de NO2 en esta estación de servicio no representan un riesgo significativo para la salud pública.

Humedad relativa (%): La humedad relativa presenta una variabilidad moderada, lo cual puede influir en la dispersión de los contaminantes en el aire, afectando potencialmente la calidad del aire en el área monitoreada.

Presión atmosférica (hPa): La presión atmosférica se mantiene relativamente constante, sugiriendo un ambiente estable que no presenta cambios significativos que puedan afectar la dispersión de contaminantes.

Temperatura del aire (°C): Esto puede influir en la dispersión y concentración de los contaminantes en el aire, afectando potencialmente la calidad del aire en el entorno de la estación de servicio.

Los resultados obtenidos en la estación de servicio **Yacumama** indican que las concentraciones de contaminantes, como N-hexano y NO_2, están dentro del estándar de calidad ambiental (ECA) para aire, de acuerdo a la ASTM D3687-19.2019 y ASTM D1607-91 de las normativas vigentes, lo que sugiere que no hay un riesgo significativo para la salud pública en este entorno. Las variables ambientales, como la humedad y la temperatura, presentan una variabilidad moderada, lo que podría influir en la calidad del aire, pero no se observan fluctuaciones extremas que comprometan la seguridad ambiental del área monitoreada.

VARIACIONES DE N – HEXANO EN DIFERENTES CONDICIONES CLIMÁTICAS

Tabla 9

Correlación entre las variables N – HEXANO y tres elementos climáticos en tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha

Estación de servicio	Variables		R	R^2	P – valor
	Dependiente	Independiente			
Petrogas	N - HEXANO	Humedad	0.51	0.256	NS
		Presión	0.61	0.3689	NS
		Temperatura	0.51	0.2628	NS
IOCOP	N - HEXANO	Humedad	0.41	0.166	NS
		Presión	0.47	0.2165	NS
		Temperatura	0.33	0.1087	NS
Yacumama	N - HEXANO	Humedad	0.33	0.1099	NS
		Presión	0.79	0.6308	NS
		Temperatura	0.35	0.1222	NS

Nota: correlación “R”, coeficiente de determinación “R^2”, No significativo “NS”.

La tabla muestra la correlación entre la concentración de N-HEXANO y tres variables climáticas (humedad, presión y temperatura) en tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha: **Petrogas**, **IOCOP** y **Yacumama**. Se presentan los valores de correlación (R), el coeficiente de determinación (R^2) y el P-valor para cada relación.

Estación de servicio Petrogas

N-HEXANO y Humedad: Correlación (R): 0.51, lo que indica una correlación positiva moderada. Coeficiente de determinación (R^2): 0.256, lo que sugiere que aproximadamente el 25.6% de la variabilidad en la

concentración de N-HEXANO puede explicarse por la humedad. P-valor: No significativo (NS), lo que indica que la correlación no es estadísticamente significativa.

N-HEXANO y Presión: Correlación (R): 0.61, lo que indica una correlación positiva moderada a alta. Coeficiente de determinación (R^2): 0.3689, lo que sugiere que el 36.9% de la variabilidad en la concentración de N-HEXANO puede explicarse por la presión. P-valor: No significativo (NS), indicando que la relación no es estadísticamente significativa.

N-HEXANO y Temperatura: Correlación (R): 0.51, similar a la correlación con la humedad, muestra una correlación positiva moderada. **Coeficiente de determinación (R^2):** 0.2628, lo que sugiere que el 26.3% de la variabilidad en la concentración de N-HEXANO puede explicarse por la temperatura. **P-valor:** No significativo (NS), lo que significa que la correlación no es estadísticamente significativa.

Estación de servicio IOCOP

N-HEXANO y Humedad: Correlación (R): 0.41, indicando una correlación positiva débil. Coeficiente de determinación (R^2): 0.166, lo que indica que solo el 16.6% de la variabilidad en N-HEXANO se explica por la humedad. P-valor: No significativo (NS), indicando que la relación no es significativa.

N-HEXANO y Presión: Correlación (R): 0.47, una correlación positiva moderada. Coeficiente de determinación (R^2): 0.2165, indicando que el

21.65% de la variabilidad en N-HEXANO puede explicarse por la presión. P-valor: No significativo (NS), lo que indica que la correlación no es significativa.

N-HEXANO y Temperatura: Correlación (R): 0.33, mostrando una correlación débil. Coeficiente de determinación (R^2): 0.1087, indicando que solo el 10.87% de la variabilidad en N-HEXANO puede explicarse por la temperatura. P-valor: No significativo (NS), lo que significa que no es significativa.

Estación de servicio Yacumama

N-HEXANO y Humedad: Correlación (R): 0.33, lo que sugiere una correlación débil. Coeficiente de determinación (R^2): 0.1099, lo que significa que solo el 10.99% de la variabilidad en N-HEXANO se explica por la humedad. P-valor: No significativo (NS), indicando que la correlación no es significativa.

N-HEXANO y Presión: Correlación (R): 0.79, mostrando una correlación positiva alta. Coeficiente de determinación (R^2): 0.6308, lo que sugiere que el 63.08% de la variabilidad en N-HEXANO puede explicarse por la presión. P-valor: No significativo (NS), lo que significa que la relación, aunque fuerte, no es significativa en términos estadísticos.

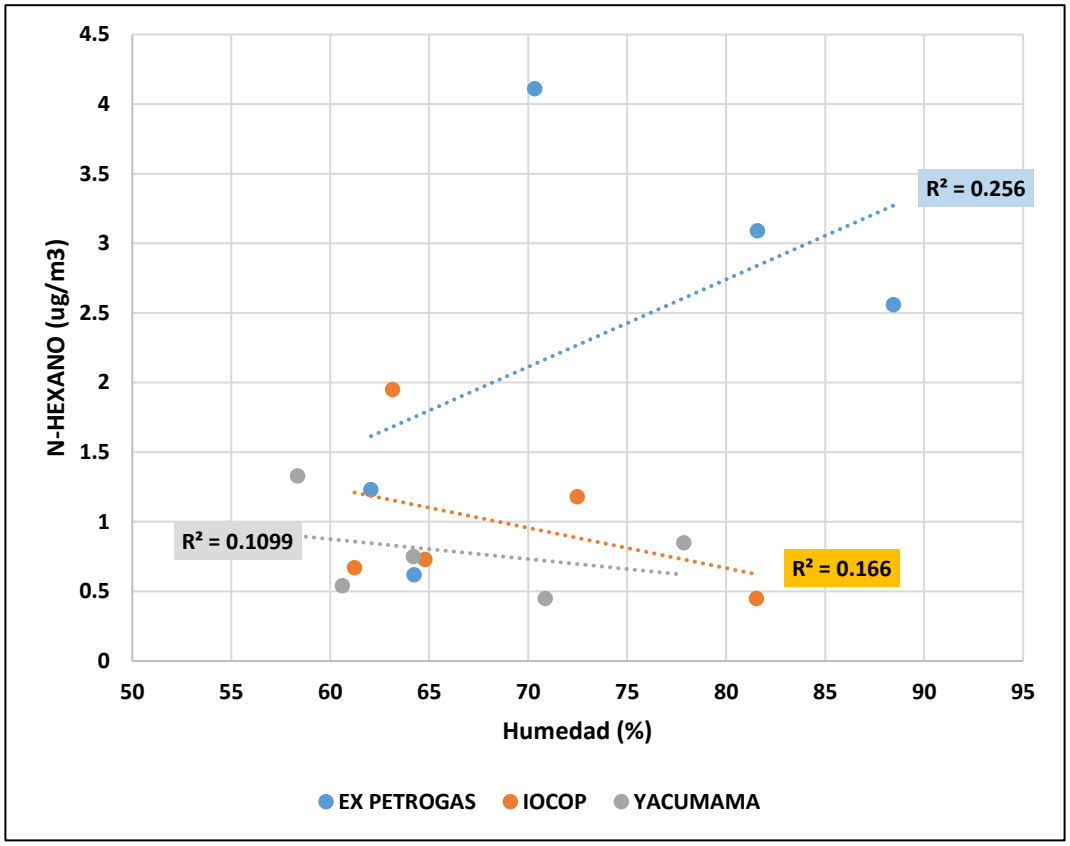
N-HEXANO y Temperatura: Correlación (R): 0.35, mostrando una correlación débil. Coeficiente de determinación (R^2): 0.1222, indicando que solo el 12.22% de la variabilidad en N-HEXANO puede explicarse por la

temperatura. P-valor: No significativo (NS), lo que significa que la correlación no es significativa.

En general, las correlaciones entre la concentración de N-HEXANO y las variables climáticas (humedad, presión y temperatura) en las tres estaciones de servicio son moderadas a débiles. La presión parece tener la mayor correlación con la concentración de N-HEXANO, especialmente en la estación de servicio **Yacumama**, donde R^2 es 0.6308, sugiriendo que la presión explica más de la mitad de la variabilidad en N-HEXANO, aunque esta correlación no es estadísticamente significativa. Todas las correlaciones presentan un P-valor no significativo (NS), lo que indica que no hay evidencia suficiente para afirmar que las relaciones observadas son estadísticamente significativas. Esto sugiere que, en este caso, las variables climáticas seleccionadas pueden no tener una influencia fuerte o significativa en la concentración de N-HEXANO en estas estaciones de servicio.

Figura 1

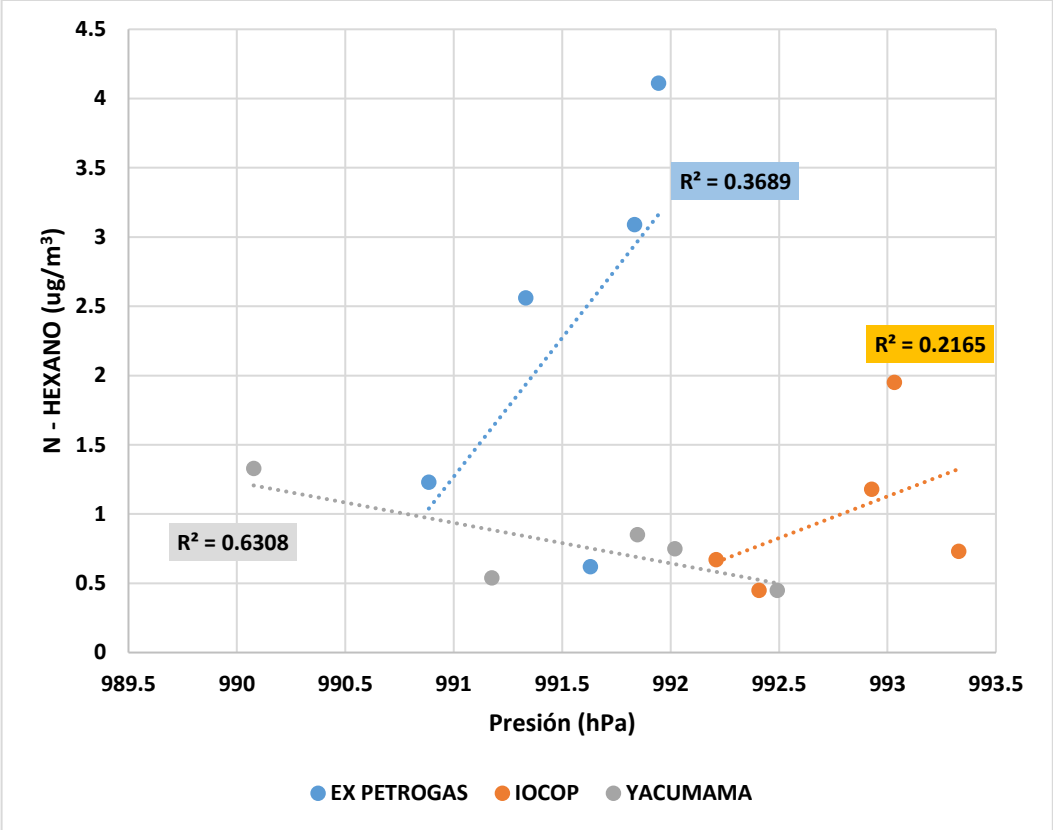
Relación entre el N – HEXANO de las tres estaciones de servicio de Yarinacocha y la humedad.



La figura indica que no existe relación significativa en N – HEXANO y la humedad en las tres estaciones de servicio evaluados del distrito de Yarinacocha; lo que demuestra que el comportamiento del N – HEXANO varia de una forma desproporcional respecto a la humedad en las tres zonas de estudio.

Figura 2

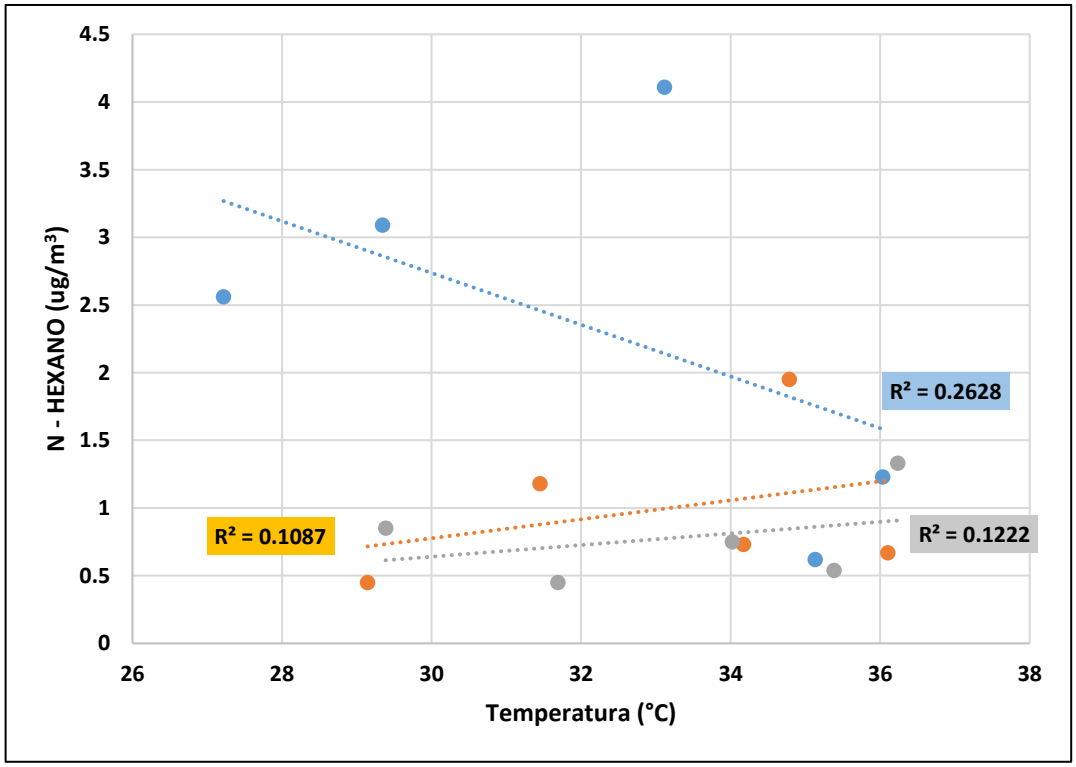
Relación entre el N – HEXANO de tres estaciones de servicio de Yarinacocha y la presión.



La figura indica que no existe relación significativa en N – HEXANO y la presión en las tres estaciones de servicio evaluados del distrito de Yarinacocha; lo que demuestra que el comportamiento del N – HEXANO varia de una forma desproporcional respecto a la presión que se presenta en las tres zonas de estudio.

Figura 3

Relación entre el N – HEXANO de tres estaciones de servicio de Yarinacocha y la temperatura.



La figura indica que no existe relación significativa en N – HEXANO y la temperatura en las tres estaciones de servicio evaluados del distrito de Yarinacocha; lo que demuestra que el comportamiento del N – HEXANO varia de una forma desproporcional respecto a la temperatura que existe en las tres zonas de estudio.

VARIACIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN DIFERENTES CONDICIONES CLIMÁTICAS

Tabla 10

Correlación entre el dióxido de nitrógeno y tres elementos climáticos en tres estaciones de servicio del distrito de Yarinacocha

Estaciones de servicio	Variables		R	R^2	P – valor
	Dependiente	Independiente			
Petrogas	NO_2	Humedad	0.93	0.8681	**
		Presión	0.11	0.0119	NS
		Temperatura	0.92	0.855	**
IOCOP	NO_2	Humedad	0.73	0.5333	NS
		Presión	0.62	0.3791	NS
		Temperatura	0.66	0.4312	NS
Yacumama	NO_2	Humedad	0.96	0.9209	**
		Presión	0.47	0.2252	NS
		Temperatura	0.95	0.9072	**

Nota: correlación “R”, coeficiente de determinación “R^2”, No significativo “NS”, relación altamente significativa “**”

La tabla presenta la correlación entre las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) y tres elementos climáticos (humedad, presión y temperatura) en tres grifos del distrito de Yarinacocha. Los resultados muestran que:

Estación de servicio Petrogas

Humedad: Existe una relación altamente significativa entre el NO_2 y la humedad, con un coeficiente de correlación (R) de 0.93 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0.8681. Esto indica que el 86.81% de la variabilidad en los niveles de NO_2 puede explicarse por cambios en la humedad. Presión: No se observa una relación significativa entre el NO_2 y la presión (R = 0.11, R^2 =

0.0119). Temperatura: Al igual que con la humedad, hay una relación altamente significativa entre el NO_2 y la temperatura ($R = 0.92$, $R^2 = 0.855$), sugiriendo que el 85.5% de la variabilidad en el NO_2 está relacionada con la temperatura.

Estación de servicio IOCOP

Humedad: Existe una correlación positiva moderada entre el NO_2 y la humedad ($R = 0.73$), aunque no es significativa ($R^2 = 0.5333$). Presión: No se encuentra una correlación significativa entre el NO_2 y la presión ($R = 0.62$, $R^2 = 0.3791$). Temperatura: Tampoco se observa una correlación significativa entre el NO_2 y la temperatura ($R = 0.66$, $R^2 = 0.4312$).

Estación de servicio Yacumama

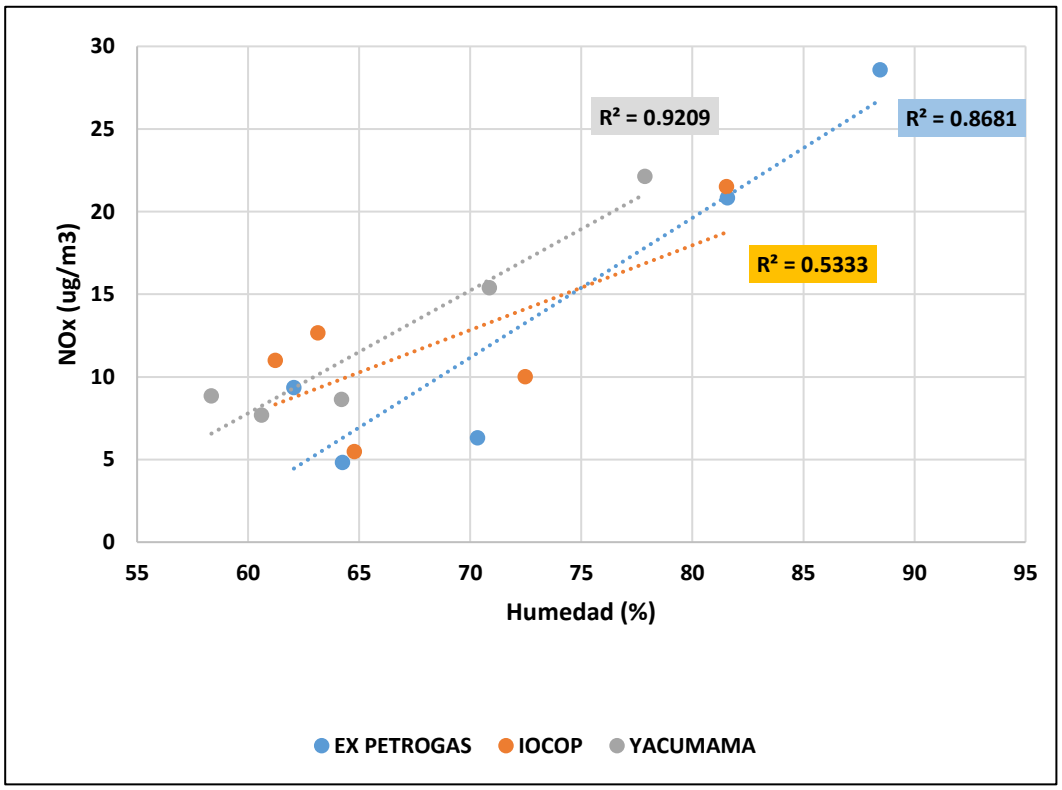
Humedad: Existe una relación altamente significativa entre el NO_2 y la humedad ($R = 0.96$, $R^2 = 0.9209$), lo que sugiere que el 92.09% de la variabilidad en el NO_2 puede atribuirse a cambios en la humedad. **Presión**: No se observa una correlación significativa entre el NO_2 y la presión ($R = 0.47$, $R^2 = 0.2252$). **Temperatura**: Hay una relación altamente significativa entre el NO_2 y la temperatura ($R = 0.95$, $R^2 = 0.9072$), indicando que el 90.72% de la variabilidad en el NO_2 está relacionada con la temperatura.

En general en las estaciones de servicio **Petrogas** y **Yacumama**, tanto la humedad como la temperatura muestran una correlación altamente significativa con los niveles de NO_2, sugiriendo que estos factores climáticos influyen fuertemente en las concentraciones de NO_2 en estas zonas. Sin

embargo, en el grifo **IOCOP**, ninguna de las variables climáticas estudiadas presenta una relación significativa con el NO_2. La presión no muestra una correlación significativa con los niveles de NO_2 en ninguno de las estaciones de servicio.

Figura 4

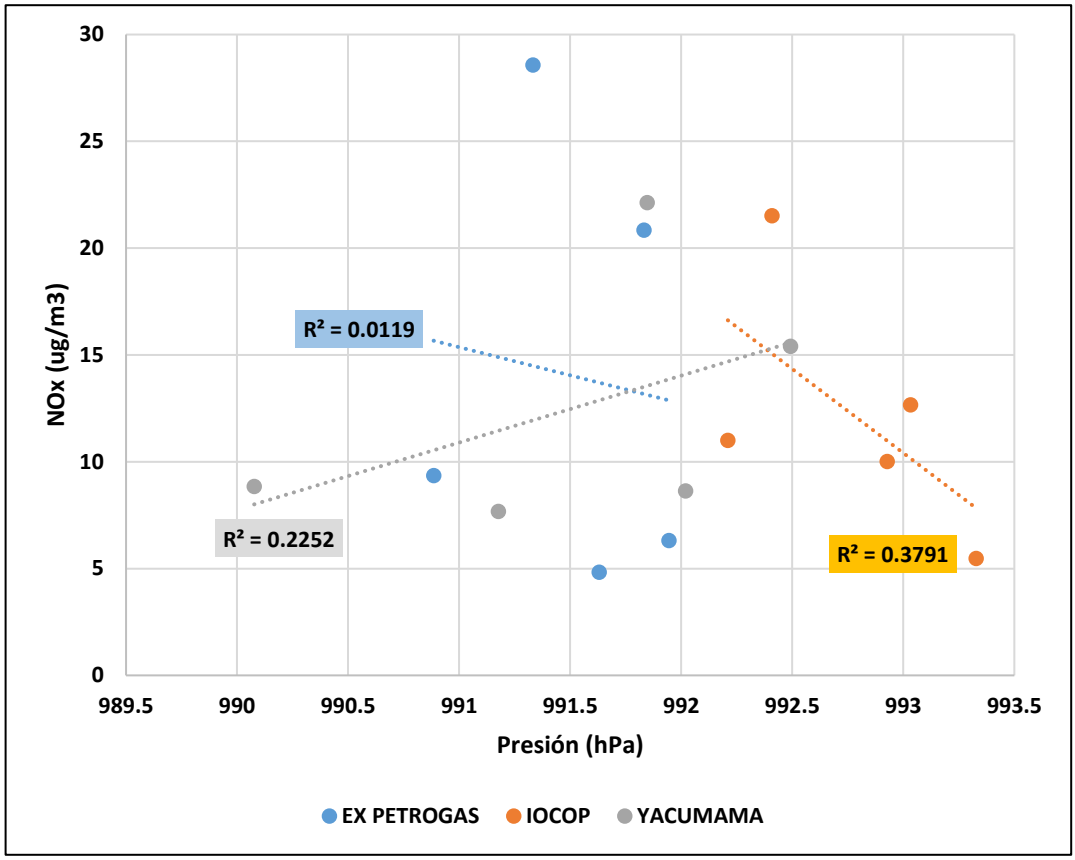
Relación entre el dióxido de nitrógeno y la humedad.



La figura indica que no existe relación significativa en NO_2 y la presión en las tres estaciones de servicio evaluados del distrito de Yarinacocha; lo que demuestra que los valores del NO_2 se comporta de una manera diferente respecto a la presión.

Figura 5

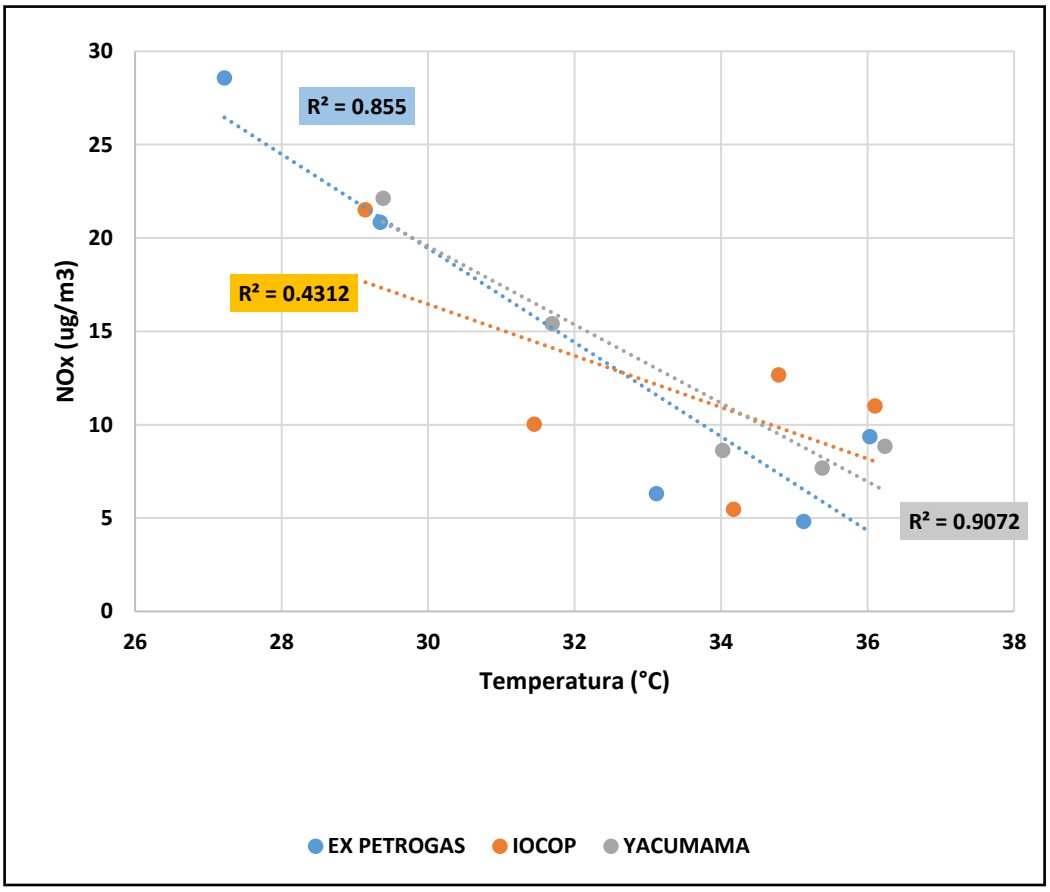
Relación entre el dióxido de nitrógeno y la presión.



La figura muestra una relación altamente significativa entre el NO_2 y la humedad en las estaciones de servicio **Petrogas** (R=0.93) y **Yacumama** (R=0.96), indicando una correlación directamente proporcional. Esto significa que los niveles de NO_2 aumentan a medida que la humedad incrementa en estas ubicaciones. Por otro lado, en la estación de servicio **IOCOP**, no se observa una relación significativa entre el NO_2 y la humedad, lo que sugiere que los valores de NO_2 en esta zona no siguen el mismo patrón en relación con la humedad, comportándose de manera diferente en comparación con las otras dos estaciones de servicio.

Figura 6

Relación entre el dióxido de nitrógeno y la temperatura.



La figura indica que existe relación significativa entre el NO_2 y la temperatura en las estaciones de servicio **Petrogas** (R=0.92) y **Yacumama** (R=0.95), la relación es inversamente proporcional, por lo que a mayor temperatura disminuye los valores de NO_2. Asimismo, no existe relación entre el NO_2 y la temperatura en la estación de servicio **IOCOP**, por lo que los valores de NO_2 se comporta diferente respecto a la temperatura.

4.2. DISCUSIÓN

1. Las concentraciones de **n-hexano** medidas en las estaciones de servicio de Yarinacocha son las siguientes: **Petrogas** con 2.322 µg/m³, **IOCOP** con 0.996 µg/m³ y **Yacumama** con 0.784 µg/m³. Estos valores están muy por debajo del estándar de calidad ambiental (ECA) para aire y las regulaciones ambientales internacionales vigentes, de 11 µg/m³ establecido por la norma ASTM D-09.2019. Este límite se utiliza como referencia para asegurar que las emisiones de n-hexano no representen un riesgo significativo para la salud y el medio ambiente. En un estudio realizado en España, las concentraciones de n-hexano en estaciones de servicio variaban entre 1.5 y 3 µg/m³, niveles que también se encuentran muy por debajo del límite de 11 µg/m³, similar a los resultados observados en Yarinacocha. Las concentraciones en España eran consistentes con estándares internacionales de calidad del aire, reflejando un control adecuado de las emisiones en las estaciones de servicio evaluadas. La coincidencia entre los resultados de Yarinacocha y los datos obtenidos en el contexto europeo sugiere que las estaciones de servicio de Yarinacocha operan con niveles de n-hexano comparables, donde se aplican estrictos controles ambientales. Esto podría indicar que las prácticas de manejo de combustibles y las tecnologías utilizadas en las estaciones de Yarinacocha son efectivas para mantener las emisiones de n-hexano a niveles bajos, contribuyendo a un ambiente más saludable (González et al., 2020).

2. Las concentraciones promedio de **dióxido de nitrógeno (NO_2)** medidas en las estaciones de servicio de Yarinacocha fueron las siguientes: **Petrogas** con 13.9814 µg/m³, **IOCOP** con 12.1334 µg/m³ y **Yacumama** con 12.5354 µg/m³. estas se encuentran significativamente por debajo del estándar de calidad ambiental (ECA) para aire y las regulaciones ambientales internacionales vigentes, de 200 µg/m³ establecido por la norma ASTM D1607-91 como promedio para un periodo de 1 o 24 horas. Un estudio realizado en Ciudad de México reportó concentraciones promedio de NO_2 en estaciones de servicio que variaban entre 10 y 15 µg/m³, valores comparables a los encontrados en Yarinacocha, donde las concentraciones de NO_2 están en un rango similar. Además, se destacó que los niveles de NO_2 en las estaciones de servicio de Ciudad de México se mantenían dentro de los límites recomendados por las normativas internacionales, lo que refleja una baja exposición a este contaminante en esa área. La coincidencia entre los niveles de NO_2 en Yarinacocha y los reportados en una gran ciudad como Ciudad de México sugiere que las estaciones de servicio de Yarinacocha tienen un desempeño comparable en cuanto al control de emisiones de NO_2. Este hallazgo es positivo, ya que indica que los niveles de contaminación por NO_2 en Yarinacocha son bajos y están en línea con los estándares internacionales de calidad del aire. (PERÉZ, 2021).

3. No se encontró una correlación significativa entre las concentraciones de **n-hexano** y los elementos climáticos (humedad, presión, temperatura)

en las tres estaciones de servicio evaluadas. Un estudio realizado en Argentina reportó una relación débil entre n-hexano y variables climáticas en las estaciones de servicio, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en Yarinacocha. Esto sugiere que, en ambos contextos, las concentraciones de n-hexano no se ven significativamente afectadas por cambios en las condiciones meteorológicas. (FERNANDEZ, 2019)

Se encontró una correlación altamente significativa entre las concentraciones de dióxido de nitrogeno NO_2 y la humedad en las estaciones de servicio **Petrogas** (R=0.93) y **Yacumama** (R=0.96). Un estudio realizado en áreas urbanas de Estados Unidos también reportó una correlación positiva significativa entre NO_2 y la humedad. Los resultados obtenidos en Yarinacocha coinciden con estos hallazgos, sugiriendo que, en ambas ubicaciones, los niveles de NO_2 tienden a aumentar con la humedad. Esto podría estar relacionado con procesos químicos atmosféricos que amplifican la presencia de NO_2, como la formación de ácido nítrico en condiciones húmedas, lo que a su vez puede incrementar las concentraciones de NO_2 en el aire (SMITH, 2018)

Aunque se observaron variaciones en las concentraciones de NO_2 a lo largo del día, no se encontró una correlación significativa con las condiciones climáticas en las tres estaciones de servicio evaluados. Un estudio realizado en estaciones de servicio en China también observó variaciones diarias en las concentraciones de NO_2, pero encontró que estas variaciones no estaban consistentemente correlacionadas con las

condiciones climáticas. Los resultados obtenidos en Yarinacocha son consistentes con estos hallazgos, sugiriendo que las variaciones diarias en las concentraciones de NO_2 pueden no estar directamente influenciadas por factores climáticos. Esto podría deberse a otros factores, como las emisiones vehiculares y las actividades industriales, que tienen un impacto más significativo en las concentraciones de NO_2 que las condiciones meteorológicas diarias (ZHANG, 2022)

4. En la identificación de las fuentes de emisión de la estación de servicio **Petrogas** presentó las concentraciones más altas de n-hexano (4.11 µg/m³) y NO_2 (28.571 µg/m³) entre los grifos evaluados. En algunas estaciones de servicio en São Paulo, se identificó que las concentraciones elevadas de compuestos como n-hexano y NO_2 se asociaban con fugas de combustible y operaciones ineficientes. Los hallazgos en la estación de servicio **Petrogas** en Yarinacocha, que muestra concentraciones más altas de estos contaminantes, refuerzan la necesidad de realizar inspecciones técnicas y aplicar medidas correctivas para identificar y mitigar las fuentes de emisión. Esto es consistente con las recomendaciones que sugieren que la implementación de prácticas de mantenimiento adecuadas y la mejora en la eficiencia operativa pueden reducir significativamente las emisiones de contaminantes en las estaciones de servicio. (SILVA, 2020).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las mediciones de n-hexano y dióxido de nitrógeno en tres estaciones de servicio de Yarinacocha mostraron que, aunque las concentraciones se mantienen dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire, presentan variaciones notables entre estaciones y en función de la ubicación y las condiciones climáticas.
- Las concentraciones de n-hexano y dióxido de nitrógeno en las tres estaciones de servicio de Yarinacocha cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire. Los niveles de n-hexano están muy por debajo del estándar de calidad ambiental (ECA) para aire, de 11 µg/m³, con promedios de 2.322 µg/m³ en **Petrogas**, 0.996 µg/m³ en **IOCOP** y 0.784 µg/m³ en **Yacumama**. Del mismo modo, las concentraciones de NO_2, están muy por debajo del Estándares de Calidad Ambiental para aire, de 200 µg/m³, indicando que están cumpliendo con las regulaciones ambientales internacionales y evitando un riesgo significativo para la salud pública en estas áreas.
- El análisis estadístico revela que no existe una correlación significativa entre el n-hexano y los factores climáticos (humedad, presión, temperatura) en las estaciones de servicio evaluadas, con valores de R entre 0.33 y 0.61, indicando una variabilidad no correlacionada. Sin embargo, se encontró una fuerte correlación entre el dióxido de nitrógeno

(NO_2) y la humedad en **Petrogas** (R=0.93) y **Yacumama** (R=0.96), sugiriendo que el aumento de la humedad está relacionado con mayores concentraciones de NO_2. En **IOCOP**, esta relación no fue evidente, lo que podría reflejar la influencia de otros factores en esa estación.

- Las fuentes de emisiones de n-hexano y dióxido de nitrógeno en las estaciones de servicios, se mantienen dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire. Sin embargo, debido a la correlación entre NO_2 y humedad en dos estaciones, se propone alguna acciones correctiva como monitorear regularmente estos contaminantes y condiciones climáticas. Si se observan aumentos en NO_2 en periodos de alta humedad, podrían implementarse medidas correctivas, como mejoras en ventilación y control de emisiones. La variación en las concentraciones de n-hexano y NO_2 entre las estaciones de servicio, especialmente en **Petrogas** con valores más altos, sugiere posibles fugas o mayor volatilización en esa ubicación.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un programa de monitoreo periódico para n-hexano y NO_2 en las tres estaciones de servicio, con mayor frecuencia en periodos de alta humedad, especialmente en **Petrogas** y **Yacumama**, donde se observó una correlación con NO_2. Además, el monitoreo debe

incluir el registro de condiciones climáticas para identificar patrones que puedan influir en la calidad del aire.

- Optimizar los sistemas de ventilación en Petrogas y Yacumama para reducir las concentraciones de NO_2 en condiciones de alta humedad. Además, es importante realizar inspecciones técnicas periódicas para identificar y corregir posibles fugas de n-hexano y NO_2 en los sistemas de almacenamiento y distribución de combustible.
- Capacitar al personal de las estaciones de servicio en el manejo seguro de combustibles y en prácticas para reducir la volatilización y emisiones. La formación debe cubrir el uso de equipos de control de emisiones y acciones correctivas ante niveles elevados de contaminantes, promoviendo la importancia de mantener la calidad del aire y cumplir con las normativas ambientales.
- Realizar estudios más detallados para identificar y corregir variaciones en las emisiones de n-hexano y NO_2, especialmente en la estación de servicio Petrogas, donde se observaron las concentraciones más altas, sugiriendo posibles fugas. Implementar mejoras específicas en cada estación, como el sellado de tanques y optimización de almacenamiento. Además, realizar auditorías ambientales periódicas para asegurar el cumplimiento de normas y mejorar la eficiencia operativa, evaluando la necesidad de actualizar o reemplazar equipos que contribuyan a las emisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántar, F., Elizalde, R., Olvera, M., López, D., & Cruz, M. (2020). Análisis Del Contenido De Benceno En Las Gasolinas Y Estimación De Emisiones De Este Compuesto Al Ambiente. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 321-331. doi:https://doi.org/10.20937/rica.53402

Altamirano, C. (2017). *Determinación de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX) en aire ambiente del Distrito Metropolitano de Quito mediante cromatografía de gases con detector de ionización de llama.* Obtenido de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13799/Determinaci%c3%b3n%20de%20BTEX%20en%20aire%20ambiente%20del%20DMQ%20por%20cromatografia%20de%20gases%20FID-%20Camila%20Altamirano.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Andía, A. Q. (2019). Estadística no paramétrica aplicada a la investigacion cientifica SPSS, MINITAP Y EXCEL . *Estadística no paramétrica aplicada a la investigacion cientifica SPSS, MINITAP Y EXCEL* , 80.

Antón, R. (2014). Contaminación Atmosférica por Hidrocarburos en las estaciones de servicio del estado de Puebla. *Repositorio Institucional BUAP*.

ATSDR. (2016). *Resúmenes de Salud Pública*. Recuperado el 23 de junio de 2022, de ATSDR en Español: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs3.html

Batallas, A. (2015). *Evaluación de concentraciones de gases y vapores generados en el expendio de combustible en la gasolinera del sindicato de choferes profesionales del cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi, periodo 2014 - 2015.* Recuperado el 22 de junio de 2022, de http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2769/1/T-UTC-00306.pdf

Benites, F., & Urtecho, E. (2019). *Distribución espacial de benceno (C6H6) en el área circundante a las estaciones de servicio de combustible de la avenida américa en la ciudad de trujillo.* Obtenido de https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12431

Boluda, C., Macías, M., & González, J. (2019). *La complejidad química de las gasolinas de automoción.* USA - . doi:https://doi.org/10.22206/cyap.2019.v2i2.pp51-79

Callo, L. (2021). *Relación de la concentración de los BTX (benceno, tolueno y xileno) con las variables meteorológicas en las instituciones educativas aledaños al consorcio terminal del distrito de Ilo, 2020.* Obtenido de https://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/288

Chicaiza, A. (2019). *Evaluación de niveles de BENCENO en nuevas áreas complementarias en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil y en combustibles, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes.* Obtenido de http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13834/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-311.pdf

Dulanto, J. (2020). *Mejoras medioambientales, de seguridad y salud ocupacional y económicas a través de la implementación del sistema de recuperación de vapores fase II aplicado a la venta de gasoholes en las estaciones de servicio Gaspetrol - Perú.* Obtenido de https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24901

Española, R. A. (2005). *RAE*. Recuperado el 23 de junio de 2022, de RAE: https://dle.rae.es/automoci%C3%B3n

FERNANDEZ. (2019). Influencia de las condiciones meteorologicas en las concentraciones de compuestos organicos volatiles en estaciones de servicio . *Journal of Environmental Management*.

Fernández, A., & Írsula, K. y. (2020). Comportamiento de la contaminación atmosférica en las industrias y su afectación a la salud humana. *Santiago 152*, 339-355.

García, A., Cabel, D., & Garcia, C. (2022). *Identificación y evaluación de los contaminantes ambientales generado por las estaciones de servicios de combustibles en el cercado de Ica.* Ica - Peru . Obtenido de https://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/199

GONZALES. (2020). "Emisiones de compuestos orgánicos volátiles en estaciones de servicio en España: Evaluación y control". *Revista de Ciencias Ambientales*.

Jiménez, N. (2019). *Inventario de emisiones atmosféricas por fuentes estacionarias puntuales y estaciones de servicio de combustible en el área*

urbana del municipio de Santiago de Cali – año 2017. SANTIAGO DE CALI (COLOMBIA): Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química. Recuperado el 22 de junio de 2022, de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76367/Tesis_Neftali_Jim%C3%A9nez_Restrepo_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Leonardo, S. (2021). *Identificación de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) en urbanizaciones colindantes al terminal de combustible "PETROPERU" en la provincia de Ilo, 2021.* Obtenido de https://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/287

Llanes, E., & Checa, A. (2020). *Evaluación de las emisiones de gases contaminantes de un motor de combustión interna experimental con diferentes tipos de gasolinas mediante pruebas estáticas.* Obtenido de https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4060

Martos, W. (2013). *MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.* Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

MINAM. (2022). *DIRECTORIO DE ESTACIONES DE SERVICIO DE PETROLEO - MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU.* LIMA.

Nazareno, V. (2021). *Relación de manifestaciones depresivas por la exposición a hidrocarburos en los despachadores de combustible de una gasolinera en Esmeraldas.* Obtenido de https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4399/1/Nazareno%20Rosero%20Viviana%20Yomaira.pdf

PERÉZ. (2021). Evaluacion de la calidad del aire en estaciones de servicio en ciudad de Mexico . *Revista de contaminacion Atmosferica* .

Pérez, D. (2018). Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. *INNOVA Research Journal*, 23-24. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6369767

Perú, I. A. (2020). *La atmosfera en la Tierra.* Lima: MINAM. Obtenido de https://infoaireperu.minam.gob.pe/la-atmosfera-en-la-tierra/

Pontón, L. (2019). *Evaluación de niveles de benceno en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil, para formular recomendaciones sobre el control de este contaminante, por parte de las autoridades ambientales competentes.* Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado el 22 de junio de 2022, de http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12613

Protegidas, C. N. (2018). *El aire: elemento de vida en la Tierra.* México: Gobierno de México. Obtenido de https://www.gob.mx/conanp/articulos/el-aire-elemento-de-vida-en-la-tierra

Rodríguez, E., & López, H. (2018). *Caracterización de compuestos orgánicos volátiles, provenientes de seis estaciones de servicio de combustibles de la ciudad de Barranquilla, Colombia.* Corporación Universidad de la Costa. BARRANQUILLA - COLOMBIA : Ingenieria Ambiental. Recuperado el 22 de junio de 2022, de https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/1135/1079886711%20-%201128329195.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SILVA, e. a. (2020). Fuentes y control de emisiones en estaciones de servicio: Un estudio en Sao Paulo . *Brazilian Journal of Environment Science*.

SMITH, e. a. (2018). Relacion entre dioxido de nitrogeno y factores meteorologicos en areas urbanas. *Environmental Science y Technology*.

Trejos, E., Hernández, W., González, C., Aristizábal, B., & Velasco, M. (2019). *ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LA CIUDAD DE MANIZALES AÑO BASE 2017. .* Obtenido de https://cdiac.manizales.unal.edu.co/publicaciones/Bolet%C3%ADn%20inventario%20de%20emisiones%20atmosf%C3%A9ricas%20Manizales%20a%C3%B1o%20base%202017.pdf

ZHANG, e. a. (2022). Variaciones diarias en las concentraciones de NO2 en estaciones de servicio y su relacion con factores climatologicos . *Atmospheric Environment*.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de información de la recolección de datos para el análisis de las estaciones de los grifos ubicados en el distrito de Yarinacocha

N°	N-HEXANO (ug/m^3)	NO_2 (ug/m^3)	Humedad (%)	Presión (hPa)	Temperatura (C)	FECHA	HORA
	PETROGAS						
1	2.56	28.571	88.445	991.332	27.218	11/06/2024	09:00 - 09:30
2	3.09	20.843	81.585	991.833	29.346	12/06/2024	09:30 - 10:00
3	4.11	6.311	70.327	991.944	33.117	13/06/2024	10:00 - 10:30
4	0.62	4.822	64.241	991.63	35.129	14/06/2024	10:30 - 11:00
5	1.23	9.36	62.056	990.885	36.033	15/06/2024	11:00 - 11:30
IOCOP							
1	0.45	21.517	81.534	992.408	29.144	18/06/2024	09:00 - 09:30
2	1.18	10.019	72.475	992.927	31.449	19/06/2024	09:30 - 10:00
3	0.73	5.47	64.786	993.328	34.171	20/06/2024	10:00 - 10:30
4	1.95	12.66	63.143	993.032	34.785	21/06/2024	10:30 - 11:00
5	0.67	11.001	61.224	992.21	36.102	22/06/2024	11:00 - 11:30
YACUMAMA							
1	0.85	22.128	77.864	991.847	29.386	25/06/2024	09:00 - 09:30
2	0.45	15.401	70.866	992.492	31.692	26/06/2024	09:30 - 10:00
3	0.75	8.627	64.199	992.019	34.021	27/06/2024	10:00 - 10:30
4	0.54	7.68	60.605	991.176	35.382	28/06/2024	10:30 - 11:00
5	1.33	8.841	58.344	990.077	36.235	29/06/2024	11:00 - 11:30

Anexo 2. Informe de ensayos realizados en los grifos Petrogas, IOCOP y Yacumama.

ITS
Inspection & Testing Services del Perú S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 120

INFORME DE ENSAYO 015879224

FR 044

N° de Orden de Servicio	:	024062024
N° de Protocolo	:	112364532
Cliente	:	**Universidad Nacional de Ucayali.**
Dirección legal del cliente	:	Carretera Federico Basadre Km. 6.200
Muestra(s) declarada(s)	:	Calidad de aire
Procedencia de la Muestra	:	Muestreado por el cliente **Nombre del proyecto:** EVALUACION DE LA CONCENTRACION DE LOS GASES DE N-HEXANO Y ÓXIDOS DE NITRÓGENO GENERADOS POR LA EVAPORACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES DE AUTOMOCIÓN EN TRES GASOLINERAS DE YARINACOCHA Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AIRE **Lugar del proyecto:** Distrito de Yarinacocha
Cantidad de Muestra(s) para ensayo	:	5 muestras
Forma de Presentación	:	Código de laboratorio 04-20006.01 al 04-20006.05
Identificación de la Muestra	:	2024-06-11 / 2024-06-17
Fecha de recepción de muestra(s)	:	2024-06-18
Fecha de Inicio del Análisis	:	2024-06-18
Fecha de Emisión de Informe	:	2024-07-05

Código de Laboratorio			04-20001.01	04-20001.02	04-20001.03	04-20001.04	04-20001.05
Código de Punto de Muestreo			EP01-1106	EP02-1206	EP03-1306	EP04-1406	EP05-1706
Descripción del Punto de Muestreo			Ex-Petrogas	Ex-Petrogas	Ex-Petrogas	Ex-Petrogas	Ex-Petrogas
Fecha Inicial / Hora de Muestreo			11-06-2024 10:30 Hrs	12-06-2024 10:00 Hrs	13-06-2024 10:30 Hrs	14-06-2024 09:30 Hrs	17-06-2024 09:00 Hrs
Fecha Final / Hora de Muestreo			11-06-2024 11:30 Hrs	12-06-2024 11:00 Hrs	13-06-2024 11:30 Hrs	14-06-2024 10:30 Hrs	17-06-2024 10:00 Hrs
Tipo de Muestra			Aire	Aire	Aire	Aire	Aire
Coordenadas del Punto de Muestreo			E 0550034.00 N 9074430.00 151.0 m.s.n.m.	E 0550034.00 N 9074430.00 151.0 m.s.n.m...	E 0550034.00 N 9074430.00 151.0 m.s.n.m.	E 0550034.00 N 9074430.00 151.0 m.s.n.m.	E 0550034.00 N 9074430.00 151.0 m.s.n.m.
Parámetro de Ensayo	Unidades	Límite de Cuantificación de Método	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
COV- N-Hexano	µg/m³	0,001	0,085	0,045	0,075	0,064	0,133
Dióxido de Nitrógeno	µg/m³	2.50	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5

Metodología

Parámetro	Método de Referencia
Compuestos Orgánicos Volátiles – N- Hexano	ASTM D3687 – 19.2019. Standart Test Method for Analysis of Organic Compound Vapors Collected by the Activated Charcoal Tube Adsorption Method
Dióxido de Nitrogeno	ASTM D1607-91 (Reapproved 2018) e1 Does not include Sampling (Validated, 2022). Standard Test Method for Nitrogen Dioxide content of the atmosphere. (Griess-saltzman reaction).

Quim. Fred A. Arcondo Sevilla
C.Q.P. 1438
Supervisor de Laboratorio de Química

Fin de documento

1 de 1

El informe de ensayo sólo es válido para las muestra referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. SI INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal cómo fueron recepcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C. Desinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C.

Anexo 3. Primera toma de datos en el grifo IOCOP



Anexo 4. Recolección de información grifo IOCOP



Anexo 5. Instalación de equipo en el grifo IOCOP



Anexo 6. Segundo día de toma de toma de datos en la estación de servicio IOCOP



Anexo 7. Toma de datos en la estación de servicio de Petrogas para la concentración de los gases de n-hexano y dióxido de nitrógeno



Anexo 8. Primera toma de datos en la estación de servicio de Petrogas.



Anexo 9. Segunda toma de datos en la estación de servicio de Petrogas



Anexo 10. Tercera toma de datos en la estación de servicio de Petrogas



Anexo 11. Calibrando el equipo en el grifo Yacumama



Anexo 12. Equipo para la toma de datos en la estación de servicio de Yacumama

