

- FORMATO_CRAI._Producción_de_biodiesel_a_partir_de_bio...

 My Files My Files Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:536300060

Fecha de entrega

4 dic 2025, 8:40 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

4 dic 2025, 8:52 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

- FORMATO_CRAI._Producción_de_biodiesel_a_partir_de_biorresiduos_de_aceites_residuales_en_e.docx

Tamaño del archivo

7.1 MB

55 páginas

7264 palabras

42.631 caracteres

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
72 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
13 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 4% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unica.edu.pe	<1%
2	Internet	repositoriodspace.unipamplona.edu.co	<1%
3	Internet	dspace.unitru.edu.pe	<1%
4	Trabajos entregados	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2023-05-14	<1%
5	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	<1%
6	Internet	www.mdpi.com	<1%
7	Trabajos entregados	Queen's University of Belfast on 2025-05-05	<1%
8	Internet	www.coursehero.com	<1%
9	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
10	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	<1%
11	Trabajos entregados	Universidad Peruana Union on 2025-10-08	<1%

12	Internet	laccei.org	<1%
13	Internet	repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar	<1%
14	Internet	vinos.diarioelzonda.com.ar	<1%
15	Internet	1library.co	<1%
16	Publicación	Molina Mayo, Carlos. "Estudio de la composicion y estabilidad de biodiesel obteni...	<1%
17	Trabajos entregados	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2021-10-23	<1%
18	Trabajos entregados	University Of Tasmania on 2019-10-13	<1%
19	Trabajos entregados	Zamorano University on 2025-08-02	<1%
20	Internet	es.m.wikipedia.org	<1%
21	Internet	www.investigarmqr.com	<1%
22	Internet	www.oalib.com	<1%
23	Publicación	"Is Chile prepared to produce wine in the future?: a qualitative and quantitative a...	<1%
24	Trabajos entregados	New Art College on 2007-02-21	<1%
25	Trabajos entregados	colpos on 2023-11-28	<1%

26	Internet	hemerotecadigital.uanl.mx	<1%
27	Internet	repositorio.ug.edu.ec	<1%
28	Internet	ri-ng.uaq.mx	<1%
29	Internet	studentsrepo.um.edu.my	<1%

8

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Producción de biodiesel a partir de biorresiduos de aceites residuales
en el altiplano peruano**

11

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Johan Fernando Paja Bautista
Maribel Chuquimamani Valencia

Asesor:

Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera

5

Juliaca, noviembre del 2025

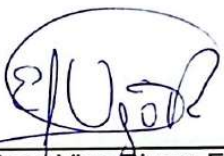
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mtro. Juan Vigo Rivera Espinoza, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“PRODUCCION DE BIODIESEL A PARTIR DE BIORRESIDUOS DE ACEITES RESIDUALES EN EL ALTIPLANO PERUANO”** de los autores Johan Fernando Paja Bautista y Maribel Chuquimamani Valencia tiene un índice de similitud de **5 %** verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 7 de Noviembre del año 2025


Mtro. Juan Vigo Rivera Espinoza

220

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 07 día(s) del mes de noviembre del año 2025, siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Msc. Enrique Mamani Guela, el (la) secretario(a): Msc. Rose Adelina Gallata Bhura y los demás miembros: Dr. Mateo Alejandro Salinas Mena, Msc. Miguel Angel Salcedo Enriquez y el (la) asesor(a) Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Producción de biodiesel a partir de biorresiduos de aceites residuales en el Altiplano Peruano"

del(los) bachiller/es: a) Johan Fernando Paja Bautista
b) Maribel Chuquimamani Valencia
c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Johan Fernando Paja Bautista

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (b): Maribel Chuquimamani Valencia

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(7) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a
[Firma]
Asesor/a
[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Secretario/a
[Firma]
Miembro
Bachiller (c)

Dedicatoria

Primeramente, dedico a Dios por acompañarme en todo el camino y nunca dejarme
rendirme,

Dedico a mi mamá Magnolia Elena Bautista Colquehuanca que no estaba presente en mi
sustentación, pero sé que desde el cielo me cuida y me dio las bendiciones y la sabiduría para
no perderme en el camino,

Por último, dedico a mi papa, hermanos, primos y a toda mi familia cercana que siempre me
apoyo en este trayecto de mi vida.

Fernando Jhoan Paja Bautista

1 A Dios, mi roca eterna, por guiarme en cada paso de este viaje académica y darme fuerza para
perseverar. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento académico.

10 A mi valiente madre, Rita Valencia Mamani. Esta tesis es el resultado de tu amor, apoyo y
sacrificio en mi viaje educativo. Sus palabras de aliento, tu perseverancia y tu ejemplo
constante han sido mi inspiración, Mi fuente inagotable de fortaleza y amor en mi búsqueda de
conocimiento. Mi éxito académico es un reflejo de tu inquebrantable dedicación.

Maribel Chuquimamani Valencia

Índice

Dedicatoria.....	iii
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Abstract.....	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. METODOLOGÍA	11
2. Materiales y métodos	11
2.1. La materia prima	11
2.2. Transesterificación del aceite residual.....	12
2.3. Lavado del biodiésel	13
2.4. Secado del biodiésel.....	14
2.5. Prueba en motor el biodiesel A, B y el diésel.....	15
III. RESULTADOS.....	16
3.1. Calidad de diésel, biodiesel A y B según normativa vigente	16
3.1.1. Poder calorífico	17
3.1.2. Densidad	17
3.1.3. Viscosidad cinemática a 40°C.....	17
3.1.4. Punto de inflamación	17
3.1.5. Corrosión de lámina de cobre 3h. 50°C	17
3.2. Comportamiento de emisiones CO, CO ₂ , PM ₁ , PM _{2.5} y PM ₁₀ del biodiesel A, B y diésel comercial.....	17
3.2.1. Monitoreo del biodiesel A.....	18
3.2.2. Monitoreo del biodiesel B.....	21
3.2.3. Monitoreo del diésel comercial	24
3.3. Costos probables de biodiesel a base de biorresiduos de aceites residuales.	27
IV. DISCUSIÓN	27
V. CONCLUSIÓN.....	29
Referencias bibliográficas	30

Índice de tablas

Tabla 1. Comparación de resultandos de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos del biodiesel A, B y diésel comercial.	16
Tabla 2. Resultado de la estadística del monitoreo de biodiesel "A"	20

Tabla 3. Resultado de la estadística del monitoreo de biodiesel "B"23

Tabla 4. Resultado de la estadística del monitoreo de diésel comercial26

Índice de figuras

Figura 1. Recolección de la materia prima 12

Figura 2. Separación del biodiesel 13

Figura 3. Lavado del biodiesel..... 14

Figura 4. Lavado del biodiesel..... 15

Figura 5. Motor de tipo FD186NFAE**Error! Bookmark not defined.**

Figura 6. Comportamiento de CO y CO ₂	18
Figura 7. Comportamiento de partículas PM ₁ , PM _{2.5} y PM ₁₀	19
Figura 8. Comportamiento de CO y CO ₂	21
Figura 9. Comportamiento de PM ₁ , PM _{2.5} y PM ₁₀	22
Figura 10. Comportamiento de CO y CO ₂	24
Figura 11. Comportamiento de PM ₁ , PM _{2.5} y PM ₁₀	25

Resumen

La inadecuada disposición de aceites residuales de cocina, muchas veces vertidos directamente al alcantarillado que genera impactos ambientales como la contaminación ambiental, contaminación del agua y el deterioro de las infraestructuras de saneamiento. Frente a esta problemática, su aprovechamiento como materia prima para la producción de biodiesel constituye una alternativa sostenible. El objetivo de este estudio fue producir y evaluar biodiesel a partir de aceites residuales procedentes del altiplano peruano, diferenciado entre aceites claros, con menor tiempo de cocción y aceites oscuros reutilizados durante varios días. Mediante el proceso de transesterificación con etanol e hidróxido de sodio, seguido de etapas de decantación en las peras, lavado y secado, se obtuvo un biocombustible que fue posteriormente caracterizado en el laboratorio. Los análisis mostraron que el biodiesel claro alcanzo un poder calorífico 42.632 KJ/Kg, densidad de 0.87 g/cm³, viscosidad cinemática 28.16 cSt y punto de inflamación de 112.5°C, mientras que el biodiesel oscuro presento 41.896 KJ/Kg, densidad de 0.88 g/c m³, viscosidad cinemática de 25 cSt y punto de inflamación 110°C. Ambos tipos de biodiesel lograron rendimientos superiores al 94% y propiedades acordes a los entandares internacionales, evidenciando su viabilidad técnica y económica. En conclusión, la producción de biodiesel a partir de aceites residuales no solo representa una opción energética y renovable y de bajo costo, sino incluye también contribuye a la valorización de residuos, la auto eficiencia energética y la mitigación del cambio climático, proviniendo la transición hacia una economía circular en contextos urbanos y altiplánicos.

Palabras clave: biodiesel, aceite vegetal usado, transesterificación, reaprovechamiento, etanol, hidróxido de sodio.

Abstract

The improper disposal of used cooking oils, often poured directly into sewers, generates environmental impacts such as air pollution, water contamination, and damage to sanitation infrastructure. Faced with this problem, their use as a raw material for biodiesel production offers a sustainable alternative. The objective of this study was to produce and evaluate biodiesel from used cooking oils from the Peruvian highlands, differentiating between light oils, with shorter cooking times, and dark oils reused for several days. Through a transesterification process with ethanol and sodium hydroxide, followed by decantation in pear-shaped containers, washing, and drying, a biofuel was obtained and subsequently characterized in the laboratory. The analyses showed that the light biodiesel achieved a calorific value of 42,632 kJ/kg, a density of 0.87 g/cm³, a kinematic viscosity of 28.16 cSt, and a flash point of 112.5°C, while the dark biodiesel presented 41,896 kJ/kg, a density of 0.88 g/cm³, a kinematic viscosity of 25 cSt, and a flash point of 110°C. Both types of biodiesel achieved yields exceeding 94% and properties in accordance with international standards, demonstrating their technical and economic viability. In conclusion, the production of biodiesel from waste oils not only represents a low-cost, renewable energy option, but also contributes to waste valorization, energy self-sufficiency, and climate change mitigation, facilitating the transition to a circular economy in urban and highland contexts.

Keywords: Biodiesel, used vegetable oil, transesterification, ethanol, reuse, sodium hydroxide.

I. INTRODUCCIÓN

El aceite de cocina usado es un residuo de alto riesgo ambiental que no se gestiona correctamente que provoca obstrucción de drenajes y contaminación de agua y suelos (Kant et al., 2021). Se genera principalmente en zonas urbanas, en hogares, restaurantes y fábricas de alimentos, al perder sus propiedades frecuentemente se desecha en alcantarillado que afecta suelos, aguas y aumentando la complejidad y costos en plantas de tratamiento (Luis & Salvador, 2023). Para disminuir el impacto ambiental del sector energético optan en diversos países las políticas que fomentan la producción y el uso del biodiésel, buscando así fortalecer la autosuficiencia energética y reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero, este biocombustible promovido como una opción limpia y renovable frente a los combustibles fósiles, ha visto un crecimiento notable en su demanda (Shehhi et al., 2025). De acuerdo con la revista estadística de la energía mundial, el consumo mundial de biodiésel aumentó un 132% entre 2010 y 2020, evidenciando una tendencia firme hacia fuentes energéticas más sostenibles (Bañ et al., 2021).

Por lo tanto las sustancias combustibles ya sea en estado líquido, sólido o gaseoso, que se obtienen a partir de la transformación de biomasa, por ejemplo los más comunes se encuentran el bioetanol que esta derivado de cultivos como el maíz o la caña de azúcar; el biogás, generado por la descomposición anaerobia de residuos orgánicos y el biodiésel producido a partir de aceites vegetales o grasas animales (Boly & Sanou, 2022). A su vez, la creciente demanda global de electricidad está impulsada por el desarrollo económico, el aumento poblacional y los avances tecnológicos (Gupta & Singh, 2025). Actualmente, los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente de generación energética que representa el 80% del consumo total de este porcentaje, el petróleo aporta el 40%, seguido por el gas natural y el carbón, con un 30% cada uno, el 20% restante proviene de fuentes renovables, incluyendo energía nuclear (5%), hidroeléctrica (5%) y otras fuentes como solar y alternativas, sin embargo, la quema de combustibles fósiles aumenta las emisiones que agravan el calentamiento global, el cambio climático y la contaminación ambiental (Gupta & Singh, 2025).

Según datos de EE. UU, el consumo global de energía presenta un crecimiento anual del 1.6% (Daimary et al., 2022). El incremento en la demanda de petróleo y el consecuente aumento en los precios del combustible han impulsado la investigación de fuentes alternativas renovables para motores diésel. Además, el biodiésel ofrece mayores niveles de seguridad en su transporte,

manipulación, distribución y almacenamiento, debido a su punto de inflamación elevado (entre 100 y 170 °C), superior al del diésel convencional (60-80 °C) (Neupane, 2023).

A nivel sectorial el transporte es el principal consumidor energético y emisor de contaminantes (Al-rawashdeh et al., 2022). Los motores diésel ampliamente usados en esta industria, son valorados por emitir menos hidrocarburos y ofrecer mayor eficiencia y menores costos de mantenimiento. El uso de combustibles alternativos en motores diésel contribuye a la seguridad energética y sostenibilidad ambiental reduciendo en un 15% las emisiones de gases de efecto invernadero (Viswanathan et al., 2020). Diversos estudios abordan métodos para mejorar las propiedades del combustible, el diseño del sistema de combustión y el tratamiento de gases, con el objetivo de optimizar el rendimiento y reducir las emisiones en motores diésel. Por ende la producción de biodiésel a partir de aceites de cocina usados mediante transesterificación ofrece una alternativa sostenible y económica para motores diésel, que reduce residuos y emisiones contaminantes. Este biodiésel de calidad aceptable puede utilizarse en motores convencionales sin modificaciones significativas en el sistema de combustión (Salak et al., 2021)

II. METODOLOGÍA

2. Materiales y métodos

2.1. La materia prima

El uso de aceite de cocina residual se presenta como una opción viable para la obtención de biodiésel, ya que permite aprovechar un recurso de desecho sin competir con la disponibilidad de aceites vegetales destinados al consumo humano. Además, este insumo es accesible y de bajo costo (Kant et al., 2021). Para este estudio, se recolectaron dos tipos de aceite residual provenientes de diferentes establecimientos de pollería. A simple vista, uno de ellos presenta una coloración más oscura (Fig. B), mientras que el otro muestra un tono más claro (Fig. A). Esta diferencia visual se atribuye principalmente al tiempo de uso: el aceite de tono más claro estuvo expuesto a un menor tiempo de cocción en contraste con el aceite oscuro que estuvo sometido a un uso prolongado.

Figura 1

Recolección de aceites residuales proveniente de pollerías

**A****B****2.2. Transesterificación del aceite residual**

El biodiésel es un combustible ecológico producido a partir de fuentes lipídicas sostenibles como grasas animales y vegetales, mediante transesterificación (Kumar & Prasad, 2018). En esta reacción, los triglicéridos se transforman en ésteres metílicos y glicerina, resultando en un combustible que reduce emisiones contaminantes y promueve un sistema energético más sostenible (Masera & Hossain, 2023).

Durante el proceso, se utilizó 1 litro de aceite para cada muestra (claro y oscuro), junto con 20 gramos de hidróxido de sodio (NaOH) como catalizador y 2 litros de etanol como alcohol reactivo, condiciones que aseguraron una adecuada reacción. Tras la transesterificación, las mezclas reposaron 24 horas en peras de decantación de 500 ml (Marca EURO LAB) para separar biodiésel y glicerina. El aceite claro produjo aproximadamente 945.5 ml de biodiésel (94.55% de rendimiento) y 54.5 ml de glicerina (5.45%), mientras que el aceite oscuro generó 946.77 ml de biodiésel (94.68%) y 53.25 ml de glicerina (5.32%). Estos resultados demuestran que ambos aceites permiten obtener altos rendimientos con diferencias mínimas en subproductos.

Figura 2**Separación del biodiesel****A****B****2.3. Lavado del biodiésel**

Para separar eficazmente la glicerina del biodiésel se incorporó agua destilada en una proporción del 20% al 30% del volumen total, facilitando la eliminación de impurezas y mejorando la calidad del producto (Chozhavendhan et al., 2020). Tras una agitación suave de aproximadamente 3 minutos, se dejó reposar la mezcla por unos veinte minutos hasta lograr una clara separación de fases evidenciando la eliminación de glicerina y otras impurezas (Thomas et al., 2021). Después de la transesterificación se lavó el biodiésel obtenido con ambos tipos de aceite usando adiciones controladas de agua destilada. Este lavado se repitió hasta que la fase acuosa inferior fue totalmente clara y transparente, indicando una purificación adecuada del biocombustible.

Figura 3

Lavado del biodiesel



A



B

2.4. Secado del biodiésel

El biodiésel se calentó hasta 95 °C en una placa térmica (Branco et al., 2026), para asegurar la evaporación completa del agua residual, garantizando así su pureza (Mollenido, 2018). Tras retirar el recipiente de la fuente de calor el biodiésel se enfrió a temperatura ambiente y luego se filtró para eliminar partículas remanentes. Finalmente, se almacenó en envases adecuados para su uso posterior (Kukushkin et al., 2020).

Para el secado, se utilizó un vaso precipitado PYREX, resistente hasta 300 °C, y el proceso se realizó a 90 °C con control de temperatura mediante termómetro, asegurando la eliminación total del agua sin afectar la calidad del biodiésel.

Figura 4

Lavado del biodiesel



A



B

2.5. Prueba en motor el biodiesel A, B y el diésel.

Se tomaron dos muestras de biodiesel producido y el diésel comercial para probar en el motor de FD186NFAE

Figura 5

Motor de tipo FD186NFAE



III. RESULTADOS

3.1. Calidad de diésel, biodiesel A y B según normativa vigente

Una vez obtenido los resultados se hizo una comparación con la normativa vigente

Tabla 1

Resultandos de laboratorio de los parámetros fisicoquímico del biodiesel: A, B y diésel comercial.

Parámetro	Biodiesel (A)	Biodiesel (B)	Diésel	Norma en 14214:2014 (Biodiesel)	NTP 399.014.2011 (diésel comercial)
Poder calorífico (kJ/kg)	42.632	41.896	42.800	37.000–40.000	≥ 42.5
Densidad (g/cm ³)	0.87	0.88	0.84	0.86–0.90	0.82 – 0.86
Viscosidad cinemática (cSt)	28.16	25	3	3.5–5	≥ 2.5 A 3.5
Punto de inflamación (°C)	112.5	110	60	≥ 120	≥ 55
Corrosión en cobre 3h. 50°C	Cumple	Cumple	Cumple	No debe corroer	No debe corroer

Norma EN 14214. Norma europea que establece los requisitos de calidad de biodiesel, asegurándose eficiencia, compatibilidad con motores diésel y seguridad.

Según la NTP 399, norma técnica peruana para biodiesel que fija la densidad, viscosidad, poder calorífico y punto de inflamación garantizando su uso seguro y estándar internacional

NTP 399.014.2012 Norma técnica peruana para diésel comercial define propiedades como densidad, viscosidad y poder calorífico, punto de inflamación, asegurándose eficiencia y compatibilidad con motores

3.1.1. Poder calorífico

El biodiesel (A) presenta un poder calorífico de 42.632 KJ/Kg y el biodiesel (B) de 41.896 KJ/Kg, valores superiores al rango recomendado por la norma EN 14213:2014 (37.000-40.000 KJ/Kg). Esto indica que ambos biodiesel tienen un contenido energético adecuado para motores modernos, aunque ligeramente encima del límite máximo, lo cual puede afectar la eficiencia de combustión.

3.1.2. Densidad

El biodiesel (A) 0.87 g/cm³ y el biodiesel (B) 0.88 g/cm³, se encuentra dentro del rango establecido por EN 14214:2014 (0.86-0.90 g/cm³), cumpliendo así con la normativa y asegurando compatibilidad con sistemas de inyección de combustible y medición precisa.

3.1.3. Viscosidad cinemática a 40°C

La viscosidad cinemática es uno de los parámetros donde se aprecian mayores diferencias. El biodiesel (A) presenta 28.26 cSt y el biodiesel (B) 25 cSt, valores que superan ampliamente al rango normativo (3.5- 5 cSt). Esta alta viscosidad puede ocasionar problemas de flujo, atomización deficiente y depósito de inyectores del motor.

3.1.4. Punto de inflamación

El biodiesel (A) (112.5°C) y el biodiesel (B) (110°C) muestran los valores por debajo del mínimo exigido por la normativa (>120°C). Esto implica un riesgo mayor en términos de seguridad, ya que un menor punto de inflamación incrementa la facilidad de ignición accidental durante el almacenamiento y manipulación.

3.1.5. Corrosión de lámina de cobre 3h. 50°C

Tanto el biodiesel (A) y (B) cumplieron con la prueba de corrosión de láminas de cobre a 3h.50°C sin corrosión visible. Esto confirma la ausencia de compuestos corrosivos en ambas muestras. En consecuencia, los 2 biodiesel muestran buena estabilidad química y compatibilidad con sistemas metálicos de motores y almacenamiento.

3.2. Comportamiento de emisiones CO, CO₂, PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀ del biodiesel A, B y diésel comercial

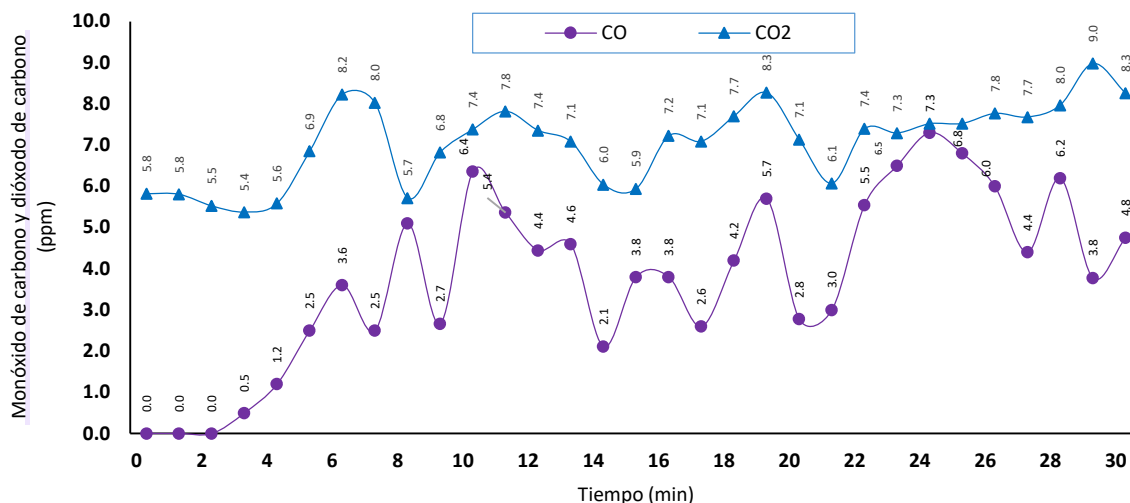
Se realizó un monitoreo de emisiones gaseosas en el altiplano peruano de producción de biodiesel a partir de aceite residual, abarcando dos tipos de biodiesel: A y B. Durante estos monitoreos de las emisiones de gases se evaluaron el comportamiento de cada tipo de biodiesel producido y diésel comercial.

3.2.1. Monitoreo del biodiesel A

Para el biodiesel A, el monitoreo se llevó a cabo el 11 de agosto de 2025, registrando los valores de cada muestra que fueron promediados y luego graficar para su análisis de la muestra del biodiesel A, desde: 14:05pm – 14:35pm, la muestra de monitoreo está completando un periodo de 30 minutos aproximadamente. Tomando los datos en cada minuto.

3.2.1.1. Comportamiento de CO y CO₂ del biodiesel A

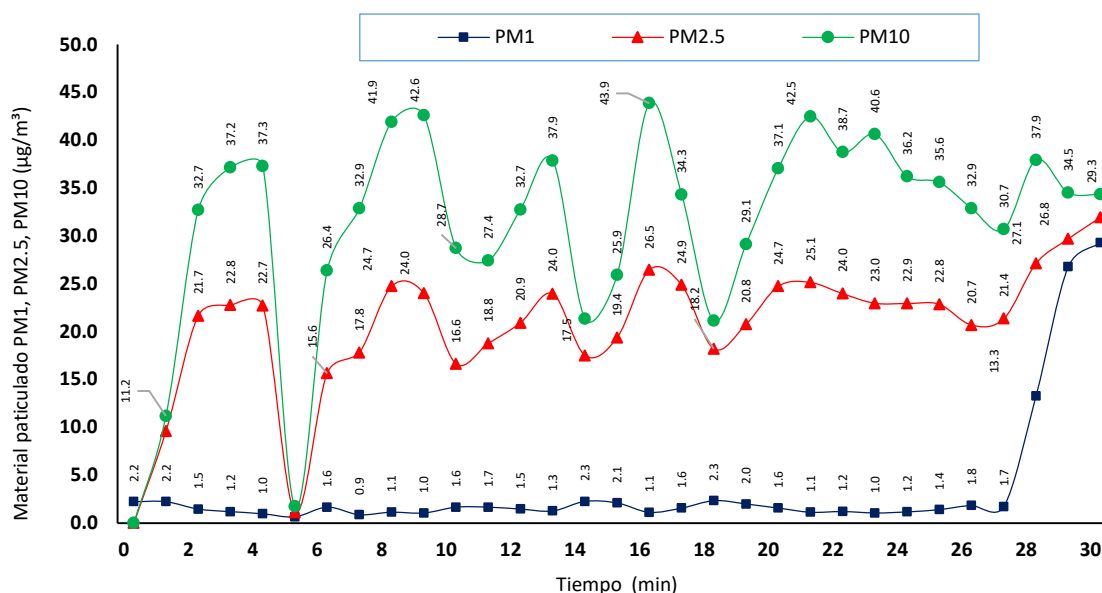
Figura 6. Comportamiento de CO y CO₂



El comportamiento de las emisiones de monóxido de carbono (CO), representado en la Figura 7, muestra variaciones considerables a lo largo del periodo de medición. Inicialmente, las concentraciones llega alrededor de 4.8 ppm en general, con baja concentración la mayor parte del tiempo, como también se observan picos puntuales hasta 14 ppm en minutos alrededor de 8.14 y 25 minutos. Y en bajos, los valores mínimos cercanos a 0 a 2ppm está en las primeras partes del monitoreo entre 0 a 5 minutos, indicando una combustión más limpia al inicio. En cambio, el dióxido de carbono (CO₂) esta con un promedio de 7.4ppm, también en picos se elevó cerca de 9.0ppm en los minutos 6 y 14. En bajadas, los descensos ligeros de 5.5 ppm entre en los primeros minutos.

3.2.1.2. Comportamiento de PM_1 , $PM_{2.5}$ y PM_{10} del biodiesel A

Figura 7. Comportamiento de partículas PM_1 , $PM_{2.5}$ y PM_{10}



La Figura 8 muestra las emisiones de PM_1 , $PM_{2.5}$ y PM_{10} . Las emisiones PM_1 los valores se mantuvieron en rangos bajos, evidenciando un control adecuado de las emisiones de partículas muy pequeñas durante la combustión, la mayoría del tiempo las concentraciones estuvieron por debajo de los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En cambio el $PM_{2.5}$ se situó con promedio $22.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y con picos altos llegaron a $29.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en caso de nivel bajo está en $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las partículas más gruesas PM_{10} también presentan variaciones, pero la mayor parte del tiempo se mantiene bajos en promedio. Los valores máximos alcanzaron su punto más alto en minutos aislados, sin superar el umbral de $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de esta manera la emisión moderada de partículas gruesas. Los valores mínimos, por su parte, se observaron en los primeros diez minutos y en los últimos intervalos, señalando una reducción temporal en las emisiones de estas partículas.

Tabla 2

Resultado de la estadística del monitoreo de biodiesel "A"

Tiempo	Muestra 1 : Biodiesel "A"				
	CO	CO ₂	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₁₀
00:01	0.0±0.0 ^A	5.8±0.1 ^{ABC}	0.1±0.0 ^A	0.02±0.0 ^A	0.02±0.0 ^A
00:02	0.0±0.0 ^A	5.5±0.1 ^A	0.09±8.1 ^A	0.01±0.01 ^A	0.1±0.01 ^A
00:03	0.5±1.0 ^{AB}	5.4±0.1 ^A	0.06±0.1 ^A	0.01±0.01 ^A	0.01±0.01 ^A
00:04	1.0±0.9 ^{ABC}	5.7±0.6 ^A	21.9±11 ^{ABC}	10.8±7.2 ^{ABC}	12.7±9.2 ^{ABC}
00:05	2.4±0.8 ^{BCDEF}	6.7±0.8 ^{BCDEF}	16.3±5.5 ^{BC}	20.6±4.8 ^D	29.5±9.8 ^{BCD}
00:06	3.4±0.7 ^{BCDEF}	8.2±0.3 ^{JKL}	11.8±2.9 ^{ABC}	23.2±2.3 ^D	37.9±7.7 ^D
00:07	3.2±1.0 ^{BCDF}	8.0±0.1 ^{HIJKL}	11.0±1.6 ^{ABC}	24.7±1.2 ^D	40.4±2.7 ^D
00:08	3.9±5.3 ^{BCDEF}	5.7±0.8 ^{AB}	4.3±10.2 ^{AB}	2.7±7.5 ^{AB}	4.5±12.8 ^{AB}
00:09	3.3±2.7 ^{BCDF}	6.8±0.1 ^{CDEFG}	19.7±11.9 ^{BC}	16.2±8.5 ^{CD}	27.4±18.4 ^{BCD}
00:10	6.6±0.8 ^{DEF}	7.4±0.2 ^{FGHIJK}	7.7±4.3 ^{ABC}	21.7±11.3 ^{BCD}	28.5±21.02 ^{BCD}
00:11	5.2±0.8 ^{BCDEF}	7.8±0.2 ^{GHIJK}	11.2±0.6 ^{ABC}	24.5±0.9 ^D	42.5±2.2 ^D
00:12	5.4±1.6 ^{BCDEF}	7.4±0.1 ^{FGHIJK}	10.6±0.8 ^{ABC}	24.2±0.6 ^D	42.2±2.7 ^D
00:13	4.1±2.2 ^{ABCDF}	7.1±0.2 ^{DEFGHIJ}	15.9±6.3 ^{BC}	17.4±5.8 ^{CD}	29.5±15.1 ^{BCD}
00:14	2.3±1.1 ^{ABCDE}	6.1±0.4 ^{ABCDE}	13.6±1.3 ^{ABC}	21.4±1.1 ^D	33.6±4.5 ^{CD}
00:15	3.6±0.9 ^{BCDEF}	5.7±0.3 ^{ABC}	18±5.9 ^{BC}	16.7±6.5 ^{CD}	24.8±11.2 ^{ABCD}
00:16	3.7±0.8 ^{BCDEF}	7.1±0.3 ^{DEFGH}	11±1.2 ^{ABC}	24.1±0.4 ^D	39.2±3.0 ^D
00:17	2.8±1.2 ^{ABCDEF}	7.1±0.2 ^{DEFGHI}	19.9±4.5 ^{BC}	19.4±3.3 ^{CD}	25.3±7.9 ^{ABCD}
00:18	3.7±1.1 ^{ABCDEF}	7.6±0.4 ^{FGHIJK}	22.2±4.5 ^C	18.5±3.6 ^{CD}	24.3±6.8 ^{ABCD}
00:19	6.0 ±0.8 ^{DEF}	8.2±0.2 ^{IJKL}	12.5±3.7 ^{ABC}	25.4±3.4 ^D	40.8±8.0 ^D
00:20	3.1±0.7 ^{ABCDEF}	7.4±1.0 ^{FGHIJK}	14.3±2.4 ^{ABC}	25.6±1.6 ^D	37±5.3 ^D
00:21	2.8±0.9 ^{ABCDEF}	6.1±0.4 ^{ABCD}	22.5±4.7 ^C	19.0±3.11 ^{CD}	22.3±4.7 ^{ABCD}
00:22	5.5±0.13 ^{CDEF}	7.4±0.1 ^{FGHIJK}	21.2±2.9 ^C	19.6±1.8 ^{CD}	26.2±3.6 ^{ABCD}
00:23	5.6±1.0 ^{CDEF}	7.3±0.7 ^{FGHIJK}	15.5±0.8 ^{ABC}	25.0±0.8 ^D	37.8±1.4 ^D
00:24	7.3±0.8 ^F	7.5±0.1 ^{FGHIJK}	12.3±3.2 ^{ABC}	24.9±1.8 ^D	41.0±6.4 ^D
00:25	6.9±1.7 ^{DEF}	7.5±0.1 ^{FGHIJK}	11.2±2.3 ^{ABC}	24.5±0.9 ^D	40.5±4.8 ^D
00:26	6.1±1.5 ^{DEF}	7.8±0.2 ^{FGHIJK}	10.8±3.1 ^{ABC}	22.9±1.1 ^D	40.1±5.9 ^D
00:27	5.2±1.5 ^{BCDEF}	7.7±0.2 ^{FGHIJK}	12.0±1.9 ^{ABC}	22.7±1.1 ^D	32.4±4.6 ^D
00:28	5.9±1.5 ^{CDEF}	7.7±0.4 ^{FGHIJK}	14.5±3.9 ^{ABC}	22.0±3.2 ^D	32.9±6.9 ^{CD}
00:29	4.4±1.2 ^{ABCDEF}	9.0±0.2 ^L	16.4±4.9 ^{BC}	21.7±3.6 ^D	31.2±9.7 ^{BCD}
00:30	4.5±0.5 ^{ABCDEF}	8.3±0.3 ^{KL}	18.2±4.6 ^{BC}	21.3±3.9 ^D	28.9±8.6 ^{BCD}

La Tabla 2 muestra los resultado de la estadística del CO y CO₂ PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀. Por lo cual el CO Inician muy bajos (letra A) y aumentan hasta tener un grupo diferente (letras D, E, F), reflejando cambios significativos en la emisión con el tiempo. Similar comportamiento se observa en los otros contaminantes. Y el CO₂ muestra diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tiempos de muestreo. Los niveles registrados variaron dentro de un rango de

aproximadamente 5.4% a 8.2%, con grupos estadísticos diferenciados (letras A, B, C, etc.), lo cual indica cambios reales en la concentración de dióxido de carbono conforme avanzaba la combustión.

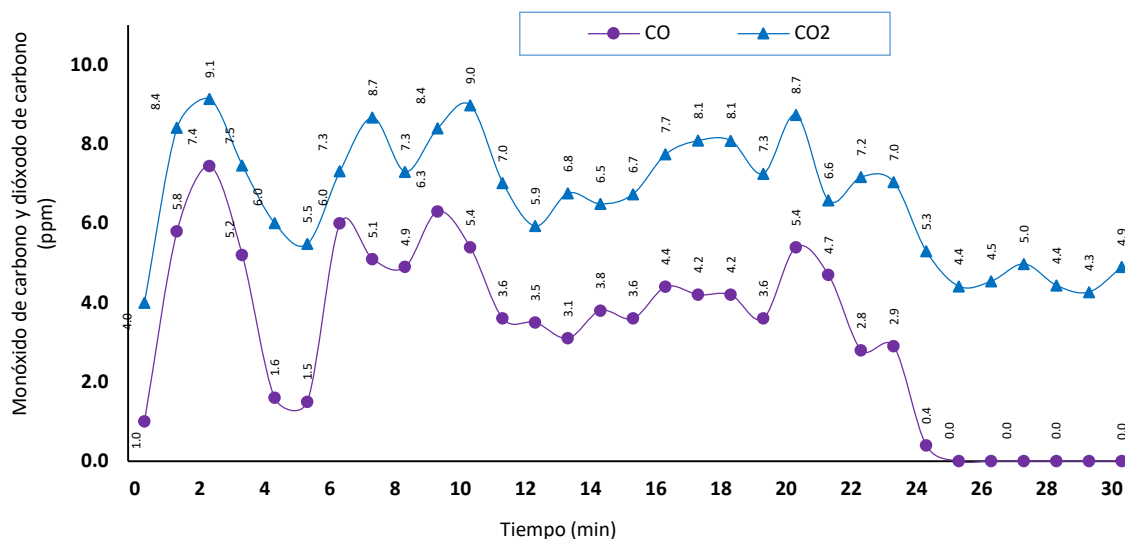
El PM_1 Presentó picos significativos de emisión con valores desde menos de $1 \mu g/m^3$ hasta más de $20 \mu g/m^3$. Como $PM_{2.5}$, también mostró aumentos y variaciones significativas, con valores que se extendieron de rangos muy bajos (ceranos a 0) a valores superiores a $24 \mu g/m^3$, indicando que las partículas finas respirables varían sustancialmente durante la operación con biodiesel claro. Y el PM_{10} Reflejó diferencias claras y estadísticas entre los tiempos de medición. Los valores variaron desde niveles mínimos hasta más de $40 \mu g/m^3$, mostrando una emisión no constante sino variable con cambios estadísticamente significativos a lo largo del tiempo.

3.2.2. Monitoreo del biodiesel B

En el caso del biodiesel B, el seguimiento se efectuó también el 11 de agosto de 2025, registrando los datos de la muestra del mismo biodiesel B, desde 11:34am y 11:47am, igualmente durante un periodo de media hora.

3.2.2.1. Comportamiento de CO y CO₂ del biodiesel B

Figura 8. Comportamiento de CO y CO₂

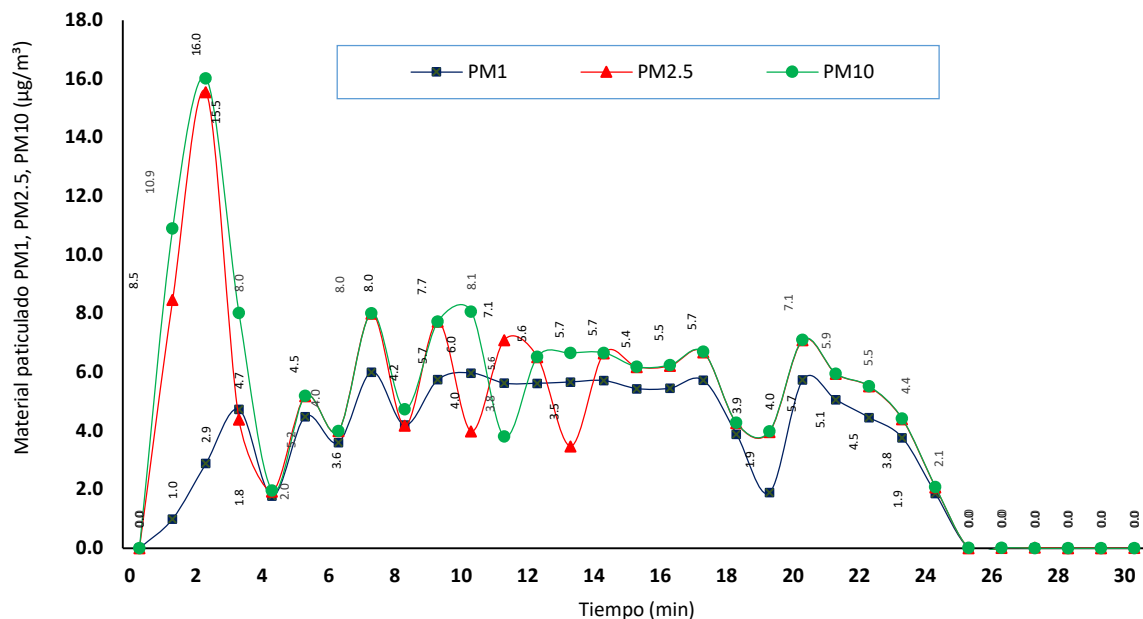


El comportamiento de monóxido de carbono (CO), muestra la concentración un promedio de 3.2 ppm que es más bajo que el biodiesel A, con picos altos hasta 9 ppm en minutos 6 y 15, con variación continua entre 1 y 5 ppm durante la mayor parte del período, con valores muy bajos

o cercanos a 0 ppm observados en los minutos iniciales y finales. Y en monitoreo del CO_2 , la concentración promedio se situó alrededor de 6.7ppm. Se observaron picos altos de emisión de CO_2 que alcanzaron valores entre 11.0 y 11.7ppm en los minutos comprendidos entre 6 y 12 del período de monitoreo. Posteriormente, durante el resto del tiempo la concentración de CO_2 fluctuó.

3.2.2.2. Comportamiento de PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} del biodiesel B

Figura 9. Comportamiento de PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10}



El comportamiento de las emisiones de PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} , representado en la Figura 10, el PM_{10} se observa el valor promedio de $6.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y los valores más altos se registraron en torno a los minutos 8, 14 y 20, con picos que alcanzaron entre 8 y $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en caso de los valores mínimos se observaron alrededor de los minutos y finales del monitoreo, reflejando fluctuaciones moderadas durante la prueba. El $\text{PM}_{2.5}$ está en promedio $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con picos altos que superan los $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los minutos 6 y 15, los valores bajos ocurrieron también en los minutos iniciales y finales. Por último el PM_{10} la concentración promedio esta aproximadamente $8.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y los picos altos está alcanzando hasta $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se observaron en minutos similares a los de $\text{PM}_{2.5}$ especialmente entre los minutos 7 y 1, en caso de los valores bajos esta alrededor de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que se registraron en los comienzos y al final del monitoreo.

Tabla 3

Resultado de la estadística del monitoreo de biodiesel "B"

TIEMPO	MUESTRA 1 Biodiesel "B"				
	CO	CO ₂	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₁₀
00:01	0.0±0.0 ^{JK}	5.8±0.1 ^L	0.1±0.0 ^{AB}	0.02±0.0 ^E	0.02±0.0 ^E
00:02	0.0±0.0 ^K	5.5±0.1 ^L	0.09±8.1 ^{CDE}	0.01±0.01 ^F	0.1±0.01 ^F
00:03	0.5±10 ^{GHIJ}	5.4±0.1 ^{IJKL}	0.06±0.1 ^{EFGHIJ}	0.01±0.01 ^{DE}	0.01±0.01 ^{DE}
00:04	1.0±0.9 ^{ABCD}	5.7±0.6 ^{ABCDEF}	21.9±11 ^{BCD}	10.8±7.2 ^{ABC}	12.7±9.2 ^{ABC}
00:05	2.4±0.8 ^{ABC}	6.7±0.8 ^{ABCDEF}	16.3±5.5 ^{EFGHIJ}	20.6±4.8 ^{BCD}	29.5±9.8 ^{CD}
00:06	3.4±0.7 ^{JK}	8.2±0.3 ^{HIJKL}	11.8±2.9 ^{DEFGHI}	23.2±2.3 ^{BCD}	37.9±7.7 ^{ABCD}
00:07	3.2±1.0 ^{GHIJ}	8.0±0.1 ^{JKL}	11.0±1.6 ^J	24.7±1.2 ^{DE}	40.4±2.7 ^{DE}
00:08	3.9±5.3 ^{HIJ}	5.7±0.8 ^{GHIJKL}	4.3±10.2 ^{EFGHIJ}	2.7±7.5 ^{BCD}	4.5±12.8 ^{BCD}
00:09	3.3±2.7 ^{JK}	6.8±0.1 ^{JKL}	19.7±11.9 ^J	16.2±8.5 ^{DE}	27.4±18.4 ^{DE}
00:10	6.6±0.8 ^{HIJ}	7.4±0.2 ^L	7.7±4.3 ^J	21.7±11.3 ^{DE}	28.5±21.02 ^{DE}
00:11	5.2±0.8 ^{DEFGHI}	7.8±0.2 ^{EFGHIJ}	11.2±0.6 ^{HIJ}	24.5±0.9 ^{DE}	42.5±2.2 ^{DE}
00:12	5.4±1.6 ^{DEFGH}	7.4±0.1 ^{BCDEFGH}	10.6±0.8 ^{HIJ}	24.2±0.6 ^{CDE}	42.2±2.7 ^{CDE}
00:13	4.1±2.2 ^{CDEFG}	7.1±0.2 ^{DEFGHIJ}	15.9±6.3 ^{HIJ}	17.4±5.8 ^{DE}	29.5±15.1 ^{CDE}
00:14	2.3±1.1 ^{EFGHI}	6.1±0.4 ^{CDEFGHI}	13.6±1.3 ^{HIJ}	21.4±1.1 ^{DE}	33.6±4.5 ^{CDE}
00:15	3.6±0.9 ^{EFGHI}	5.7±0.3 ^{DEFGHIJ}	18±5.9 ^{GHIJ}	16.7±6.5 ^{BCDE}	24.8±11.2 ^{CD}
00:16	3.7±0.8 ^{EFGHI}	7.1±0.3 ^{HIJKL}	11±1.2 ^{GHIJ}	24.1±0.4 ^{BCDE}	39.2±3.0 ^{CD}
00:17	2.8±1.2 ^{EFGHI}	7.1±0.2 ^{IJKL}	19.9±4.5 ^{IJ}	19.4±3.3 ^{DE}	25.3±7.9 ^{CDE}
00:18	3.7±1.1 ^{EFGHI}	7.6±0.4 ^{IJKL}	22.2±4.5 ^{DEFGH}	18.5±3.6 ^{BCD}	24.3±6.8 ^{ABCD}
00:19	6.0 ±0.8 ^{EFGHI}	8.2±0.2 ^{FGHIJKL}	12.5±3.7 ^{CDEF}	25.4±3.4 ^{ABCD}	40.8±8.0 ^{ABCD}
00:20	3.1±0.7 ^{IJK}	7.4±1.0 ^{KL}	14.3±2.4 ^{IJ}	25.6±1.6 ^{DE}	37±5.3 ^{DE}
00:21	2.8±0.9 ^{FGHIJ}	6.1±0.4 ^{CDEFGHI}	22.5±4.7 ^{FGHIJ}	19.0±3.11 ^{BCDE}	22.3±4.7 ^{CD}
00:22	5.5±01.3 ^{BCDE}	7.4±0.1 ^{FGHIJKL}	21.2±2.9 ^{EFGHIJ}	19.6±1.8 ^{BCDE}	26.2±3.6 ^{CD}
00:23	5.6±1.0 ^{CDEF}	7.3±0.7 ^{EFGHIJK}	15.5±0.8 ^{DEFG}	25.0±0.8 ^{BCD}	37.8±1.4 ^{ABCD}
00:24	7.3±0.8 ^A	7.5±0.1 ^{ABCDE}	12.3±3.2 ^{BC}	24.9±1.8 ^{AB}	41.0±6.4 ^{ABC}
00:25	6.9±1.7 ^A	7.5±0.1 ^{AB}	11.2±2.3 ^A	24.5±0.9 ^A	40.5±4.8 ^A
00:26	6.1±1.5 ^A	7.8±0.2 ^{AB}	10.8±3.1 ^A	22.9±1.1 ^A	40.1±5.9 ^A
00:27	5.2±1.5 ^A	7.7±0.2 ^{ABC}	12.0±1.9 ^A	22.7±1.1 ^A	32.4±4.6 ^{AB}
00:28	5.9±1.5 ^A	7.7±0.4 ^{AB}	14.5±3.9 ^A	22.0±3.2 ^A	32.9±6.9 ^A
00:29	4.4±1.2 ^A	9.0±0.2 ^{AB}	16.4±4.9 ^A	21.7±3.6 ^A	31.2±9.7 ^A
00:30	4.5±0.5 ^A	8.3±0.3 ^{ABCD}	18.2±4.6 ^A	21.3±3.9 ^A	28.9±8.6 ^A

En la tabla 3, muestra el CO un incremento significativo desde niveles cercanos a 0 ppm en minutos iniciales hasta valores máximos sobre 6 ppm, con grupos estadísticos diferenciados esto indica que la combustión generó variaciones apreciables en la emisión de CO en el tiempo. El CO₂ Varió entre aproximadamente 5.4% y 8.2% con fluctuaciones estadísticamente significativas en distintos tiempos, lo que refleja cambios reales en la intensidad y eficiencia de

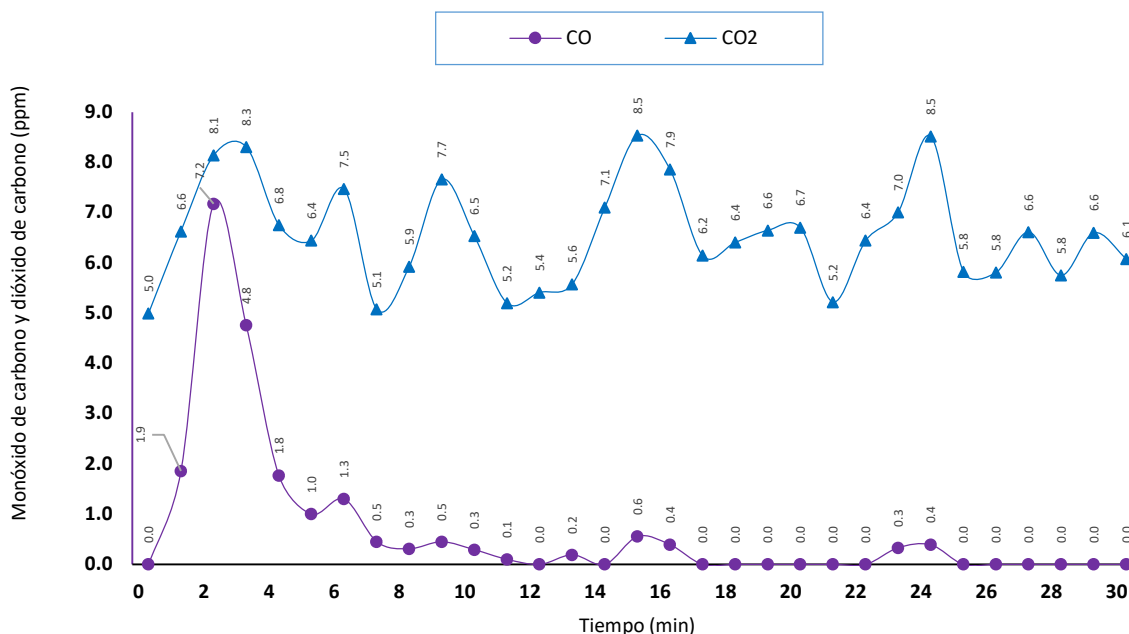
la combustión del biodiesel B. Y el PM_1 mostraron picos destacados y diferencias significativas con concentraciones desde valores muy bajos hasta $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, evidenciando variabilidad notable. Y el $PM_{2.5}$ mostró un comportamiento similar, con variaciones estadísticamente relevantes y valores que alcanzaron niveles superiores a $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ciertos momentos. Y finalmente PM_{10} también experimentó fluctuaciones importantes, llegando a concentraciones máximas alrededor de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una distribución estadística que comprueba diferencias significativas durante el muestreo.

3.2.3. Monitoreo del diésel comercial

Finalmente, el biodiesel fue monitoreado el 20 de agosto de 2025, desde 10:39am – 11:09am, cada muestra se va completando también un lapso de 30 minutos.

3.2.3.1. Comportamiento de CO y CO₂ del diésel comercial

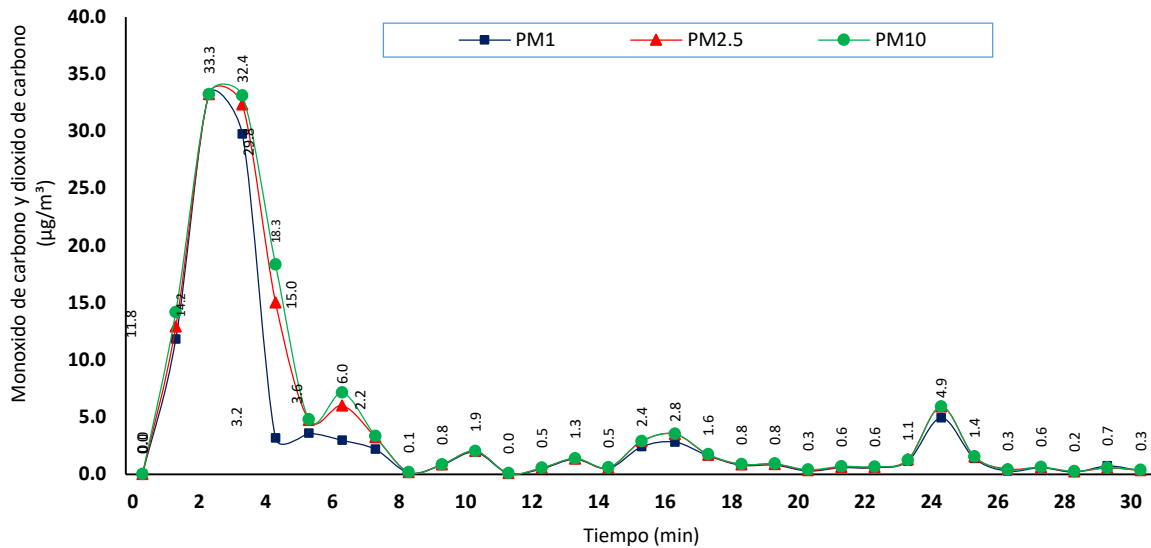
Figura 10. Comportamiento de CO y CO₂



El monóxido de carbono (CO), está en rango a 0-0.3 ppm en su mayoría, esto indica valores sustancialmente bajos. Y los picos alcanzo máximo cerca de 10 ppm en minutos 2 y 3, bajando rápidamente. Como también indica que la gran mayoría del monitoreo del CO está casi nulo, indicando óptima combustión. Es caso del dióxido de carbono (CO₂) Indica que el promedio esta moderado y establece esta alrededor de 7ppm. Y los picos altos llegaron hasta 12ppm en minutos 1 a 4.

3.2.3.2. Comportamiento de PM_1 , $PM_{2.5}$ y PM_{10}

Figura 11. Comportamiento de PM_1 , $PM_{2.5}$ y PM_{10}



La Figura 12 muestra las emisiones de PM_1 , $PM_{2.5}$ y PM_{10} , las cuales el PM_1 fue alrededor de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con valores mínimos cercanos a $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los primeros minutos y hacia el final del período monitoreado, y los picos más altos de PM_1 alcanzaron aproximadamente $33.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al principio, observándose principalmente en los minutos de 1 y 3, en caso de mediana se situó cerca de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indicando una concentración moderada de partículas ultrafinas en general. El cambio $PM_{2.5}$ las concentraciones promedio de se ubicaron cerca de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con valores bajos en rangos de 0.5 a $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los momentos iniciales y finales del monitoreo, como también se obtuvo picos máximos que alcanzaron hasta $33.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ solo al comienzo del monitoreo y la mediana estuvo entre 4 y $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Y el PM_{10} esta con la concentración promedio de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y los niveles bajos está a $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que se registraron en los primeros minutos del monitoreo, mientras que los máximos de PM_{10} llegaron hasta alrededor de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en minutos 2 y 4, la mediana se mantuvo cerca de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que sugiere un rango moderado y estable a lo largo del monitoreo.

Tabla 4

Resultado de la estadística del monitoreo de diésel comercial

TIEMPO	MUESTRA 1 Diésel comercial				
	CO	CO ₂	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₁₀
00:01	0.0±0.0 ^{CD}	5.8±0.1 ^{BCDE}	0.1±0.0 ^B	0.02±0.0 ^{BC}	0.02±0.0 ^{BC}
00:02	0.0±0.0 ^D	5.5±0.1 ^{EF}	0.09±8.1 ^C	0.01±0.01 ^D	0.1±0.01 ^D
00:03	0.5±1.0 ^C	5.4±0.1 ^{EF}	0.06±0.1 ^C	0.01±0.01 ^D	0.01±0.01 ^D
00:04	1.0±0.9 ^B	5.7±0.6 ^{BCDE}	21.9±11 ^A	10.8±7.2 ^C	12.7±9.2 ^C
00:05	2.4±0.8 ^{AB}	6.7±0.8 ^{BCDE}	16.3±5.5 ^{AB}	20.6±4.8 ^{AB}	29.5±9.8 ^{AB}
00:06	3.4±0.7 ^{AB}	8.2±0.3 ^{CDEF}	11.8±2.9 ^A	23.2±2.3 ^{AB}	37.9±7.7 ^{AB}
00:07	3.2±1.0 ^{AB}	8.0±0.1 ^{AB}	11.0±1.6 ^A	24.7±1.2 ^{AB}	40.4±2.7 ^A
00:08	3.9±5.3 ^{AB}	5.7±0.8 ^{AB}	4.3±10.2 ^A	2.7±7.5 ^A	4.5±12.8 ^A
00:09	3.3±2.7 ^{AB}	6.8±0.1 ^{CDEF}	19.7±11.9 ^A	16.2±8.5 ^A	27.4±18.4 ^A
00:10	6.6±0.8 ^{AB}	7.4±0.2 ^{BCDE}	7.7±4.3 ^A	21.7±11.3 ^A	28.5±21.02 ^A
00:11	5.2±0.8 ^{AB}	7.8±0.2 ^{AB}	11.2±0.6 ^A	24.5±0.9 ^A	42.5±2.2 ^A
00:12	5.4±1.6 ^{AB}	7.4±0.1 ^{AB}	10.6±0.8 ^A	24.2±0.6 ^A	42.2±2.7 ^A
00:13	4.1±2.2 ^{AB}	7.1±0.2 ^{AB}	15.9±6.3 ^A	17.4±5.8 ^A	29.5±15.1 ^A
00:14	2.3±1.1 ^{AB}	6.1±0.4 ^{BCDE}	13.6±1.3 ^A	21.4±1.1 ^A	33.6±4.5 ^A
00:15	3.6±0.9 ^{AB}	5.7±0.3 ^{EF}	18±5.9 ^A	16.7±6.5 ^A	24.8±11.2 ^A
00:16	3.7±0.8 ^{AB}	7.1±0.3 ^{DEF}	11±1.2 ^A	24.1±0.4 ^A	39.2±3.0 ^A
00:17	2.8±1.2 ^{AB}	7.1±0.2 ^{ABCD}	19.9±4.5 ^A	19.4±3.3 ^A	25.3±7.9 ^A
00:18	3.7±1.1 ^{AB}	7.6±0.4 ^{ABC}	22.2±4.5 ^A	18.5±3.6 ^A	24.3±6.8 ^A
00:19	6.0 ±0.8 ^{AB}	8.2±0.2 ^{BCDE}	12.5±3.7 ^A	25.4±3.4 ^A	40.8±8.0 ^A
00:20	3.1±0.7 ^{AB}	7.4±1.0 ^{BCDE}	14.3±2.4 ^A	25.6±1.6 ^A	37±5.3 ^A
00:21	2.8±0.9 ^{AB}	6.1±0.4 ^{AB}	22.5±4.7 ^A	19.0±3.11 ^A	22.3±4.7 ^A
00:22	5.5±0.13 ^{AB}	7.4±0.1 ^{ABC}	21.2±2.9 ^A	19.6±1.8 ^A	26.2±3.6 ^A
00:23	5.6±1.0 ^{AB}	7.3±0.7 ^{BCDE}	15.5±0.8 ^A	25.0±0.8 ^A	37.8±1.4 ^A
00:24	7.3±0.8 ^{AB}	7.5±0.1 ^F	12.3±3.2 ^{AB}	24.9±1.8 ^{AB}	41.0±6.4 ^{AB}
00:25	6.9±1.7 ^{AB}	7.5±0.1 ^{ABC}	11.2±2.3 ^A	24.5±0.9 ^A	40.5±4.8 ^A
00:26	6.1±1.5 ^{AB}	7.8±0.2 ^{AB}	10.8±3.1 ^A	22.9±1.1 ^A	40.1±5.9 ^A
00:27	5.2±1.5 ^{AB}	7.7±0.2 ^{BCD}	12.0±1.9 ^A	22.7±1.1 ^A	32.4±4.6 ^A
00:28	5.9±1.5 ^{AB}	7.7±0.4 ^{ABC}	14.5±3.9 ^A	22.0±3.2 ^A	32.9±6.9 ^A
00:29	4.4±1.2 ^{AB}	9.0±0.2 ^{ABCD}	16.4±4.9 ^A	21.7±3.6 ^A	31.2±9.7 ^A
00:30	4.5±0.5 ^{AB}	8.3±0.3 ^{ABCD}	18.2±4.6 ^A	21.3±3.9 ^A	28.9±8.6 ^A

La tabla 4 también muestra el CO Oscilaron desde valores iniciales cercanos a 0 ppm hasta máximos que alcanzaron aproximadamente entre 6 y 7 ppm en algunos momentos, indicando que la emisión de CO varió de manera relevante a lo largo del tiempo. El CO₂ las concentraciones variaron entre 5.4% y 9.0% con diferencias estadísticas significativas entre

momentos de muestreo. Este rango muestra fluctuaciones debidas a la dinámica de la combustión en el diésel comercial. El PM_1 la cantidad que obtuvo picos importantes que oscilaron desde valores muy bajos hasta cerca de $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con grupos estadísticos diferenciados, lo que refleja variabilidad relevante y significancia en la emisión de estas partículas. En cambio $PM_{2.5}$ alcanzaron máximos en torno a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ciertos tiempos, indicando fluctuaciones reales y no aleatorias en las emisiones. Y el PM_{10} mostró variaciones estadísticamente significativas, alcanzando niveles incluso superiores a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en momentos de mayor emisión.

3.3. Costos probables de biodiesel a base de biorresiduos de aceites residuales.

El costo total de producción podría estar en el rango de 1.80 a 1.81 USD/litro en condiciones optimizadas y escalas pequeñas a medianas, considerando la materia prima residual, catalizador y etanol, bajo consumo energético y procesos según(Referencia et al., 2023). Los mayores costos están en la recolección y pretratamiento del aceite residual (filtrado, desgomado) y en la separación y purificación del biodiesel final. El proceso reportado en literatura (mezcla 4:1 etanol: aceite, calentamiento a 68°C , catalizador hidróxido de sodio) tiene buena eficiencia y bajo consumo que favorece costos menores frente a métodos con etanol (Sosa-rodríguez & Vazquez-arenas, 2024)

IV. DISCUSIÓN

El presente estudio confirma que la producción de biodiésel a partir de aceites residuales en el altiplano peruano, constituye una alternativa prometedora para enfrentar la problemática ambiental generada por el descarte inadecuado de estos residuos. Los rendimientos de transesterificación son superiores al 94% tanto para aceite residual A como B evidencian la alta eficiencia del proceso, lo cual se alinea con reportes previos en la literatura que destacan el potencial de los aceites usados, incluso degradados, para la obtención efectiva de biodiésel con buena conversión química.

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas del biodiésel producido, parámetros como densidad, poder calorífico y resistencia a la corrosión metalúrgica cumplen con los estándares internacionales, indicando un producto apto para su aplicación en motores diésel convencionales (Mafla Yopez et al., 2018). Sin embargo, la viscosidad esta significativamente elevada y un punto de inflamación inferior al requerido por las normativas vigentes señalan aspectos a mejorar,

particularmente en las etapas de purificación y secado. Estas desviaciones pueden afectar la eficiencia del combustible y la seguridad en almacenamiento y manejo, por lo que se recomienda optimizar estas fases para cumplir en forma más estricta con las normativas EN 14214:2014 y NTP 321.125:2019(Contreras et al., 2023).

La evaluación de emisiones gaseosas revela que el biodiésel biodiesel A, se observó que las concentraciones de CO se mantuvieron generalmente bajas, con un promedio cercano a 4.8 ppm y picos puntuales que alcanzaron hasta 14 ppm en minutos específicos del monitoreo. Esto indica una combustión mayormente limpia con algunas fluctuaciones puntuales que podrían atribuirse a variaciones en las condiciones de operación o la composición del combustible en esos momentos. En cuanto al CO₂, el promedio fue de 7.4 ppm, con elevaciones hasta alrededor de 9.0 ppm, lo que refleja una combustión eficiente pero variable en cuanto a liberación de gases efecto invernadero. Respecto a las partículas ultrafinas PM₁, su concentración se mantuvo en rangos bajos, por debajo de 10 µg/m³ en la mayoría del tiempo, mientras que las partículas finas PM_{2.5} y gruesas PM₁₀ mostraron promedios moderados con picos que indican emisiones variables, pero sin superar umbrales críticos, lo que sugiere un adecuado control de emisiones particuladas en esta muestra(Babadi et al., 2022).

El biodiesel B mostró un comportamiento similar pero con concentraciones de CO más bajas que el biodiesel A, alrededor de 3.2 ppm promedio, y con picos menores (hasta 9 ppm). El CO₂, tuvo un promedio un poco inferior, alrededor de 6.7 ppm, aunque con picos que alcanzaron valores relativamente altos (11.0 a 11.7 ppm), evidenciando fluctuaciones en la combustión. Las partículas PM₁ y PM_{2.5} presentaron concentraciones promedio bajas a moderadas, con fluctuaciones que parecen responder a las mismas variaciones del proceso. Las partículas PM₁₀ estuvieron en promedio alrededor de 8 µg/m³ con algunos picos, pero sin alcanzar niveles preocupantes, lo cual es indicativo de una combustión relativamente limpia con emisiones particuladas controladas.(Masera & Hossain, 2023).

El monitoreo del diésel convencional mostró los valores más bajos en términos de CO, con concentraciones usualmente cercanas a 0 ppm y picos máximos de hasta 10 ppm, indicando una óptima combustión. El CO₂ aquí presentó valores promedio moderados cercanos a 7.5 ppm con picos menores. Sin embargo, las partículas, especialmente PM₁, presentaron concentraciones puntuales muy elevadas (hasta 33.3 µg/m³), superando ampliamente los valores observados para los biodiesel, lo que sugiere mayores emisiones de partículas ultrafinas con el

diésel tradicional. Las partículas $PM_{2.5}$ y $PM_{2.5}$ también mostraron niveles bajos a moderados en promedio, pero con picos significativos al inicio del monitoreo(Ramirez Velasco et al., 2021).

Las diferencias en emisiones de CO, CO₂, PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀ entre los tres combustibles fueron estadísticamente significativas, confirmadas por los análisis de varianza y agrupaciones con letras diferenciadas en las tablas. Esto indica que las variaciones no son producto del azar sino de la composición y características intrínsecas de cada combustible. Tanto biodiesel A como B mostraron emisiones menores en CO y material particulado que el diésel comercial, reflejando una combustión más eficiente y limpia. Esto se asocia con la presencia de oxígeno en el biodiesel que favorece la oxidación completa del combustible, reduciendo la formación de CO y partículas.

17 Desde una perspectiva económica, el bajo costo estimado de producción del biodiésel a partir de aceite residual, que oscila entre 1.80 y 1.81 USD/litro, posiciona esta tecnología como una opción competitiva para implementaciones a pequeña y mediana escala. Este rango costo-beneficio favorece la valorización de residuos orgánicos de bajo costo, la disminución de la dependencia de combustibles fósiles y la promoción de la autosuficiencia energética en contextos urbanos y altiplánicos(Ruiz & Victoria, 2023).

12 En conjunto, estos hallazgos sustentan que la producción de biodiésel a partir de aceites residuales es una estrategia viable y sostenible para fomentar un sistema energético renovable y limpio. Sin embargo, la necesidad de continuar mejorando el proceso productivo para reducir la viscosidad, aumentar el punto de inflamación y minimizar las emisiones de partículas contaminantes es fundamental para maximizar el desempeño y la aceptación ambiental del biodiésel generado. Además, la promoción de esta tecnología contribuye a políticas de energía limpia, mitigación del cambio climático y generación de economía circular en comunidades que enfrentan desafíos ambientales y energéticos

28

V. CONCLUSIÓN

2 La producción de biodiesel a partir de biorresiduos de aceites residuales en el altiplano peruano, representa una alternativa técnica, económica y ambientalmente viable para mitigar los impactos negativos asociados al manejo inadecuado de estos residuos. Los elevados rendimientos de transesterificación superiores al 94% tanto para aceites claros como oscuros evidencian la eficiencia del proceso, mientras que las propiedades fisicoquímicas del biodiésel

cumplen en gran medida con las normativas internacionales, lo que garantiza su compatibilidad con motores diésel convencionales.

19 Aunque algunos parámetros, como la viscosidad elevada y el punto de inflamación ligeramente bajo, señalan áreas susceptibles de mejora, especialmente en las etapas de purificación y secado, el biodiésel generado demuestra estabilidad química y ausencia de corrosión, lo que favorece su almacenamiento y uso seguro. La evaluación de emisiones gaseosas confirma que el biodiésel produce niveles controlados de monóxido y dióxido de carbono, reflejando una combustión eficiente y estable, y partículas en suspensión en rangos manejables que contribuyen a mejorar la calidad ambiental y la salud pública.

14 Desde el punto de vista económico, el bajo costo estimado de producción, que oscila entre 1.80 y 1.81 USD/L, posiciona esta tecnología como una opción competitiva para su implementación a pequeña y mediana escala, promoviendo la valorización de residuos orgánicos y la autosuficiencia energética en contextos urbanos y altiplánicos. En conjunto, este estudio refuerza el potencial del biodiésel derivado de aceites residuales como una fuente renovable, limpia y sustentable que contribuye a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles, la mitigación del cambio climático y el impulso de una economía circular eficiente en la región.

Referencias bibliográficas

Al-rawashdeh, H., Hasan, A. O., Gomaa, M. R., & Abu-jrai, A. (2022). *Aldehydes Emissions from CI Diesel Engines Fueled with Pure Diesel / Diesel Methanol Blends*.

Alberto, M., Ibarra-muñoz, L. A., Cristina, A., Ch, F., Dom, J., Tagle-pedroza, A. S., Ulises, J., Salvador, S., Julio, C., Silv, S., & Balagurusamy, N. (2024). *Perspectives and Progress in Bioethanol Processing and Social Economic Impacts*.

Ba, M., Ljubi, A., Gojun, M., Šali, A., Tušek, A. J., & Zeli, B. (2021). *Continuous Integrated Process of Biodiesel Production and Purification — The End of the Conventional Two-Stage*.

Babadi, A. A., Rahmati, S., Fakhlaei, R., Barati, B., Wang, S., Doherty, W., & Ostrikov, K. (2022). Emerging technologies for biodiesel production: Processes, challenges, and opportunities. *Biomass and Bioenergy*, 163(June), 106521. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106521>

- Boly, M., & Sanou, A. (2022). Biofuels and food security : evidence from Indonesia and Mexico
★. *Energy Policy*, 163(March), 112834. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112834>
- Branco, H., Coelho, R., Luiza, A., Karine, A., & Carvalho, F. De. (2026). *Chemosphere*
Evaluation of the greenhouse gas emissions of the Brazilian biodiesel and the impact of the
mandatory blending of the biofuel into commercial diesel fuel. 376(January 2025).
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144268>
- Changmai, B., Vanlalveni, C., & Ingle, P. (2020). *RSC Advances* *Widely used catalysts in*
biodiesel production : 41625–41679. <https://doi.org/10.1039/d0ra07931f>
- Chozhavendhan, S., Pradhap, M. V., Fransila, B., Kumar, R. P., & Devi, G. K. (2020). *Current*
Research in Green and Sustainable Chemistry *A review on in fl uencing parameters of*
biodiesel production and puri fi cation processes. 2(October 2019), 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2020.04.002>
- Contreras, A. M., Huaroc, A. B., & Marín, M. V. (2023). Use of biodiesel from used oils in the
last ten years: A review of the scientific literature. *Proceedings of the LACCEI International*
Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2023-July, 1–9.
<https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.471>
- Daimary, N., Boruah, P., Eldiehy, K. S. H., Pegu, T., Bardhan, P., Bora, U., Mandal, M., & Deka,
D. (2022). *Musa acuminata peel : A bioresource for bio-oil and by-product utilization as a*
sustainable source of renewable green catalyst for biodiesel production. *Renewable*
Energy, 187, 450–462. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.054>
- Gupta, V., & Singh, K. P. (2025). Optimizing sustainable energy production : Biodiesel synthesis
and combustion dynamics analysis. *Next Research*, 2(3), 100735.
<https://doi.org/10.1016/j.nexres.2025.100735>
- Kant, S., Kant, R., Jeon, J., & Pugazhendhi, A. (2021). An overview on advancements in
biobased transesterification methods for biodiesel production : Oil resources , extraction ,
biocatalysts , and process intensification technologies. *Fuel*, 285(July 2020), 119117.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119117>
- Kukushkin, R. G., Yeletsky, P. M., Grassin, C. T., Chen, B., Bulavchenko, O. A., Saraev, A. A.,
& Yakovlev, V. A. (2020). Deoxygenation of esters over sulfur-free Ni – W / Al 2 O 3
catalysts for production of biofuel components. *Chemical Engineering Journal*,
396(January), 125202. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125202>

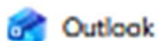
- Kumar, K. V., & Prasad, V. V. S. (2018). 46 . *Production and characterization of used cooking oil as an alternative fuel : optimization by response surface methodology*. 18–28.
<https://doi.org/10.21595/mme.2018.19737>
- Luis, J., & Salvador, M. (2023). *Biodiesel from waste cooking oil in the city of Cuenca , tested in a diesel engine with a 5 % mixture . Biodiesel a partir de aceite residual de cocina en la ciudad de Cuenca , probado en un motor diésel mezcla al 5 %*. *Resumen*. 7(3), 4594–4608.
- Ma, X., Liu, F., Helian, Y., Li, C., Wu, Z., Li, H., Chu, H., Wang, Y., Wang, Y., Lu, W., Guo, M., & Yu, M. (2021). Current application of MOFs based heterogeneous catalysts in catalyzing transesterification / esterification for biodiesel production : A review. *Energy Conversion and Management*, 229(January), 113760. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113760>
- Mafla Yopez, C. N., Benavides Cevallos, I. B., Hernández Rueda, E. P., & Ramirez Paredes, F. R. (2018). Caracterización y Análisis Comparativo de Biodiésel a Base de Higuierilla B10, Respecto de Diésel Comercial de Alta Calidad. *INNOVA Research Journal*, 3(7), 53–60. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n7.2018.580>
- Manual Técnico de Uso de Biocarburantes en Motores de Automoción*. (n.d.).
- Masera, K., & Hossain, A. K. (2023). Advancement of biodiesel fuel quality and NOx emission control techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 178(March), 113235.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113235>
- Mollenido, P. (2018). Reaprovechamiento de aceites usados en pollerías para la producción de Biodiesel – Juliaca. *Universidad Nacional Del Altiplano*, 105.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12303/Yana_Aydee_Quispe_Patrici_a.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Neupane, D. (2023). *Biofuels from Renewable Sources , a Potential Option for Biodiesel Production*.
- Pinto, S. De, Inés, M., & Alba, N. (n.d.). *Produccion de biodiesel con diferentes catalizadores basicos 1*. 60–62.
- Ramirez Velasco, C. A., PEREZ ORTEGA, D. J., Pereira Martinez, R. I., & Bolaños Alomia, F. A. (2021). Análisis comparativo de emisiones de co2 de un motor empleando diésel y biodiesel. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 12(2), 127–145.

<https://doi.org/10.22490/21456453.3603>

- Referencia, P. De, Derivados, D. C., N, R. D., N, R. D., Milagro, E., & Milagro, E. (2023). *Precios de Referencia del Diésel BX por Planta de Abastecimiento y / o Terminal Fecha de Publicación : Ilo Pucallpa Componente Ilo. 24(6)*, 2023–2025.
- Ruiz, H. A., & Victoria, C. (2023). *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. 11(61)*, 142–156.
- Salak, B., Lindberg, K., Kienast, F., & Hunziker, M. (2021). How landscape-technology fit affects public evaluations of renewable energy infrastructure scenarios . A hybrid choice model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 143*(October 2020), 110896. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110896>
- Shehhi, A., Shehhi, A. Al, Souissi, Y., Nair, A. S., Usmani, Z., & Sharma, M. (2025). *Microbial lipid - based biodiesel production using wastewater : opportunities and challenges*.
- Sosa-rodríguez, F. S., & Vazquez-arenas, J. (2024). Energy Conversion and Management : X The biodiesel market in Mexico : Challenges and perspectives to overcome in Latin-American countries. *Energy Conversion and Management: X, 12*(September 2021), 100149. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100149>
- Sri, S. J., Joel, C., Bennie, R. B., Paul, A. N., Basavegowda, N., Manthrammel, M. A., & Shkir, M. (2025). Harnessing sustainable catalysis : Photocatalytic transesterification of waste cooking oil into biodiesel using kaolin / g-C₃N₄ / ZnO heterostructures. *Inorganic Chemistry Communications, 181*(P1), 115219. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2025.115219>
- Thomas, R., Hursthouse, A., Mellor, P., Lord, R. A., & Jo, E. (2021). *Identifying non-agricultural marginal lands as a route to sustainable bioenergy provision - A review and holistic definition. 135*(June 2020). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110220>
- Viswanathan, K., Ashok, B., & Pugazhendhi, A. (2020). Comprehensive study of engine characteristics of novel biodiesel from curry leaf (*Murraya koenigii*) oil in ceramic layered diesel engine. *Fuel, 280*(July), 118586. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118586>

VI. Anexos

6.1. Evidencia de sumisión del artículo en una revista de prestigio



[RICA] Envío recibido

Desde Claudio M. Amescua García via Revista Internacional de Contaminación Ambiental
<rica@atmosfera.unam.mx>

Fecha: Jue 16/10/2025 23:34

Para: Juan Eduardo Vigo Rivera <eduardo.vigo@upeu.edu.pe>

vigo.rivera:

Gracias por enviarnos su manuscrito "Producción de biodiesel a partir de biorresiduos de aceites residuales en el altiplano peruano" a Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/authorDashboard/submission/55732>

Nombre de usuario/o: jevr72

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Claudio M. Amescua Garcia

Revista Internacional de Contaminación Ambiental <https://www.revistascca.unam.mx/rica>

6.2. Copia de la resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de facultad correspondiente



“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”

RESOLUCIÓN N° 0871-2024/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 19 de noviembre de 2024

VISTO:

El expediente de **Johan Fernando Paja Bautista**, identificado(a) con Código Universitario N° 202012621 y **Maribel Chuquimamani Valencia** identificado(a) con Código Universitario N° 202014337, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Johan Fernando Paja Bautista** y **Maribel Chuquimamani Valencia**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado “Producción de biodiesel con nanopartículas a partir de aceites comestibles residuales por transesterificación en al altiplano Peruano” y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 19 de noviembre de 2024, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado “**Producción de biodiesel con nanopartículas a partir de aceites comestibles residuales por transesterificación en al altiplano Peruano**” y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Dr. Mateo Alejandro Salinas Mena** y **MSc. Miguel Angel Salcedo Enriquez**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo



Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA

Por ende, realicé un cambio de tema porque consideré necesario abordar otro punto importante.



“AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA”

RESOLUCIÓN N° 0575-2025/UPeU-FIA-CF

Lima, Ñaña 16 de setiembre de 2025

VISTO:

El expediente de **Johan Fernando Paja Bautista**, identificado(a) con código universitario N° **202012621** y **Maribel Chuquimamani Valencia** identificado(a) con código universitario N° **202014337** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del proyecto de tesis;

Que **Johan Fernando Paja Bautista** y **Maribel Chuquimamani Valencia**, han solicitado la modificación de la denominación del proyecto de tesis titulado "Producción de biodiesel a partir de biorresiduos de aceites residuales por transesterificación en el altiplano peruano";

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 16 de setiembre de 2025, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar la modificación de la denominación del proyecto de tesis titulado "Producción de biodiesel a partir de biorresiduos de aceites residuales por transesterificación en el altiplano peruano", por el de: "Producción de biodiesel a partir de biorresiduos de aceites residuales en el altiplano peruano", en el registro respectivo y disponer que con la orientación de su asesor el(la) **Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera**, sea desarrollado y ejecutado el proyecto de tesis por **Johan Fernando Paja Bautista** y **Maribel Chuquimamani Valencia**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución, a partir de la inscripción inicial.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA



Lic. Gina Marita Tito Tolentino
SECRETARIA ACADÉMICA

CC:
- Interesado
- Asesor
- DGI
- Archivo

6.3. Resultado estadístico por ANOVA del Biodiesel A, B y diésel comercial

- Biodiesel "A"

CO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CO	297	0.64	0.59	39.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1123.53	38	29.57	12.09	<0.0001
Tiempo	1123.53	38	29.57	12.09	<0.0001
Error	630.90	258	2.45		
Total	1754.43	296			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.95259

Error: 2.4454 gl: 258

Tiempo Medias n E.E.

00:02	0.00	10	0.49	A					
00:01	0.00	9	0.52	A					
00:00	0.00	1	1.56	A					
00:03	0.50	10	0.49	A	B				
00:04	1.00	8	0.55	A	B	C			
08:12	2.00	1	1.56	A	B	C	D		
00:14	2.30	10	0.49	A	B	C	D	E	
00:05	2.40	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:17	2.80	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:21	2.80	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:20	3.10	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:07	3.20	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:06	3.30	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:09	3.30	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:15	3.56	9	0.52	A	B	C	D	E	F
00:16	3.70	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:18	3.73	11	0.47	A	B	C	D	E	F
00:08	3.91	11	0.47	A	B	C	D	E	F
07:12	4.00	1	1.56	A	B	C	D	E	F
00:13	4.10	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:29	4.40	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:30	4.50	10	0.49	A	B	C	D	E	F
00:12	5.00	1	1.56		B	C	D	E	F
00:11	5.20	10	0.49		B	C	D	E	F
00:27	5.40	10	0.49		B	C	D	E	F
00:22	5.50	10	0.49			C	D	E	F
00:28	5.60	10	0.49			C	D	E	F
00:23	5.80	10	0.49			C	D	E	F
00:19	6.00	10	0.49				D	E	F
02:12	6.00	1	1.56				D	E	F
03:12	6.00	1	1.56				D	E	F
01:12	6.00	1	1.56				D	E	F
06:12	6.00	1	1.56				D	E	F
00:26	6.11	9	0.52				D	E	F
00:10	6.60	10	0.49				D	E	F
00:25	6.90	10	0.49				D	E	F
04:12	7.00	1	1.56					E	F
05:12	7.00	1	1.56					E	F
00:24	7.30	10	0.49						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

PM1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PM1	297	0.65	0.59	37.48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1155166.02	38	30399.11	12.38	<0.0001
Tiempo	1155166.02	38	30399.11	12.38	<0.0001
Error	633728.53	258	2456.31		
Total	1788894.55	296			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=156.96494

Error: 2456.3121 gl: 258

Tiempo Medias n E.E.

00:03	0.60	10	15.67	A		
00:02	0.90	10	15.67	A		
00:00	1.00	1	49.56	A		
00:01	1.22	9	16.52	A		
00:08	42.64	11	14.94	A	B	
00:10	77.00	10	15.67	A	B	C
07:12	100.00	1	49.56	A	B	C
02:12	100.00	1	49.56	A	B	C
08:12	102.00	1	49.56	A	B	C
03:12	102.00	1	49.56	A	B	C
04:12	103.00	1	49.56	A	B	C
05:12	103.00	1	49.56	A	B	C
01:12	105.00	1	49.56	A	B	C
00:26	108.33	9	16.52	A	B	C
00:07	109.60	10	15.67	A	B	C
00:25	111.30	10	15.67	A	B	C
00:11	111.90	10	15.67	A	B	C
00:12	116.00	1	49.56	A	B	C
00:06	118.20	10	15.67	A	B	C
00:24	118.80	10	15.67	A	B	C
00:16	119.40	10	15.67	A	B	C
00:27	119.40	10	15.67	A	B	C
06:12	123.00	1	49.56	A	B	C
00:19	125.30	10	15.67	A	B	C
00:14	135.70	10	15.67	A	B	C
00:20	142.90	10	15.67	A	B	C
00:28	143.40	10	15.67	A	B	C
00:23	156.10	10	15.67	A	B	C
00:13	159.00	10	15.67		B	C
00:05	162.90	10	15.67		B	C
00:29	164.30	10	15.67		B	C
00:30	182.40	10	15.67		B	C
00:15	186.00	9	16.52		B	C
00:09	196.80	10	15.67		B	C
00:17	198.80	10	15.67		B	C
00:22	211.60	10	15.67			C
00:18	221.55	11	14.94			C
00:21	225.20	10	15.67			C
00:04	230.00	8	17.52			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

PM2_5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PM2_5	297	0.81	0.79	22.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	187641812.84	38	4937942.44	29.84	<0.0001
Tiempo	187641812.84	38	4937942.44	29.84	<0.0001
Error	42690770.30	258	165468.10		
Total	230332583.14	296			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1288.30303

Error: 165468.1019 gl: 258

Tiempo	Medias	n	E.E.				
00:02	0.90	10	128.63	A			
00:03	1.20	10	128.63	A			
00:01	1.78	9	135.59	A			
00:00	2.00	1	406.78	A			
00:08	274.45	11	122.65	A	B		
00:04	703.25	8	143.82	A	B	C	
00:10	1559.80	10	128.63		B	C	D
00:09	1621.30	10	128.63			C	D
00:15	1673.89	9	135.59			C	D
00:13	1739.70	10	128.63			C	D
00:18	1851.82	11	122.65			C	D
00:21	1895.50	10	128.63			C	D
00:17	1942.90	10	128.63			C	D
00:22	1958.70	10	128.63			C	D
00:05	2060.90	10	128.63				D
00:30	2125.30	10	128.63				D
00:14	2136.20	10	128.63				D
00:29	2170.60	10	128.63				D
00:28	2205.50	10	128.63				D
00:27	2267.00	10	128.63				D
00:26	2293.89	9	135.59				D
00:06	2323.60	10	128.63				D
08:12	2345.00	1	406.78				D
06:12	2357.00	1	406.78				D
02:12	2374.00	1	406.78				D
01:12	2383.00	1	406.78				D
00:16	2405.40	10	128.63				D
07:12	2417.00	1	406.78				D
00:25	2451.50	10	128.63				D
00:11	2452.70	10	128.63				D
00:12	2461.00	1	406.78				D
03:12	2466.00	1	406.78				D
00:07	2472.40	10	128.63				D
00:23	2485.80	10	128.63				D
05:12	2488.00	1	406.78				D
04:12	2493.00	1	406.78				D
00:24	2499.00	10	128.63				D
00:19	2543.00	10	128.63				D
00:20	2561.40	10	128.63				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

PM10

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PM10	297	0.73	0.69	29.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	508913744.86	38	13392466.97	18.43	<0.0001
Tiempo	508913744.86	38	13392466.97	18.43	<0.0001
Error	187514925.69	258	726802.04		
Total	696428670.55	296			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2700.03225

Error: 726802.0376 gl: 258

Tiempo Medias n E.E.

00:02	0.90	10	269.59	A			
00:03	1.30	10	269.59	A			
00:01	1.89	9	284.18	A			
00:00	2.00	1	852.53	A			
00:08	452.45	11	257.05	A	B		
00:04	781.38	8	301.41	A	B	C	
00:21	2224.60	10	269.59	A	B	C	D
00:18	2433.09	11	257.05	A	B	C	D
00:15	2483.11	9	284.18	A	B	C	D
00:17	2525.20	10	269.59	A	B	C	D
00:22	2618.50	10	269.59	A	B	C	D
00:09	2735.50	10	269.59		B	C	D
00:10	2852.10	10	269.59		B	C	D
00:30	2884.60	10	269.59		B	C	D
00:05	2947.30	10	269.59		B	C	D
00:13	2950.10	10	269.59		B	C	D
00:29	3114.60	10	269.59		B	C	D
00:28	3284.40	10	269.59			C	D
00:14	3363.00	10	269.59			C	D
00:27	3676.20	10	269.59				D
00:23	3749.80	10	269.59				D
00:20	3764.10	10	269.59				D
00:06	3790.60	10	269.59				D
00:12	3856.00	1	852.53				D
06:12	3863.00	1	852.53				D
00:16	3917.80	10	269.59				D
00:26	4009.00	9	284.18				D
01:12	4018.00	1	852.53				D
00:07	4042.30	10	269.59				D
00:25	4053.70	10	269.59				D
00:19	4076.10	10	269.59				D
00:24	4169.00	10	269.59				D
02:12	4173.00	1	852.53				D
08:12	4215.00	1	852.53				D
00:11	4246.30	10	269.59				D
03:12	4389.00	1	852.53				D
05:12	4435.00	1	852.53				D
04:12	4444.00	1	852.53				D
07:12	4626.00	1	852.53				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

- Biodiesel "B"


```

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=183.23977
Error: 9049.8206 gl: 267
Tiempo Medias n E.E.
00:29 0.00 10 30.08 A
00:28 0.20 10 30.08 A
00:30 0.30 10 30.08 A
00:25 0.40 10 30.08 A
00:26 0.67 9 31.71 A
00:00 1.00 1 95.13 A
00:27 1.20 10 30.08 A
00:01 110.78 9 31.71 A B
00:24 186.10 10 30.08 B C
00:04 212.70 10 30.08 B C D
00:02 300.30 10 30.08 C D E
00:19 353.40 10 30.08 C D E F
00:23 376.50 10 30.08 D E F G
00:18 388.50 10 30.08 D E F G H
00:06 393.10 10 30.08 D E F G H I
00:05 417.30 10 30.08 E F G H I J
00:08 417.60 10 30.08 E F G H I J
00:22 445.20 10 30.08 E F G H I J
00:03 456.70 10 30.08 E F G H I J
00:21 505.80 10 30.08 F G H I J
00:15 543.80 10 30.08 G H I J
00:16 545.40 10 30.08 G H I J
00:11 559.78 9 31.71 H I J
00:12 562.00 10 30.08 H I J
00:13 566.40 10 30.08 H I J
00:14 571.40 10 30.08 H I J
00:17 572.80 10 30.08 I J
00:20 573.70 10 30.08 I J
00:09 579.80 10 30.08 J
00:07 596.60 10 30.08 J
00:10 597.20 10 30.08 J
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

```

PM2_5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PM2_5	298	0.73	0.70	43.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34109862.72	30	1136995.42	23.85	<0.0001
Tiempo	34109862.72	30	1136995.42	23.85	<0.0001
Error	12730355.84	267	47679.24		
Total	46840218.56	297			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=420.59527

Error: 47679.2354 gl: 267

Tiempo Medias n E.E.

00:29	0.40	10	69.05	A					
00:25	0.50	10	69.05	A					
00:28	0.70	10	69.05	A					
00:30	0.80	10	69.05	A					
00:26	1.22	9	72.79	A					
00:00	2.00	1	218.36	A					
00:27	2.10	10	69.05	A					
00:24	207.60	10	69.05	A	B				
00:04	235.30	10	69.05	A	B	C			
00:19	396.40	10	69.05	A	B	C	D		
00:18	426.60	10	69.05		B	C	D		
00:23	439.80	10	69.05		B	C	D		
00:06	444.20	10	69.05		B	C	D		
00:08	463.80	10	69.05		B	C	D		
00:05	477.60	10	69.05		B	C	D		
00:22	551.60	10	69.05		B	C	D	E	
00:21	594.20	10	69.05		B	C	D	E	
00:15	617.80	10	69.05		B	C	D	E	
00:16	621.40	10	69.05		B	C	D	E	
00:12	651.60	10	69.05			C	D	E	
00:13	663.40	10	69.05				D	E	
00:14	664.30	10	69.05				D	E	
00:17	668.20	10	69.05				D	E	
00:11	706.33	9	72.79				D	E	
00:20	708.90	10	69.05				D	E	
00:03	712.10	10	69.05				D	E	
00:09	794.10	10	69.05				D	E	
00:07	795.50	10	69.05				D	E	
00:10	796.30	10	69.05				D	E	
00:01	941.11	9	72.79					E	
00:02	1513.80	10	69.05						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

PM10

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PM10	298	0.70	0.67	47.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36396604.74	30	1213220.16	21.09	<0.0001
Tiempo	36396604.74	30	1213220.16	21.09	<0.0001
Error	15357988.91	267	57520.56		
Total	51754593.65	297			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=461.96736

Error: 57520.5577 gl: 267

Tiempo Medias n E.E.

00:29	0.40	10	75.84	A					
00:28	0.70	10	75.84	A					
00:30	0.80	10	75.84	A					
00:25	0.90	10	75.84	A					
00:26	1.22	9	79.94	A					
00:00	2.00	1	239.83	A					
00:27	2.60	10	75.84	A	B				
00:24	208.90	10	75.84	A	B	C			
00:04	238.70	10	75.84	A	B	C			
00:19	398.50	10	75.84	A	B	C	D		
00:18	427.20	10	75.84	A	B	C	D		
00:23	441.60	10	75.84	A	B	C	D		
00:06	444.20	10	75.84	A	B	C	D		
00:08	464.40	10	75.84		B	C	D		
00:05	478.10	10	75.84			C	D		
00:22	552.60	10	75.84			C	D		
00:21	594.90	10	75.84			C	D		
00:15	618.20	10	75.84			C	D		
00:16	624.10	10	75.84			C	D		
00:12	652.90	10	75.84			C	D	E	
00:13	665.30	10	75.84			C	D	E	
00:14	665.90	10	75.84			C	D	E	
00:17	669.80	10	75.84			C	D	E	
00:11	707.78	9	79.94				D	E	
00:20	710.70	10	75.84				D	E	
00:03	714.60	10	75.84				D	E	
00:09	794.70	10	75.84				D	E	
00:07	797.50	10	75.84				D	E	
00:10	798.00	10	75.84				D	E	
00:01	1089.67	9	79.94					E	
00:02	1556.80	10	75.84						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

- Diésel comercial

CO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CO	298	0.82	0.80	94.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	91742.28	30	3058.08	40.43	<0.0001
Tiempo	91742.28	30	3058.08	40.43	<0.0001
Error	20193.84	267	75.63		
Total	111936.12	297			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=16.75150

Error: 75.6324 gl: 267

Tiempo Medias n E.E.

00:00	0.00	1	8.70	A	
00:28	1.10	10	2.75	A	B
00:11	1.10	10	2.75	A	B
00:30	1.20	10	2.75	A	B
00:26	1.40	10	2.75	A	B
00:29	1.70	10	2.75	A	B
00:19	1.80	10	2.75	A	B
00:21	1.89	9	2.90	A	B
00:25	1.90	10	2.75	A	B
00:27	1.90	10	2.75	A	B
00:13	2.00	10	2.75	A	B
00:17	2.00	10	2.75	A	B
00:18	2.00	10	2.75	A	B
00:20	2.00	10	2.75	A	B
00:22	2.10	10	2.75	A	B
00:23	2.30	10	2.75	A	B
00:12	2.30	10	2.75	A	B
00:14	2.40	10	2.75	A	B
00:10	3.20	10	2.75	A	B
00:08	3.20	10	2.75	A	B
00:16	4.10	10	2.75	A	B
00:09	4.30	10	2.75	A	B
00:07	4.70	10	2.75	A	B
00:24	4.70	10	2.75	A	B
00:15	5.20	10	2.75	A	B
00:05	10.00	10	2.75	A	B
00:06	13.78	9	2.90	A	B
00:04	17.70	10	2.75		B
00:03	47.60	10	2.75		C
00:01	59.33	9	2.90		C D
00:02	74.30	10	2.75		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CO2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CO2	298	0.55	0.50	14.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2909872.72	30	96995.76	11.05	<0.0001
Tiempo	2909872.72	30	96995.76	11.05	<0.0001
Error	2343100.67	267	8775.66		
Total	5252973.38	297			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=180.44281

Error: 8775.6579 gl: 267

Tiempo Medias n E.E.

00:00	468.00	1	93.68	A					
00:11	530.60	10	29.62	A	B				
00:21	532.22	9	31.23	A	B				
00:12	532.80	10	29.62	A	B				
00:07	533.80	10	29.62	A	B				
00:13	559.50	10	29.62	A	B				
00:26	568.70	10	29.62	A	B				
00:08	571.50	10	29.62	A	B				
00:28	596.70	10	29.62	A	B	C			
00:25	605.20	10	29.62	A	B	C			
00:18	618.30	10	29.62	A	B	C			
00:22	618.90	10	29.62	A	B	C			
00:29	634.90	10	29.62	A	B	C	D		
00:30	635.40	10	29.62	A	B	C	D		
00:17	643.60	10	29.62	A	B	C	D		
00:27	650.00	10	29.62		B	C	D		
00:19	663.50	10	29.62		B	C	D	E	
00:23	664.20	10	29.62		B	C	D	E	
00:10	665.10	10	29.62		B	C	D	E	
00:20	675.50	10	29.62		B	C	D	E	
00:04	675.80	10	29.62		B	C	D	E	
00:01	678.89	9	31.23		B	C	D	E	
00:05	684.30	10	29.62		B	C	D	E	
00:14	689.00	10	29.62		B	C	D	E	
00:06	754.44	9	31.23			C	D	E	F
00:09	757.70	10	29.62			C	D	E	F
00:16	811.40	10	29.62				D	E	F
00:03	831.10	10	29.62					E	F
00:15	835.50	10	29.62					E	F
00:02	839.10	10	29.62					E	F
00:24	885.90	10	29.62						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

PM1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PM1	298	0.86	0.85	89.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	177152330.24	30	5905077.67	56.38	<0.0001
Tiempo	177152330.24	30	5905077.67	56.38	<0.0001
Error	27964001.50	267	104734.09		
Total	205116331.74	297			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=623.36695

Error: 104734.0880 gl: 267

Tiempo Medias n E.E.

00:00	2.00	1	323.63	A
00:11	7.10	10	102.34	A
00:08	12.30	10	102.34	A
00:20	27.30	10	102.34	A
00:29	30.50	10	102.34	A
00:28	31.50	10	102.34	A
00:26	36.30	10	102.34	A
00:12	43.70	10	102.34	A
00:09	45.50	10	102.34	A
00:27	46.90	10	102.34	A
00:14	47.80	10	102.34	A
00:23	49.70	10	102.34	A
00:21	54.00	9	107.88	A
00:30	58.70	10	102.34	A
00:22	63.20	10	102.34	A
00:18	80.50	10	102.34	A
00:19	81.00	10	102.34	A
00:13	132.60	10	102.34	A
00:15	186.60	10	102.34	A
00:17	193.80	10	102.34	A
00:10	224.10	10	102.34	A
00:25	242.80	10	102.34	A
00:06	264.67	9	107.88	A
00:07	276.00	10	102.34	A
00:16	297.80	10	102.34	A
00:04	316.40	10	102.34	A
00:05	358.30	10	102.34	A B
00:24	442.10	10	102.34	A B
00:01	944.33	9	107.88	B
00:03	2977.20	10	102.34	C
00:02	3324.60	10	102.34	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

PM2_5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PM2_5	298	0.86	0.85	79.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	203616821.94	30	6787227.40	55.50	<0.0001
Tiempo	203616821.94	30	6787227.40	55.50	<0.0001
Error	32651845.27	267	122291.56		
Total	236268667.21	297			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=673.59364

Error: 122291.5553 gl: 267

Tiempo Medias n E.E.

00:00	2.00	1	349.70	A			
00:11	11.20	10	110.59	A			
00:08	15.80	10	110.59	A			
00:20	32.80	10	110.59	A			
00:29	33.50	10	110.59	A			
00:28	35.40	10	110.59	A			
00:26	42.80	10	110.59	A			
00:12	48.00	10	110.59	A			
00:09	48.70	10	110.59	A			
00:27	49.60	10	110.59	A			
00:14	51.50	10	110.59	A			
00:23	55.30	10	110.59	A			
00:21	58.89	9	116.57	A			
00:30	63.80	10	110.59	A			
00:22	67.90	10	110.59	A			
00:18	86.20	10	110.59	A			
00:19	87.80	10	110.59	A			
00:13	138.70	10	110.59	A			
00:17	204.10	10	110.59	A			
00:15	217.50	10	110.59	A			
00:10	234.00	10	110.59	A			
00:25	284.20	10	110.59	A			
00:16	384.80	10	110.59	A			
00:07	405.10	10	110.59	A	B		
00:05	473.00	10	110.59	A	B		
00:24	516.00	10	110.59	A	B		
00:06	575.44	9	116.57	A	B		
00:01	1065.78	9	116.57		B	C	
00:04	1502.40	10	110.59			C	
00:03	3235.70	10	110.59				D
00:02	3324.60	10	110.59				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

PM10

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PM10	298	0.83	0.81	87.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	217782275.81	30	7259409.19	43.34	<0.0001
Tiempo	217782275.81	30	7259409.19	43.34	<0.0001
Error	44722221.34	267	167498.96		
Total	262504497.16	297			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=788.32591

Error: 167498.9563 gl: 267

Tiempo	Medias	n	E.E.			
00:00	3.00	1	409.27	A		
00:11	12.30	10	129.42	A		
00:08	16.80	10	129.42	A		
00:29	35.00	10	129.42	A		
00:20	36.90	10	129.42	A		
00:28	38.60	10	129.42	A		
00:26	48.20	10	129.42	A		
00:09	48.90	10	129.42	A		
00:27	49.90	10	129.42	A		
00:12	50.80	10	129.42	A		
00:14	55.40	10	129.42	A		
00:23	58.70	10	129.42	A		
00:21	66.44	9	136.42	A		
00:30	66.70	10	129.42	A		
00:22	72.00	10	129.42	A		
00:18	88.50	10	129.42	A		
00:19	92.10	10	129.42	A		
00:13	141.40	10	129.42	A		
00:17	208.20	10	129.42	A		
00:15	219.40	10	129.42	A		
00:10	234.20	10	129.42	A		
00:25	284.40	10	129.42	A		
00:16	386.20	10	129.42	A		
00:07	415.30	10	129.42	A		
00:05	478.30	10	129.42	A	B	
00:24	516.50	10	129.42	A	B	
00:06	700.67	9	136.42	A	B	
00:01	1206.56	9	136.42		B	C
00:04	1833.90	10	129.42			C
00:03	3313.90	10	129.42			D
00:02	3324.60	10	129.42			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

6.5. Resultados del laboratorio certificado SLab de los parámetros fisicoquímicos



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2025-1708

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : MARIBEL CHUQUIMAMANI VALENCIA
JOHAN FERNANDO PAJA BAUTISTA
1.2 RUC o DNI : 76196035
72497000
1.3 Dirección : JR. SAN SALVADOR

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : BIOCOMBUSTIBLES
2.2 Muestreado por : CLIENTE (c)
2.3 Número de Muestras : 02
2.4 Fecha de Recepción : 2025-04-30
2.5 Período de Ensayo : 2025-05-02 al 2025-05-13
2.6 Fecha de Emisión : 2025-05-15
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : 2025-04-14 al 2025-04-21 / No precisa
2.8 N° de cotización : COT-125470-SL25

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Densidad a 15°C	ASTM D1298 Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa o gravedad API de petróleo crudo y productos derivados del petróleo líquidos mediante el método del hidrómetro
Punto de inflamación °C	ASTM D56 Método de Ensayo Estándar del Punto de Inflamación Mediante el Tester Cerrado
Viscosidad Cinemática a 40 °C	ASTM D 445 Método de Prueba Estándar para Viscosidad Cinemática de Líquidos Transparentes y Opacos.
Corrosión Lámina de Cobre 3 h. 50 °C	ASTM D130 Método de prueba estándar para la corrosividad del cobre procedente de productos derivados del petróleo mediante prueba de tira de cobre
Poder Calorífico Superior PCS	ASTM D240 Método de prueba estándar para calor de combustión de combustibles de hidrocarburos líquidos por calorímetro de bomba

DIEGO ROXANO TERCERAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

FR-INF-02 V02
2025-03-31

SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.
Calle 22 Urb. Vipol Naranjal Mz E Lt 07, San Martín De Porres Lima-Perú.
Cel: 926640042
www.slabperu.com - contacto@slabperu.com

Página 1 de 3



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2025-1708

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:

Código de Laboratorio	Descripción de Muestras
S-2181	BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS DE ACEITES. RESIDUO DE ACEITE DE UNA POLLERIA. FECHA DE MUESTREO QUE SE APLICÓ 14 DE ABRIL DE 2025 ^(e)
S-2182	BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS DE ACEITES. RESIDUOS DE ACEITE DE PAPAS FRITAS. FECHA DE MUESTREO QUE SE APLICÓ 21 DE ABRIL DE 2025 ^(e)

Nombre de Tesis: PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE BIORRESIDUOS DE ACEITES RESIDUALES EN EL ALTIPLANO PERUANO. ^(e)

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS (S-2181)

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-2181	Densidad a 15°C	g/cm³	N.A.	0.88
	Punto de inflamación °C	°C	N.A.	158.50
	Viscosidad Cinemática a 40 °C	cSt	N.A.	25.00
	Corrosión Lámina de Cobre 3 h. 50 °C *	Sin Unidad	N.A.	Sin cambio
	Poder Calorífico Superior PCS	Kcal/Kg	N.A.	10115.30

*La muestra no sufrió cambio de color al ser sometido a la corrosión

Tabla N°2: RESULTADOS OBTENIDOS (S-2182)

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-2182	Densidad a 15°C	g/cm³	N.A.	0.87
	Punto de inflamación °C	°C	N.A.	122.50
	Viscosidad Cinemática a 40 °C	cSt	N.A.	28.16
	Corrosión Lámina de Cobre 3 h. 50 °C *	Sin Unidad	N.A.	Sin cambio
	Poder Calorífico Superior PCS	Kcal/Kg	N.A.	10188.20

*La muestra no sufrió cambio de color al ser sometido a la corrosión



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2025-1708

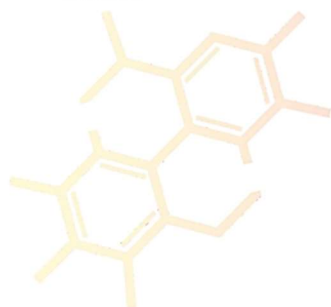
Leyenda

LCM: Límite de Cuantificación de Método.

N.A. No Aplica.

(c) Información suministrada por el cliente.

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.



FIN DE DOCUMENTO