



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Aceite Extraído de Posos de Café como Materia Prima para la
Obtención de Biodiesel como una Energía Renovable

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR:

Camarena Taxa, Lizzette Paola (Orcid: 0000-0001-6862-8484)

ASESOR:

Ordoñez Galvez, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres Víctor Camarena Arroyo y Bertha Taxa Huacchhuaco, por su amor incondicional, consejos, apoyo en cada decisión y siempre estar conmigo en cada logro tanto personal y profesional.

A mi hermana Maritza, por ser mi apoyo incondicional en cada paso que doy.

A mi tía Irma, quien siempre se ha mostrado atenta, cuidadosa, convirtiéndose en una madre para mí ya que ha sido mi soporte y me ha enseñado a no rendirme ante los retos que pone la vida y a confiar mucho en mí.

A mi compañero, Cooper, por convertirse en una parte importante en mi vida, el cual me enseñó más sobre la profunda conexión humano - perro y agradecida por haberlo encontrado en mi camino.

Infinitas gracias a mi familia por toda la confianza y siempre desearme lo mejor hacia un camino al éxito

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por estar siempre conmigo y cuidar de mi en cada momento.

A mis padres por su apoyo en mi carrera, logros, sueños y metas que me he trazado desde muy pequeña.

Agradezco a la Universidad César Vallejo, que me ha permitido concluir una de las más importantes etapas de mi vida profesional.

A mi novio Jahir, por sus sabios consejos, soporte emocional y jamás dejar de confiar en mí y alentarme en seguir adelante.

Al doctor Julio Ordoñez, ya que con su tan oportuno y acertado asesoramiento contribuyó enormemente en la culminación de mi tesis.

Muchas gracias por acompañarme en esta etapa y este trabajo se lo dedicó con mucho cariño y amor a todos los mencionados y a las personas que colaboraron para culminar mi trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación	14
3.2. Variables y Operacionalización	14
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimiento	15
3.6. Método de análisis de datos	23
3.7. Aspectos éticos	23
IV. RESULTADOS	24
4.1. Resultados de la caracterización fisicoquímica de los aceites extraídos de los posos de café.	24
4.2. Influencia de la velocidad de agitación	24
4.3. Caracterización fisicoquímica del biodiesel	29
V. DISCUSIÓN	34
VI. CONCLUSIONES	37
VII. RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS	39
ANEXOS	43
	iv

Anexo N° 1. Declaratoria de la autenticidad de la autora	43
Anexo N° 2. Declaratoria de autenticidad del asesor	44
Anexo N° 3. Matriz de operacionalización de variables	45
Anexo N° 4. Instrumentos de recolección de datos	46
Anexo N° 5. Validación de instrumentos	51
Anexo N° 6. Informe de ensayo N° 1-015-001/21 análisis de aceites extraídos de posos de café	67
Anexo N° 7. Informe de ensayo N° 1-066-002/21 análisis de biodiesel obtenido a partir de aceites extraídos de posos de café	68
Anexo N° 8. Cálculos realizados para hallar el índice de acidez del biodiesel obtenido del aceite de posos de café	69
Anexo N° 9. Registro fotográfico	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de investigación	14
Tabla 2. Fichas de recolección de datos	15
Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de los aceites extraídos de los posos de café	24
Tabla 4. Índice de acidez de los biodiesel obtenidos a partir del aceite extraído de posos de café	24
Tabla 5. Porcentaje de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel	25
Tabla 6. Análisis de varianza para los porcentajes de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel	28
Tabla 7. Agrupación de información utilizando el método de Tukey a una confianza de 95 %	28
Tabla 8. Características físicas y química del biodiesel obtenido a partir de aceite extraído de posos de café	29
Tabla 9. Prueba de t de Student para la densidad	30
Tabla 10. Prueba de t de Student para la viscosidad	31
Tabla 11. Prueba de t de Student para el índice de acidez	32
Tabla 12. Prueba de t de Student para el índice de yodo	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Pasos de la parte experimental	16
Figura 2. Disposición de posos de café recolectados	16
Figura 3. Secado de posos de café	17
Figura 4. Pesado de los posos de café secados	17
Figura 5. Disposición de hexano en el matraz de fondo redondo	18
Figura 6. Destilación simple para la separación del solvente del aceite	19
Figura 7. Calentado del aceite a 100 °C para eliminar rastros del solvente	19
Figura 8. Mezcla de aceite de posos de café, metanol y catalizador	20
Figura 9. Separación del biodiesel y la glicerina	21
Figura 10. Determinación de ácidos grasos libres presentes en el biodiesel	22
Figura 11. Gráfica de efectos para la conversión de aceite extraído de posos de café en biodiesel	26
Figura 12. Gráfica de probabilidad normal para la conversión de aceite extraído de posos de café en biodiesel	27

RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo general determinar el porcentaje de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel, el tipo de investigación fue experimental debido a que se manipulo la velocidad de agitación del proceso de transesterificación; durante el desarrollo experimental se caracterizó el aceite extraído de los posos de café el cual presento una densidad de 0,875 g/mL, viscosidad de 44,7 mm²/s, porcentaje de ácidos grasos libres de 2,729 %, índice de acidez de 5,722 mg KOH/g, índice de yodo 111,672 g I₂/100 g e índice de saponificación de 31,422 mg KOH/g; con el aceite extraído se obtuvo biodiesel mediante un proceso de transesterificación de un paso, utilizando NaOH como catalizador junto con metanol; mediante un análisis de diseño completamente aleatorizado se determinó que la velocidad de agitación influyó significativamente en la conversión del aceite en biodiesel, los resultados mostraron que el biodiesel producido bajo una velocidad de agitación de 100 rpm presento un porcentaje de conversión del 77,78 % mientras que el biodiesel producido bajo una velocidad de agitación de 400 rpm presento un porcentaje de conversión de 92,48 %, este último presentó una densidad de 0,88 g/mL, viscosidad de 5,47 mm²/s, porcentaje de ácidos grasos libres de 0,1605 %, índice de acidez de 0,3366 mg KOH/g e índice de yodo 83,754 g I₂/100 g.

Palabras clave: posos de café, aceite, biodiesel, velocidad de agitación

ABSTRACT

In the present investigation, the general objective was to determine the percentage of conversion of the oil extracted from coffee grounds into biodiesel. The type of investigation was experimental because the agitation speed of the transesterification process was manipulated; During the experimental development, the oil extracted from the coffee grounds was characterized, which presented a density of 0,875 g/mL, viscosity of 44,7 mm²/s, percentage of free fatty acids of 2,729 %, acid number of 5,722 mg KOH/g, iodine number 111,672 g I₂/100 g and saponification number of 31,422 mg KOH/g; Biodiesel was obtained with the extracted oil through a one-step transesterification process, using NaOH as a catalyst together with methanol; Through a completely randomized design analysis it was determined that the stirring speed significantly influenced the conversion of oil into biodiesel, the results showed that the biodiesel produced under a stirring speed of 100 rpm presented a conversion percentage of 77,78 % while that the biodiesel produced under a stirring speed of 400 rpm presented a conversion percentage of 92,48 %, the latter presented a density of 0,88 g/mL, viscosity of 5,47 mm²/s, percentage of free fatty acids 0,1605 %, acid number 0,3366 mg KOH/g and iodine number 83,754 g I₂/100 g.

Keywords: coffee grounds, oil, biodiesel, stirring speed

I. INTRODUCCIÓN

El uso de del diésel en la actualidad es una de las principales preocupaciones a nivel mundial ya que los vehículos que utilizan estos combustibles fósiles emiten óxidos de azufre formados durante la combustión, contaminando el aire, contribuyendo a la formación de lluvia ácida y la acidificación del suelo y cuerpos de agua (Martinez Gonzales et al., 2011).

En nuestro país, el consumo de diésel representa un 10 % del consumo total de combustibles vehiculares, estando después de la gasolina, además este combustible es usado en gran medida en las industrias de minería y transporte de acuerdo a Osinerming (2017), es por esto que el parque automotor genera una mayor contaminación del aire ya que el uso de diésel sumado a la antigüedad de los vehículos se genera una gran emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂ y contribuyendo al cambio climático (Romo Espinoza, 2017).

Debido a la contaminación que genera el diésel y en un marco de agotamiento de combustibles fósiles y una mayor conciencia del impacto ambiental negativo de los recursos fósiles, se ha venido proponiendo nuevas fuentes de energía renovable, el biodiésel es uno de varios combustibles líquidos ecológicos alternativos ya que reduce la cantidad de gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera que están causando el calentamiento global además los biodiésel no son tóxicos, son biodegradables y están libres de azufre, la desventaja que presentan los biodiésel industriales es que no son económicamente competitivos con los combustibles derivados del petróleo (Mueanmas et al., 2019).

En relación con lo mencionado, las fuentes alternativas de energía renovable usando biomasa reciben cada vez más atención, considerado la cuarta fuente de energía más grande del mundo, suministrando alrededor del 10% de la energía primaria a nivel mundial, como alternativa para los combustibles fósiles que reducirá tanto la cantidad de combustibles fósiles quemados como la emisión de gases de efecto invernadero además de ser económicamente

sustentable. Esto permite que la biomasa juegue un papel importante en el manejo del cambio climático antropogénico (Al-Hamamre et al., 2012).

A nivel de nuestra región Junín se da una gran producción de café además de ser la segunda bebida que es más consumida a nivel mundial, del que no es ajeno la provincia de Huancayo , el consumo de café genera un sub producto llamado posos de café, en la presente investigación se busca extraer el aceite de esta biomasa, que es estable, permanece viscoso y no se congela fácilmente, de acuerdo a Al-Hamamre et al. (2012), estas propiedades hacen del aceite de café un buena materia prima en la producción de biodiesel, combustible alternativo amigable con el medio ambiente además de ser renovable y económico (Van Gerpen, 2005).

Para el desarrollo de la siguiente investigación, se planteó el siguiente **problema general**: ¿Cuál será el porcentaje de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel? También se plantearon las siguientes **interrogantes específicas**: ¿Qué características físicas y químicas presentará el aceite extraído de los posos de café?, ¿Cómo influirá la velocidad de agitación en la conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel? y ¿Qué características físicas y químicas presentará el biodiesel obtenido a partir del aceite extraído de posos de café?

Se tiene así, que la presente investigación es importante porque determinara los pasos a seguir para la obtención de un combustible ecológico y renovable que no genere gran contaminación, reduciendo las emisiones principalmente de CO₂, además el biodiesel generado será económico en comparación con el biodiesel industrial hechos principalmente de palma africana, ya que la materia prima del biodiesel a obtener en esta investigación será obtenida de un subproducto generado en la bebida de café , los posos de café, que no presentan ningún valor y solo están destinados al desecho, todo lo descrito anteriormente hacen que la presente investigación sea importante para la preservación de la salud humana y el cuidado del medio ambiente, combatiendo al cambio climático y a la vez generando un tipo de energía renovable.

Por otro lado, el diésel utilizado en mayor medida por automóviles o en maquinarias, genera una gran contaminación de gases de efecto invernadero

como CO, CO₂, SO₂, NO₃, partículas de hollín, etc., sumándole a esto que son derivados de un recurso no renovable como el petróleo.

En base a lo expuesto anteriormente la presente investigación se justifica teóricamente porque proporcionara conocimientos basados en las características físicas y químicas que presentan el aceite extraído de los posos de café que se generan como un subproducto de la bebida de café, además determina su eficiencia en la obtención de biodiesel. Posee justificación metodológicamente porque establecerá los pasos a seguir para generar una mayor conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel, además evaluará el tiempo de reacción y la velocidad de agitación, dos variables importantes en el proceso de producción de biodiesel y finalmente como justificación práctica se tiene que el biodiesel obtenido podrá emplearse como una energía renovable, en vista de que su materia prima será el aceite extraído de los posos de café generados después de la bebida de café, los cuales son considerados como una biomasa de origen biológico, renovable y económica, este biodiesel podrá reemplazar a los diésels hechos a base de petróleo, considerado como un recurso no renovable, ya que se vienen agotando; además de esto el biodiesel cumplirá un papel de combustible ecológico porque no generara gran contaminación como los diésel, siendo su principal característica que no emite grandes cantidades de dióxido de carbono, principal gas de efecto invernadero que contamina el aire y aumenta los efectos del cambio climático a nivel mundial.

Se planteó por ello el **objetivo general** de la investigación el cual fue determinar el porcentaje de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel. Así mismo, los **objetivos específicos** fueron: caracterizar física y químicamente el aceite extraído de los posos de café, analizar la influencia de la velocidad de agitación en la conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel y caracterizar física y químicamente el biodiesel obtenido a partir del aceite extraído de posos de café.

La **hipótesis general** de la investigación fue: la obtención de biodiesel a partir del aceite extraído de posos de café presenta un porcentaje de conversión de 80 %. Así mismo, las **hipótesis específicas** fueron: las características físicas y

químicas del aceite extraído de los posos de café cumplen con lo dispuesto en las normas de la International American Standard for Testing Materials (ASTM D 6751), el incremento de la velocidad de agitación favorece positivamente en la conversión del aceite de posos de café en biodiesel, y las características físicas y químicas del biodiesel obtenido a partir del aceite extraído de posos de café presentan gran similitud con las características del biodiesel comercial.

II. MARCO TEÓRICO

Con el fin de lograr un entendimiento más amplio del tema y para realizar el proyecto de investigación, se tuvo en cuenta antecedentes del ámbito internacional, como del nacional y local, los cuales permitieron una comparación con los resultados que se obtuvieron en el estudio presente.

La optimización de la producción de biodiésel a través de la esterificación del ácido graso libre del aceite de semilla de *Cucurbita pepo* fue evaluado por Ogbu y Ajiwe (2013), utilizaron metanol y butanol en un sistema de reacción discontinuo a una relación de volumen 6:1 de alcohol/ácidos grasos libres, usaron H_2SO_4 como catalizador, estudiaron varios parámetros cinéticos como la cantidad de catalizador, el efecto de la velocidad de agitación, la temperatura de reacción y el tiempo con el objetivo de determinar las mejores condiciones posibles, ajustaron los datos experimentales y a partir de los coeficientes de correlación (R^2), el mejor modelo cinético para los datos se ajustaron al primer orden para la butilación y al segundo orden para la metilación, determinaron energías de activación de 39,91KJ / mol y 35,54KJ/mol para las reacciones de butilación y metilación, respectivamente.

La investigación sobre el uso de posos de café para la obtención de biodiesel fue desarrollada por Urribarrí et al. (2014), para ello los posos de café fueron secados y se sometieron a una extracción con CH_3OH y C_6H_{14} para la obtención de las grasas, obteniéndose mejores resultados con el hexano, una vez obtenido las grasas realizaron un proceso de transesterificación con hidróxido de potación y metanol para obtener biodiesel, evaluaron diferentes parámetros como: relación molar grasas/ CH_3OH , concentración de catalizador, velocidad de agitación, temperatura y tiempo y evaluaron el rendimiento del biodiesel mediante la concentración de esteres metílicos , obteniendo mayores esteres metílicos a un tiempo de 1h , 70°C, 400 rpm, 1,5% como concentración de catalizador y relación molar de grasa/ CH_3OH de 1:6, en base a los resultados concluyen que las grasas de los posos de café presentaron gran potencial para la obtención de biodiesel.

La producción de biodiesel a partir del aceite vegetal no comestible de frutas de la planta *Jatropha Curcas* fue estudiada por Roy et al. (2014), a través de una

reacción de esterilización con metanol, evaluaron la influencia de las relaciones molares, la temperatura de reacción (20°C, 30°C, 40°C, 50°C y 60°C), la concentración del catalizador y la velocidad del agitador (100 rpm-700 rpm) en la productividad de la preparación de biodiesel, el efecto de mezcla a través de las limitaciones de transferencia de masa tuvo una influencia profunda para la finalización óptima de la reacción, realizaron intentos para desarrollar un modelo matemático para discutir sobre el efecto de la transferencia de masa en diferentes fases utilizando la variación de la intensidad de mezcla en la reacción de transesterificación junto con la temperatura, aplicaron un enfoque teórico de control para administrar dicha dinámica para la producción máxima de biodiesel.

Según la investigación de Bendall et al. (2015), extrajeron aceite de granos de café utilizando dos métodos de separación en caliente y frío, separaron los granos de café de la mezcla de aceite y disolvente usando un papel de filtro o una celda de membrana sin salida, posteriormente utilizaron un evaporador rotativo para separar en aceite del solvente, para la obtención de biodiesel se transesterificó un total de 15 g de aceite de café con 60 ml de etanol (carga molar 60: 1) que contenía H₂SO₄ (1,5 g), durante el proceso analizaron el índice de refracción (IR) de los biodieseles obtenidos después de 2h , 4h y 6h, el IR mostró que a las 6 h, todas las reacciones habían convertido aproximadamente el 60% del triglicérido a biodiesel, aunque a las 24 h, todos los grupos lograron una conversión de más del 97,5%.

La importancia de la producción de biodiesel se debe a sus beneficios ambientales ya que produce menores emisiones de escape en comparación con los combustibles convencionales tal como lo mencionan en su estudio Satyanarayana, Sudheera y Engineering (2017), quienes además mencionan que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en más del 52% en comparación con el diésel de petróleo, consideraron que este combustible alternativo puede fabricarse a partir de fuentes renovables, como grasas animales, grasas y aceites vegetales, en este contexto valorizaron los residuos de café molido como material de partida para la producción de biodiesel, por lo tanto, se describen sus procesos y operaciones principalmente de transesterificación además de la extracción de los aceites, el objetivo que persiguieron fue hacer hincapié en la viabilidad de la conversión del aceite de

café, extraído químicamente de los residuos de café recolectados localmente, en un biodiesel.

El desarrollo y ampliación de una transesterificación in situ para la producción de biodiesel a partir de granos de café gastados industriales fue investigado por Tuntiwattanapun et al. (2017), quienes lavaron el grano de café con metanol lo que redujo su alto índice de acidez, encontraron que la reducción de tamaño (0,25–1,68 mm) y un aumento de las temperaturas de reacción (30–60 ° C) mejoran significativamente el rendimiento del biodiesel, todo los granos de café se desacidificaron se procesó a 50 ° C; y se logró un rendimiento máximo de biodiesel del 77% en 3 h, el biodiesel obtenido cumplió con el estándar de biodiesel ASTM en términos de glicerina total, contenido de agua, viscosidad cinemática e índice de estabilidad oxidativa (IEO), pero su valor de ácido excedió el estándar, el índice de estabilidad oxidativa del biodiésel in situ fue superior al del proceso convencional, probablemente debido a la coextracción de antioxidantes naturales.

De acuerdo a Liu et al. (2017), estudiaron los granos de café gastados (GCG) como posible materia prima de biodiesel, extrajeron el aceite utilizando solventes, presentaron un método de transesterificación directa (in situ) primero impregnaron el GCG con ácido sulfúrico como catalizador para la posterior transesterificación directa, investigaron los efectos de la concentración de H₂SO₄, el tiempo de reacción y la temperatura de reacción sobre el rendimiento de biodiesel, el rendimiento de biodiesel de café alcanzó una tasa de conversión del 98,61% en peso en condiciones óptimas de 70 °C, 20% en peso de ácido sulfúrico y 12 horas de tiempo de reacción, usaron 28,87 ml de metanol/g de aceite en el método de ensayo, el análisis de composición de los ésteres metílicos de ácidos grasos (EMAG) indicó que C16: 0 (palmitato de metilo) y C18: 2 (linoleato de metilo) fueron los componentes principales del biodiesel de café.

La producción de biodiesel utilizando residuos de café molido (RCM) fue evaluado por Go y Yeom (2017), encontraron que los RCM tenían un contenido de lípidos del 16,4% con un contenido de ácidos grasos libres (AGL) del 1,9%, la relación líquido-sólido (LSR) influyó significativamente en la extracción de lípidos de WCG; el 92,7% de la eficiencia de extracción de lípidos se logró a 13,7

ml de hexano/g-WCG, 30 minutos de tiempo de extracción y 25 ° C. debido al contenido relativamente bajo de AGL, usaron una reacción de catalizador alcalino (NaOH), el tiempo de reacción y la temperatura fueron los principales factores que afectaron la conversión de biodiesel, y el 94,0% de la conversión de biodiesel se obtuvo en condiciones óptimas para la transesterificación: 0,5% de catalizador, 1,5 mL de metanol/g-lípido, 45 ° C y 9 h de tiempo de reacción.

En la investigación realizada por Dang y Nguyen (2018), evaluaron las caracterizaciones físicas y químicas del aceite de café Robusta (CO) y su aplicación para la producción de biodiesel, las espectroscopias confirmaron que el método de soxhlet en hexano fue eficientemente para la extracción de aceite, el producto de biodiesel de calidad se preparó a partir de aceites extraídos de café molido a través de un proceso de dos pasos, investigaron el efecto del catalizador de NaOH y la concentración de metanol, ya que afectan fuertemente el rendimiento de biodiesel del aceite de café, después del proceso de pre tratamiento, la transesterificación de aceites GCG se realizó con metanol (v/v, 30%) y NaOH (w/v, 1%) con un rendimiento del 89,2%.

El potencial de los residuos de café molido (RCM) como materia prima para la producción de biodiesel fue investigado por Mueanmas et al. (2019), evaluaron en términos de extracción y esterificación del aceite de café molido (ARCM), obtuvieron un rendimiento más alto de aceite extraído de ARCM de 15,47% en peso obtenido a una proporción de hexano a RCM de 9: 1 (v/p) con una velocidad de mezcla de 200 rpm y una duración de extracción de 5 minutos a temperatura ambiente, posteriormente llevaron a cabo una reacción de esterificación para reducir la concentración de ácido graso libre (AGL), en la etapa de esterificación, la conversión de AGL fue del 95% en una relación molar de 9,1: 1 de MeOH/AGL con 11,7% en peso de catalizador, un tiempo de reacción de 97,2 min a una temperatura de 65°C, por lo tanto, los resultados de este estudio respaldan la utilización de ARCM como fuente de materia prima de aceite no comestible para la producción de biodiesel.

Algunos alcances teóricos son descritos a continuación, estos sirvieron de sustento para desarrollar la investigación.

El biodiesel según Satyanarayana y Sudheera (2017), es un combustible alternativo seguro para reemplazar el diésel de petróleo tradicional. Tiene alta lubricidad y es un combustible de combustión limpia. Puede ser un componente de combustible para usar en motores diésel no modificados existentes. Esto significa que no son necesarias modificaciones cuando se usa combustible biodiesel en cualquier motor de combustión diésel. Es el único combustible alternativo que ofrece tal comodidad. El biodiesel actúa como el diésel de petróleo, pero produce menos contaminación del aire. Proviene de fuentes renovables y es biodegradable y más seguro para el medio ambiente. La producción de combustibles biodiesel puede ayudar a crear una revitalización económica local y beneficios ambientales locales. El biodiesel está diseñado para una compatibilidad completa con el diésel de petróleo y se puede mezclar en cualquier proporción, desde niveles de aditivos hasta 100% de biodiesel. En los Estados Unidos hoy en día, el biodiesel se produce típicamente a partir de aceite de soja o de semilla de soja o se puede reprocesar a partir de aceites de cocina o grasas animales como el aceite de pescado y el café de desecho. Porque estos son completamente una fuente de combustible renovable.

En la producción de biodiesel, la transesterificación es la reacción de grasas o aceites con alcoholes para formar biodiesel. En general, existen dos métodos de transesterificación: el primer método emplea un catalizador y el segundo método es una opción sin catalizador, como un proceso supercrítico, y sistemas codisolventes según lo menciona Bin y Nawi (2015), además la aplicación de la transesterificación mediante el uso de catalizador parece ser prometedora porque puede simplificar la producción y los procesos de purificación, disminuir la cantidad de agua residual básica, reducir el tamaño del equipo del proceso y reducir el impacto ambiental y el costo del proceso. En general, se usa un catalizador para iniciar la reacción de esterificación para producir biodiesel. El catalizador es esencial ya que el alcohol es apenas soluble en aceite o grasa. El catalizador mejora la solubilidad del alcohol y, por lo tanto, aumenta la velocidad de reacción. El proceso de transesterificación para la producción de biodiesel se logra convencionalmente usando catalizadores de base o ácido homogéneos. El método catalítico alcalino se sigue cuando el contenido de ácidos grasos libres del material alimentado es inferior al 1 %; mientras que el proceso catalítico ácido

se sigue cuando el contenido de ácidos grasos libres es superior al 1 %. La catálisis heterogénea está recibiendo mucha atención ya que el ácido sólido o los catalizadores básicos sólidos que podrían usarse en un proceso catalizado heterogéneamente no producen jabones a través de la neutralización ácida de los ácidos grasos libres y la saponificación de triglicéridos. La velocidad de la reacción de transesterificación está fuertemente influenciada por la temperatura; cuanto mayor es la temperatura, más rápida es la velocidad de reacción y más corta el tiempo de reacción. Sin embargo, la reacción se realiza por debajo del punto de ebullición del alcohol utilizado, generalmente 60 ° C para metanol y 78 °C para etanol.

La reacción de transesterificación de acuerdo a Caetano et al. (2014), es una reacción reversible con tres pasos sucesivos, donde los triglicéridos se convierten en diglicéridos, los diglicéridos en monoglicéridos y los monoglicéridos en ésteres y glicerol. A partir de esta reacción, se obtienen tres moles de monoalquiléster de ácido graso (biodiesel) y un mol de glicerol como subproducto.

El proceso de producción de biodiesel catalizado alcalinamente es el proceso de transesterificación de un triglicérido de grasa o aceite con un alcohol para formar éster y glicerol, en presencia de un catalizador alcalino tal como lo menciona Karmakar, Karmakar y Mukherjee (2010), el éster más comúnmente preparado es el éster metílico porque el metanol es el alcohol menos costoso. Los catalizadores alcalinos tales como hidróxido de sodio o potasio, o metóxido de sodio o potasio son los más comunes y se prefieren debido a sus altos rendimientos. El proceso catalizado en base es relativamente rápido, pero se ve afectado por el contenido de agua y los ácidos grasos libres de aceites o grasas. Los ácidos grasos libres pueden reaccionar con catalizadores basados para formar jabones y agua. Los jabones no solo reducen el rendimiento de los ésteres de alquilo, sino que también aumentan la dificultad en la separación de biodiesel y glicerol y también en el lavado con agua debido a la formación de emulsión. Se encontró que los catalizadores de metóxido dan rendimientos más altos que los catalizadores de hidróxido, y el catalizador a base de potasio proporciona un mejor rendimiento de biodiesel que el catalizador a base de sodio

Los sistemas de catalizador ácido se caracterizan por una velocidad de reacción lenta y una alta proporción de requerimiento de alcohol y triglicéridos (20: 1 y más) como lo especifica Van Gerpen (2005), en general, las reacciones catalizadas por ácido se usan para convertir los AGL en ésteres, o los jabones en ésteres como una etapa de pretratamiento para materias primas con alto contenido de AGL. El proceso de catalizador ácido requiere un exceso de alcohol, por lo tanto, el reactor de transesterificación y la columna de destilación alcalina del proceso catalizado con ácido son más grandes que el proceso catalizado con álcali para la misma capacidad de producción de biodiesel. Se puede lograr una alta eficiencia de conversión con transesterificación catalizada por ácido al aumentar la relación molar de alcohol a aceite, la temperatura de reacción, la concentración de catalizador ácido y el tiempo de reacción.

La transesterificación catalizada con álcali en un paso fue estudiada por Blinová, Bartošová y Sirotiak (2017), quien menciona que es la reacción de alcohol (generalmente metanol) y triglicéridos bajo un catalizador alcalino (base). El proceso catalizado por álcalis tiene una limitación: es muy sensible a la pureza de los reactivos (tanto al agua como a los ácidos grasos libres). La presencia de agua puede causar saponificación de éster en condiciones alcalinas. Además, los ácidos grasos libres pueden reaccionar con un catalizador alcalino para producir jabones y agua. La saponificación no solo consume el catalizador alcalino, sino que también los jabones resultantes pueden causar la formación de emulsiones. La formación de emulsión crea dificultades en la recuperación y purificación aguas abajo del biodiésel. Los límites del contenido de AGL con respecto a la posibilidad de llevar a cabo una transesterificación catalizada con álcali en un solo paso van desde 0.5% de AGL (corresponde a un valor ácido de 1 mg KOH / g) a 1% de AGL (corresponde a un índice de acidez de 2 mg de KOH / g).

La transesterificación en dos pasos fue estudiada por Blinová, Bartošová y Sirotiak (2017), el problema con el procesamiento de aceites y grasas de bajo costo (aceites y grasas de cocina de desecho, aceite GCG) es que a menudo contienen grandes cantidades de ácidos grasos libres que no se pueden convertir en biodiesel utilizando un catalizador alcalino debería convertirse inicialmente en éster en el primer paso, por reacción del aceite con alcohol

(generalmente metanol) usando un catalizador ácido (pretratamiento catalizado con ácido). Los catalizadores ácidos deben usarse cuando la concentración de ácidos grasos libres de la materia prima es superior a 2,0 mg de KOH/g de aceite (contenido de AGL <1% en peso). En el segundo paso (transesterificación catalizada con álcali) los triglicéridos restantes son transesterificados con alcohol mediante el uso de un catalizador alcalino para producir ésteres metílicos y glicerol. Con este enfoque, es posible lograr la tasa de conversión máxima posible. Por lo tanto, un paso de pretratamiento catalizado por ácido para convertir los ácidos grasos libres en ésteres no auténticos seguido de un paso catalizado por álcali para convertir los triglicéridos debería proporcionar un método eficaz y eficiente para convertir las materias primas altas en ácidos grasos libres en biodiesel.

El biodiesel se puede producir también por transesterificación directa (transesterificación in situ) que según Blinová, Bartošová y Sirotiak (2017), dado que el proceso de transesterificación in situ en húmedo de posos de café integra extracción de petróleo, esterificación y transesterificación en un solo paso, permite producir directamente biodiesel a partir de posos de café y ahorrar el costo de producción. También es una forma ecológica de reciclar los desechos municipales y utilizarlos como energía renovable. Este proceso es mucho más simple. Para la transesterificación in situ, la mayoría de los estudios utilizaron un catalizador alcalino (hidróxido de sodio, hidróxido de potasio o metóxido de sodio) debido a la corrosividad reducida, menor tiempo de reacción y menor cantidad de catalizador en comparación con el proceso ácido. En la producción de biodiésel también es necesario utilizar los pasos de purificación después de la esterilización para garantizar que el producto cumple con las estrictas normas y especificaciones internacionales. Para la caracterización del biodiésel es posible evaluar la apariencia visual del biodiésel (color y estado físico), valores de ácido y yodo, contenido de agua, rendimiento de reacción y contenido de éster metílico, densidad, viscosidad cinemática, número de cetano, punto de inflamación, nubes y puntos de fluidez, etc.

Los granos de café gastados o posos de café según Vardon et al. (2013), son problemáticos para su eliminación debido a la alta demanda de oxígeno durante la descomposición y la posible liberación de contaminantes residuales de

cafeína, tanino y polifenoles al medio ambiente. Los granos de café gastados son atractivos para la producción de biodiesel debido a su alto contenido de lípidos, que es ~15% en peso seco.

Según Bendall et al. (2015), los granos de café contienen lípidos que están compuestos predominantemente por triglicéridos; con una composición aproximada de ácido linoleico (44-50%), ácido palmítico (35-40%), ácido oleico (7-8%) y ácido esteárico (7-8%). La cantidad de aceite obtenida del café depende de la fuente y varía del 11 al 20% en peso en peso seco. Este aceite se puede transesterificar para producir biodiesel. Además de acuerdo a Al-Hamamre et al. (2012), el contenido de aceite en la fuente de café varía del 11 al 20% en peso dependiendo de sus tipos, en granos de café defectuosos, el rendimiento del aceite varia del 10% al 12% en peso seco y el café gastado molido contiene 10–15% en peso.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación

El tipo de investigación será experimental porque manipula un variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir el modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento partícula Quezada Lucio (2010).

La presente investigación tendrá una sola variable: velocidad de agitación, con dos niveles que serán de 100 rpm y 400 rpm, es por ello que se aplicará un diseño completamente aleatorizado (DCA) (Montgomery, 2004).

La investigación tendrá un nivel de investigación explicativo, el cual responde las causas de un suceso, así como también determina el comportamiento de la variable dependiente en función de la variable independiente (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014).

3.2. Variables y Operacionalización

En la **Tabla 1**, se mencionan las variables de investigación y en el anexo 2, la matriz de operacionalización de variables.

Tabla 1. Variables de investigación

Variables de investigación	
Aceite de poso de café	INDEPENDIENTE
Biodiesel	DEPENDIENTE

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

La población estuvo representada por 1,5 litros de aceite extraído de los posos de café.

El tamaño de muestra fue de 98,279 mL, aproximando se utilizó 100 mL de aceite extraído de posos de café.

Se recopiló los posos de café generados como un producto residual en la bebida de café, estos fueron recolectados de las distintas cafeterías del centro de la ciudad de Huancayo de forma aleatoria simple, los envases que se utilizaron para el acopio de los posos de café fueron envases de plásticos, con tapa hermética.

La unidad muestral o unidad de análisis fue de 250 mL para el estudio de sus características fisicoquímicas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica aplicada para la investigación fue la observación, la cual permitió la interacción del investigador con la recolección de los posos de café para obtener biodiesel.

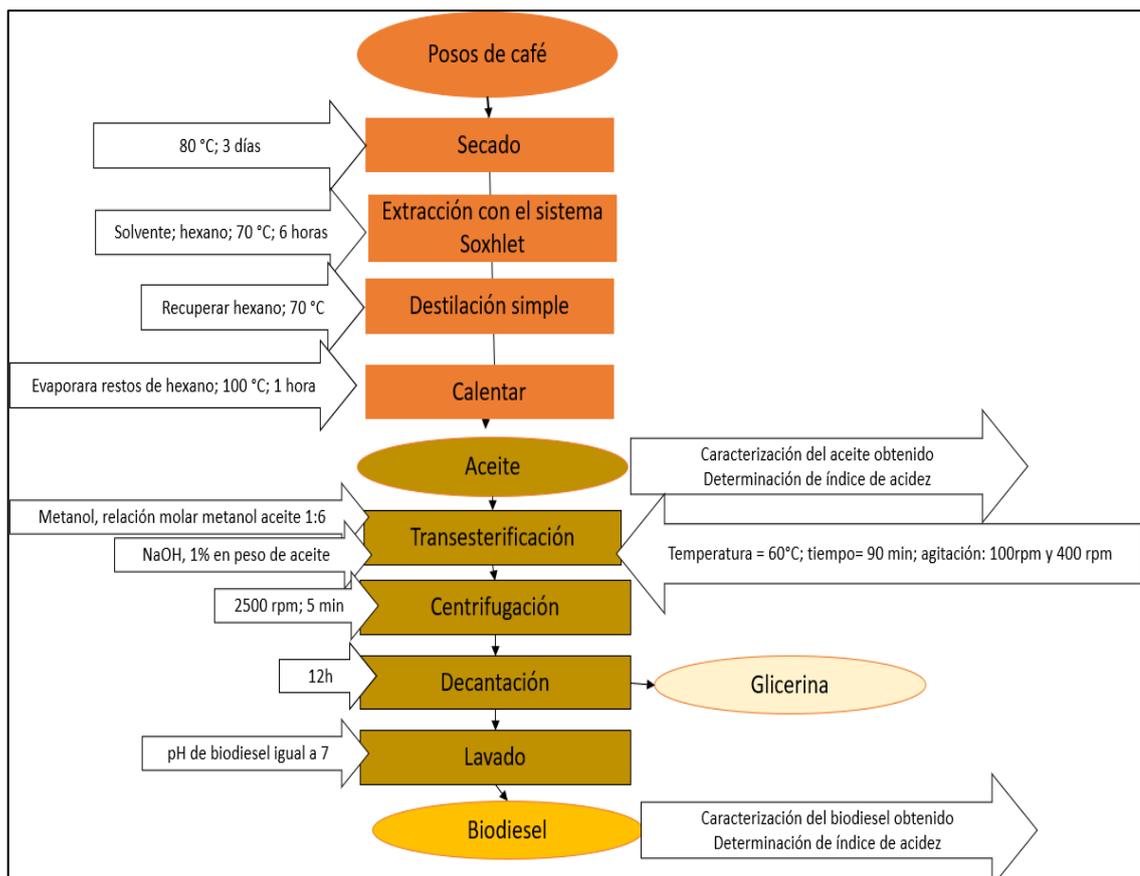
Se emplearon como instrumentos 5 fichas de recolección de datos, las cuales están detalladas en el anexo 3 y se resumen en la **Tabla 2**:

Tabla 2. Fichas de recolección de datos

Ficha 1	Ficha de ubicación
Ficha 2	Características fisicoquímicas del aceite de posos de café
Ficha 3	Control de proceso de destilación soxhlet
Ficha 4	Elaboración de biodiesel
Ficha 5	Caracterización final del biodiesel

3.5. Procedimiento

Seguidamente, damos a conocer el procedimiento que se llevó a cabo durante la fase experimental de la presente investigación, la cual se muestra en la **Figura 1**.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Pasos de la parte experimental

A. Acopio de los posos de café

En primera instancia se recopiló los posos de café generados como un producto residual en la bebida de café, estos fueron recolectados de las distintas cafeterías del centro de la ciudad de Huancayo, los envases que se utilizaron para el acopio de los posos de café fueron envases de plásticos, con tapa hermética (**Figura 2**).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2. Disposición de posos de café recolectados

B. Secado de los posos de café

Se le quitaron algunas impurezas que presentaron los posos de café para ser introducidos en un horno a 80°C durante 3 días, con el fin de eliminar toda la humedad que presentó y evitar el crecimiento de hongos que alteren la composición de los posos de café (**Figura 3**).



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3. Secado de posos de café

C. Extracción del aceite de los posos de café

El objetivo fue extraer 1,5 L de aceite para lo cual se utilizó un sistema Soxhlet, para lo cual primero se armó el equipo que constó de un refrigerante, un matraz redondo, una cámara extractora y una cocinilla; seguidamente se siguieron los siguientes pasos:

- Se pesó 50 g de los posos de café secados y fueron envueltos en papel filtro, de modo que la biomasa no se mezcle con el solvente, este paquete fue puesto en la cámara extractora (**Figura 4**).



Fuente: Elaboración Propia
Figura 4. Pesado de los posos de café secados

- En el matraz de fondo redondo se colocó 400 mL de hexano, el que fue el solvente del proceso (**Figura 5**).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. Disposición de hexano en el matraz de fondo redondo

- Se puso en funcionamiento el sistema, en el que se controló la temperatura, la cual se mantuvo en 70°C debido a que es mayor al punto de ebullición del solvente, este proceso se realizó durante 6 horas, para asegurar el máximo rendimiento del aceite, cabe mencionar que el refrigerante del proceso fue agua.
- Una vez terminado el proceso soxhlet se realizó una destilación simple para separar el solvente del aceite obtenido, este proceso se realizó calentando la mezcla de aceite y hexano hasta 70 °C en un sistema de arrastre de vapor que ayudó a evaporar el solvente y recuperarlo, cabe mencionar que el refrigerante del proceso fue agua (**Figura 6**).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6. Destilación simple para la separación del solvente del aceite

- Como último paso el aceite obtenido se calentó durante 1 h a una temperatura de 100 °C para eliminar cualquier rastro de solvente (**Figura 7**).



Fuente; Elaboración Propia

Figura 7. Calentado del aceite a 100 °C para eliminar rastros del solvente

D. Caracterización del aceite de posos de café

El aceite obtenido se sometió a una caracterización fisicoquímica, que determinó la calidad del aceite, asimismo se compararon con los de American Standard for Testing Materials (ASTM D 6751).

La muestra de aceite extraído de posos de café se envió al laboratorio de Análisis ambientales para su caracterización física (densidad y viscosidad) y para su caracterización química (porcentaje de ácidos grasos libres, índice de acidez, índice de yodo e índice de saponificación).

E. Procedimiento para la obtención de biodiesel

Para la obtención del biodiesel se siguieron los siguientes pasos:

- El aceite extraído de posos de café se calentó hasta 54 °C para homogenizarlo.
- Posteriormente se ingresó 100 mL del aceite calentado junto con metanol y el catalizador, NaOH, a un reactor batch (balón de fondo plano de 250 mL), la relación molar de metanol y aceite de posos de café fue de 6:1; y en cuanto al catalizador se agregó 1 % en peso del aceite de posos de café a utilizar (**Figura 8**).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 8. Mezcla de aceite de posos de café, metanol y catalizador

- La mezcla de aceite, metanol y catalizador fue agitada en dos niveles de velocidad 100 rpm (revoluciones por minutos) y 400 rpm, bajo una temperatura del proceso de 60 °C.

- El tiempo de la reacción para la obtención de biodiesel fue evaluado en 90 minutos.
- Después de que la reacción se haya dado lugar, la mezcla fue sometido a un proceso de centrifugación a 2500 rpm durante 5 minutos.
- Posteriormente a la centrifugación la mezcla, esta fue dispuesta en un embudo de decantación, dejándola reposar durante 12 h, esto ayudó a la separación de dos fases, la fase del fondo fue la glicerina formada y la fase superior fue el biodiesel (**Figura 9**).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Separación del biodiesel y la glicerina

- Finalmente, al biodiesel obtenido se le midió el pH, este procedimiento se realizó hasta que el pH del biodiesel de aceite de posos de café sea neutro.
- Para determinar el porcentaje de conversión del aceite en el biodiesel se aplicó la siguiente formula

$$\text{Conversión (\%)} = \frac{I_0 - I_i}{I_0} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

I_0 : Índice de acidez del aceite de posos de café

I_i : Índice de acidez del biodiesel

F. Determinación del índice de acidez

Asimismo, para determinar el porcentaje de conversión de aceite en biodiesel se halló el índice de acidez del biodiesel obtenido. El procedimiento realizado para determinar el índice de acidez del biodiesel obtenido se detalla a continuación:

Se pesó 10 g de aceite obtenido de los posos de café, y se vertió en un vaso precipitado de 150 mL, seguidamente se añadió 50 mL de alcohol y se mezcló con un agitador magnético, cuando estuvo completamente mezclado se le añadió dos o tres gotas de fenolftaleína el cual fue utilizado como indicador, esta mezcla fue titulada con NaOH a 0,1 N hasta que apareció una coloración grosella en la muestra durante 5 segundos (Figura 10).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 10. Determinación de ácidos grasos libres presentes en el biodiesel

Finalmente, con los datos obtenidos se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{V \times C \times 56,1}{m} \quad (2)$$

Donde:

V=volumen de NaOH gastado en la titulación (mL)

C= concentración del NaOH (mol/L)

m=peso de aceite de posos de café utilizado (g)

56,1 es la masa molecular del hidróxido de potasio.

Para preparar NaOH a una concentración de 0,1 N, primero se aplicó la siguiente fórmula para determinar cuánto de NaOH se pesó:

$$W_{\text{NaOH}} = M \times V \times PM_{\text{NaOH}}$$

$$W_{\text{NaOH}} = (0,1 \text{ mol/L}) \times (0,05 \text{ L}) \times (40 \text{ g/mol}) = 0,2 \text{ g}$$

Se pesó 0,2 g de NaOH y se disolvió en 50 mL de agua destilada.

G. Caracterización del biodiesel obtenido de aceite de posos de café

Al igual que el aceite, el biodiesel obtenido fue mandado al laboratorio de Análisis ambientales para su caracterización física (densidad y viscosidad) y su caracterización química (porcentaje de ácidos grasos libres, e índice de yodo).

3.6. Método de análisis de datos

En la presente investigación, los datos generados durante la fase de campo y gabinete fueron tratadas mediante la hoja de cálculo Excel del Microsoft office y el software estadístico Minitab BV 18.0.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación respetó la propiedad intelectual, citando a los autores y la ética en investigación de la universidad, RCU N° 0126-2017/UCV. Además, se ajustó a la Resolución Rectoral N° 0089 -2019/UCV, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante Disposición N° 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV: la cual se verificó mediante el turnitin la evidencia de no copia del proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de la caracterización fisicoquímica de los aceites extraídos de los posos de café.

Se determinaron las características fisicoquímicas de los aceites extraídos de los posos de café, los análisis se realizaron en el laboratorio de análisis ambientales cuyo informe de ensayo N° 1-015-001/21 se muestra en el Anexo N° 6.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica se detallan en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de los aceites extraídos de los posos de café

	Característica	Valor	Unidad
Física	Densidad	0,875	g/mL
	Viscosidad	44,7	mm ² /s
Química	%AGL	2,729	%
	Índice de acidez	5,722	mg KOH/g
	Índice de yodo	111,672	g I ₂ /100 g
	Índice de Saponificación	31,422	mg KOH/g

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Influencia de la velocidad de agitación

Después del proceso de transesterificación para convertir el aceite extraído de posos de café en biodiesel, se halló los índices de acidez de los biodiesel obtenidos, los cálculos realizados se describen en el anexo N° 8 y los resultados se describen en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Índice de acidez de los biodiesel obtenidos a partir del aceite extraído de posos de café

	Índice de acidez	
	100 rpm	400 rpm
Réplica I	1,234 mg KOH/g	0,449 mg KOH/g
Réplica II	1,403 mg KOH/g	0,337 mg KOH/g
Réplica III	1,178 mg KOH/g	0,505 mg KOH/g

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 4** se observa que los biodiesel obtenidos bajo una agitación de 400 rpm cumplen con lo dispuesto en norma ASTM al presentar índices de acidez menores a 0,5 mg KOH/g, notándose que el índice de acidez más bajo es el de 0,337 mg KOH/g obtenido en la segunda réplica al someter el proceso de transesterificación a 400 rpm, mientras que los índices de acidez de los biodiesel obtenidos bajo agitación de 100 rpm presentaron valores superiores a 1 mg KOH/g, siendo el mayor valor registrado de 1,234 mg KOH/g en la réplica I.

Utilizando el valor del índice de acidez del aceite extraído de posos de café y los índices de acidez de los biodiésel se halló el porcentaje de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel al aplicar la formula (1).

Tabla 5. Porcentaje de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel

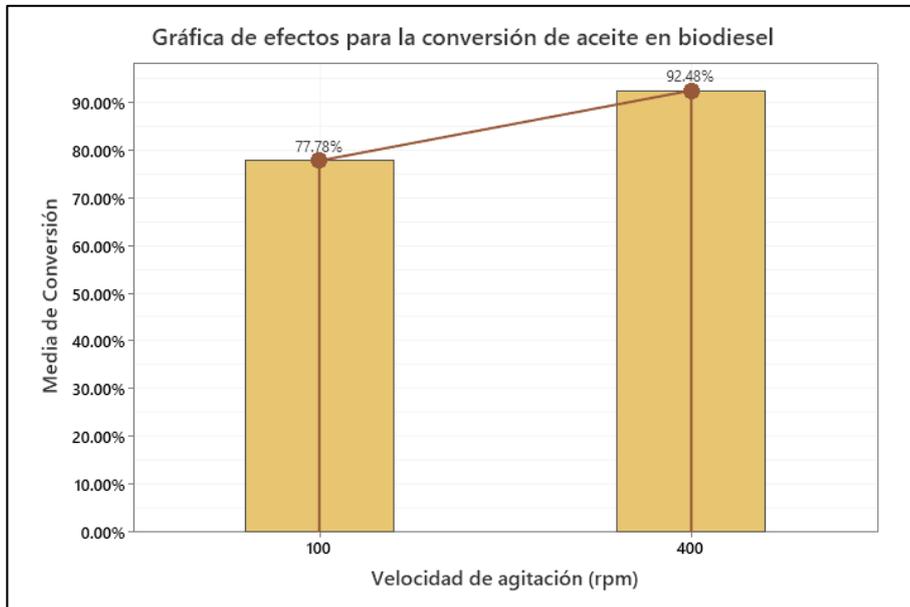
	Conversión (%)	
	100 rpm	400 rpm
Réplica I	78,43%	92,16%
Réplica II	75,49%	94,12%
Réplica III	79,41%	91,18%

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 5** se presenta los porcentajes de conversión del aceite extraído de los posos de café en biodiesel, se observa que en el proceso de transesterificación sometido a 400 rpm se obtuvo porcentajes de conversión mayores al 90 %, obteniendo el mayor porcentaje de conversión de 94,12 % en la segunda réplica; mientras que, en el proceso de transesterificación sometido a 100 rpm, el porcentaje de conversión de aceite en biodiesel solo alcanzó un máximo de 78,43 % en la réplica I.

Para analizar el efecto de las revoluciones por minuto en el porcentaje de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel se

construyó una gráfica de efectos principales tal como se muestra en la **Figura 11**.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Gráfica de efectos para la conversión de aceite extraído de posos de café en biodiesel

En la **Figura 11** se advierte que al someter el proceso de transesterificación a 100 rpm el porcentaje de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel es del 77,78 %, valor que se incrementa hasta un 92,48 % cuando el proceso de transesterificación se realiza a 400 rpm.

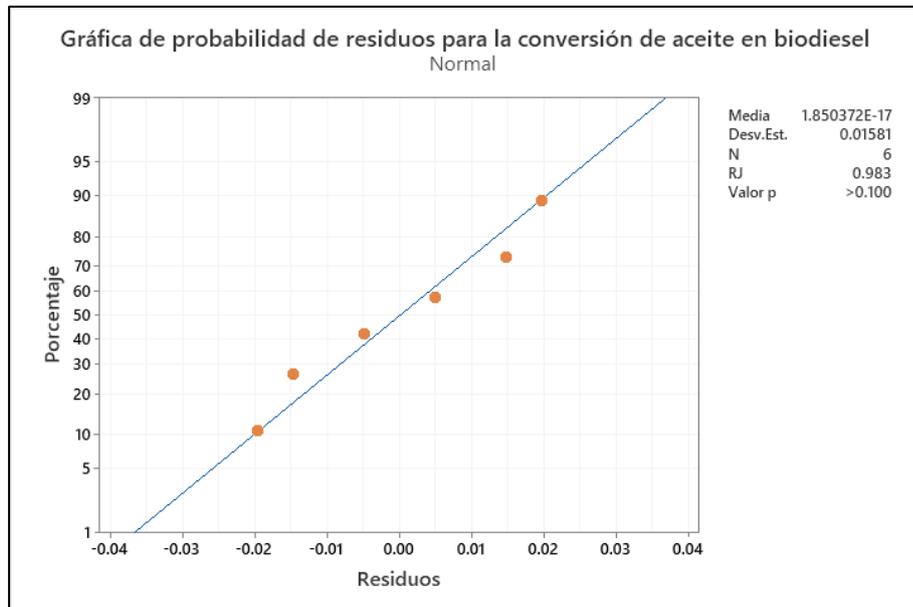
Para determinar la influencia de la velocidad de agitación en la conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel, se realizó un análisis de varianza con el software estadístico Minitab.

En primer lugar, se determinó si los resultados obtenidos provinieron de una población normal, la cual es un modelo teórico que aproxima el valor de una variable aleatoria a una situación ideal, para determinar si la población es normal se aplicó la siguiente prueba de hipótesis:

H_0 = Los datos proceden de una población normal

H_a = Los datos no proceden de una población normal

Para afirmar o rechazar las hipótesis se tomó en cuenta un nivel de confianza del 95 %, siendo el valor de significancia (α) de 0,05; si el valor del estadístico p es mayor al valor de significancia se aceptará la hipótesis nula de lo contrario se acepta la hipótesis alterna.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. Gráfica de probabilidad normal para la conversión de aceite extraído de posos de café en biodiesel

En la **Figura 12** se muestra la gráfica de probabilidad normal para el porcentaje de conversión de aceite extraído de biodiesel, dicha gráfica se construyó con residuos generados por la diferencia entre la respuesta observada y la predicha, para el estadístico de Ryan – Joiner (utilizado por tener menos de 30 datos) se obtienen un valor de p mayor a 1, al ser un valor mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula, aceptando que los datos provinieron de una población normal.

Demostrando que los datos procedieron de una población normal se realizó un análisis de varianza.

Tabla 6. Análisis de varianza para los porcentajes de conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Réplicas	2	0,000032	0,000016	0,03	0,975
Velocidad de agitación	1	0,032439	0,032439	51,92	0,019
Error	2	0,001250	0,000625		
Total	5	0,033721			

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 6** se observa los valores de p para las réplicas y la velocidad de agitación, respecto a las réplicas muestra un valor de p de 0,975 al ser mayor a 0,05 se infiere que las réplicas no mostraron diferencias estadísticamente significativas presentando una varianza mínima; mientras que el valor de p para la velocidad de agitación es de 0,019 al ser un valor menor a 0,05 se determina que la velocidad de agitación presento diferencias estadísticamente significativas infiriendo que esta factor influyó sobre la conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel.

En vista de que la velocidad de agitación influyó en la conversión del aceite extraído de posos de café en biodiesel se realizó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey para determinar qué nivel de velocidad de agitación logró mejores resultados.

Tabla 7. Agrupación de información utilizando el método de Tukey a una confianza de 95 %

Velocidad de agitación (rpm)	N	Conversión (%)	Agrupación
400	3	92,4837	A
100	3	77,7778	B

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 7** se observa que al realizar un proceso de transesterificación con una velocidad de agitación de 400 rpm se obtuvo una mayor conversión de aceite en biodiesel de 92,4837 %, sin embargo al aplicar una velocidad de agitación de 100 rpm en el proceso de transesterificación el porcentaje de conversión de aceite en biodiesel solo alcanzó el 77,7778 %, ambos niveles de la velocidad de agitación presentaron diferencias significativas entre sí, es por eso que las letras de agrupación son distintas. En base a los resultados presentados en la tabla 7 se puede aceptar la segunda hipótesis que afirma que “El incremento de la velocidad de agitación favorece positivamente en la conversión del aceite de posos de café en biodiesel”

4.3. Caracterización fisicoquímica del biodiesel

Debido a que las réplicas no presentaron diferencias significativas, solo se caracterizó los biodiesel con mayor porcentaje de conversión que fueron obtenidos al utilizar una velocidad de agitación de 100 rpm y 400 rpm. Las muestras de biodiesel fueron enviados al laboratorio de análisis ambientales para su caracterización fisicoquímica, los resultados obtenidos se presentan en el informe de ensayo N° 1-066-002/21 presentado en el anexo N° 7; asimismo, dichos resultados se muestran en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Características físicas y química del biodiesel obtenido a partir de aceite extraído de posos de café

Característica	Unidad	biodiesel (100 rpm)	biodiesel (400 rpm)	Norma ASTM D6751	Norma EN 14214
densidad	g/mL	0,86	0,88	-----	0,86 - 0,9
viscosidad	mm ² /s	6,01	5,47	1,9-6,0	3,5 - 5
% AGL	%	0,5618	0,1605		
índice de acidez	mg KOH/g	1,1781	0,3366	0,5 máx	0,5 máx.
índice de yodo	g I ₂ /100g	60,912	83,754	-----	120 máx

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 8** se muestra la caracterización del biodiesel obtenido en la réplica III donde se sometió a una velocidad de agitación de 100 rpm; asimismo se caracterizó el biodiesel obtenido en la réplica II donde se sometió a una velocidad de agitación de 400 rpm, los cálculos realizados para obtener estos valores se muestran en el anexo 9.

Asimismo, se muestra los límites establecidos por la Norma Americana para Ensayos de Materiales (ASTM D 6751) y la Norma Europea (EN 14214). Para determinar estadísticamente si las características de los biodiéselos cumplen con las normas descritas se realizó una prueba de t de Student con el software estadístico Minitab (**Tabla 9**).

A. Densidad

De acuerdo con lo expuesto en la tabla 8, la densidad debe estar entre los valores de 0,86 g/mL a 0,9 g/mL según la norma EN 14214, por ello se realizó la contrastación de hipótesis con el mayor valor como media hipotética.

Tabla 9. Prueba de t de Student para la densidad

Norma	Biodiesel	Media (g/mL)	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ	Valor P
Norma EN 14214	100 rpm	0,86	0,001	0,000707	0,864464	0,006
	400 rpm	0,88				0,011

Fuente: Elaboración Propia

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 0,9$

Hipótesis alterna $H_1: \mu < 0,9$

Ambos biodiesel producidos bajo velocidad de agitación de 100 rpm y 400 rpm presentaron valores de p menores al nivel de significancia

($\alpha=0,05$) por ende se acepta que sus densidades son menores a 0,9 cumpliendo con lo establecido en la norma EN 14214.

B. Viscosidad

De acuerdo con lo expuesto en la **Tabla 8**, la viscosidad debe estar entre los valores de 1,9 mm²/s a 6,0 mm²/s según la norma ASTM D6751 o entre los valores de 3,5 mm²/s a 5,0 mm²/s según la norma EN 14214, por ello se realizó la contrastación de hipótesis con el mayor valor como media hipotética.

Tabla 10. Prueba de t de Student para la viscosidad

Norma	Biodiesel	Media (mm ² /s)	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ	Valor p
Norma ASTM D6751	100 rpm	6,01	0,001	0,00071	6,01446	0,978
	400 rpm	5,47			5,47446	0,000
EN 14214	100 rpm	6,01	0		6,01446	1,000
	400 rpm	5,47			5,47446	1,000

Fuente: Elaboración Propia

Prueba para la Norma ASTM D6751

Hipótesis nula $H_0: \mu \geq 6,0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu < 6,0$

Según los resultados presentados en la **Tabla 10** se observa que para el análisis estadístico de acuerdo con la norma ASTM D6751, el valor de p para la viscosidad del biodiesel producido bajo velocidad de agitación de 100 rpm fue de 0,978 al ser mayor al nivel de significancia se acepta la hipótesis nula infiriendo que presenta una viscosidad mayor a 6,0 mm²/s por ende el no cumple con lo dispuesto en dicha norma. Respecto al valor de p para la viscosidad del biodiesel producido bajo velocidad de agitación de 400 rpm fue de 0,000 al ser

menor al nivel de significancia se acepta la hipótesis alterna por lo tanto se infiere que este biodiesel si cumple con lo dispuesto en la norma.

Prueba para la Norma EN 14214

Hipótesis nula $H_0: \mu \geq 5,0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu < 5,0$

En el análisis estadístico para la norma EN 14214 se observa que el valor de p es 1,000 tanto para la viscosidad del biodiesel producido bajo velocidad de agitación de 100 rpm y para el biodiesel producido bajo velocidad de agitación de 400 rpm; al ser mayor al nivel de significancia se acepta la hipótesis nula infiriendo que los biodiéselos no cumplen con lo dispuesto en la norma.

C. Índice de acidez

De acuerdo con lo expuesto en la **Tabla 8**, el índice de acidez debe ser menor a 0,5 mg KOH/g según las normas ASTM D6751 y EN 14214.

Tabla 11. Prueba de t de Student para el índice de acidez

Norma	Biodiesel	Media (mg KOH/g)	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ	Valor p
Norma ASTM D6751 y EN 14214	100 rpm	1,1781	0,001	0,00071	1,17814	1,000
	400 rpm	0,3366			0	0,33664

Fuente: Elaboración Propia

Hipótesis nula $H_0: \mu \geq 0,5$

Hipótesis alterna $H_1: \mu < 0,5$

Según los resultados presentados en la **Tabla 11**, el valor de p para el biodiesel producido bajo velocidad de agitación de 100 rpm presento un valor de 1,00 al ser mayor al nivel de significancia se acepta la hipótesis nula infiriendo que no cumple con ninguna de las dos normas analizadas; el valor de para el biodiesel producido bajo velocidad de agitación de 400 rpm presento un valor de 0,004 al ser menor al nivel de significancia se acepta la hipótesis alterna infiriendo que este biodiesel cumple con lo dispuesto en ambas normas.

D. Índice de yodo

De acuerdo con lo expuesto en la **Tabla 8**, el índice de yodo debe ser menor a 120 g I₂/100 g según las normas EN 14214.

Tabla 12. Prueba de t de Student para el índice de yodo

Norma	Biodiesel	Media (g I ₂ /100 g)	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ	Valor p
Norma EN 14214	100 rpm	60,9120	0,001	0,00071	60,9165	0,000
	400 rpm	83,7540	0		83,7585	0,000

Fuente: Elaboración Propia

Prueba para la Norma EN 14214

Hipótesis nula $H_0: \mu \geq 120$

Hipótesis alterna $H_1: \mu < 120$

En la **Tabla 12** se observa que el valor de p es 0,00 tanto para el biodiesel producido bajo velocidad de agitación de 100 rpm y para el biodiesel producido bajo velocidad de agitación de 400 rpm, al ser menor al nivel de significancia se acepta la hipótesis alterna infiriendo que si cumple con la norma.

V. DISCUSIÓN

Los resultados presentados en la **Tabla 3** se compararon con lo establecido en la Norma Americana para Ensayos de Materiales (ASTM D 6751), se observa que la densidad del aceite de 0,875 g/mL cumple con lo dispuesto en la norma al estar entre los límites de 0,86 g/mL y 0,90 g/mL, respecto a la viscosidad el aceite presenta una viscosidad cinemática de 44,7 mm²/s sobrepasando los límites de 1,9 mm²/s a 6 mm²/s; el índice de acidez sobrepasa el 0,8 mg KOH/g establecido por la norma presentando un valor de 5,722 mg KOH/g y respecto al índice de yodo del aceite extraído de posos de café si cumple con lo dispuesto al presentar un valor de 111,672 g I₂/100 g menor al máximo valor de 120 g I₂/100 g. Al presentar un porcentaje de ácidos grasos libres menores al 3 % se puede afirmar que la reacción para convertir el aceite a biodiesel será completa, considerando esto, para la conversión del aceite extraído de los posos de café en biodiesel se aplicó el proceso de transesterificación de un paso sin necesidad de un pretratamiento. Asimismo, al presentar un porcentaje de ácidos grasos de 2,729 % valor relativamente bajo en comparación de otros estudios como el de Haile (2014) se determina que para el proceso de transesterificación se aplicara un catalizador alcalino como el NaOH, el mismo que es sustancialmente beneficioso, porque exhibe una mayor velocidad de reacción y requiere menos cantidad de metanol que un catalizador ácido

En la investigación de Dang y Nguyen (2018) extrajeron aceite de posos de café el cual presentó las siguientes propiedades como una viscosidad de 62,80 mm²/s, densidad de 0,89 g/mL, índice de saponificación de 185,13 mg KOH/g, índice de acidez de 6,13 mg KOH/g, porcentaje de ácidos grasos libres de 3,07 % e índice de yodo de 69,90 g I₂/100 g, al presentar un porcentaje de ácidos grasos libres superior al 3 % tuvieron que llevar a cabo un proceso de transesterificación de dos pasos.

Al analizar el efecto de la velocidad de agitación sobre la conversión de del aceite extraído de los posos de café en biodiesel se observa que se logró un mayor porcentaje de conversión de aceite en biodiesel al someter el proceso de transesterificación a 400 rpm, esto puede deberse que a

una mayor velocidad de agitación durante el proceso de transesterificación se produce la homogenización de los reactivos logrando una mayor formación de ésteres metílicos, lo que indica que el aceite se convirtió en biodiesel. Se necesita una mayor agitación mecánica en la reacción de transesterificación para minimizar la resistencia a la transferencia de masa, ya que inicialmente hay una mezcla heterogénea de dos fases inmiscibles aceite y metanol, por lo tanto, estos dos reactivos no pueden mezclarse adecuadamente o colisionar entre sí hasta que se aplique una condición de agitación más alta para la difusión dinámica. Por lo tanto, es esencial aumentar la velocidad de la intensidad de mezcla desde el inicio de la reacción (Roy et al., 2014).

En la investigación de Ogbu y Ajiwe (2013) analizaron el efecto de la velocidad de agitación sobre la producción de biodiésel a partir de la esterificación de los ácidos grasos libres del aceite de Semilla de *Cucurbita pepo L.*, observaron que el porcentaje de conversión aumentó con el aumento de la velocidad de agitación y alcanzó la saturación a 400 rpm para la butilación y 200 rpm para la metilación. En la investigación de Urribarrí et al. (2014) analizaron la influencia de la velocidad de agitación sobre la producción de biodiesel con grasas de borras de café utilizadas como materia prima, observaron que al incrementar la velocidad de agitación obtuvieron una mayor concentración de ésteres metílicos. En la investigación de Roy et al. (2014) elaboraron biodiesel a partir de aceite de *Jatropha Curcas* obtuvieron un mayor rendimiento de biodiesel con una velocidad de agitación de 600 rpm a comparación de lo obtenido a una velocidad de agitación de 300 rpm.

En la caracterización de los biodiésel se observó que el biodiesel producido bajo una velocidad de agitación de 400 rpm cumple con lo dispuesto en la norma ASTM D6751 respecto a viscosidad e índice de acidez asimismo cumple con lo dispuesto en la norma EN 14214 a excepción de la viscosidad siendo este biodiesel el más óptimo a comparación del biodiesel producido bajo una velocidad de agitación de 100 rpm que solo cumple con lo dispuesto para la densidad e índice de acidez en la norma EN 14214. En la investigación de Dang y Nguyen

(2018) caracterizaron el biodiesel obtenido a partir de grasas de borras de café el mismo que presentó una viscosidad de 5,75 mm²/s, densidad de 0,82 g/mL e índice de acidez de 0,49 mg KOH/g. En la investigación de Go y Yeom (2017) el biodiesel producido con los residuos de café molido presento un porcentaje de ácidos grasos libres de 1,9 %. De igual modo en la investigación de Tuntiwiwattanapun et al. (2017) caracterizaron el biodiesel obtenido a partir de granos de café desgastados presentando una viscosidad de 4,18 mm²/s además presenta un índice de acidez de 1,4 mg KOH/g.

VI. CONCLUSIONES

- El mayor porcentaje de conversión de aceite extraído de posos de café en biodiesel fue de 92,48 %.
- El aceite extraído de los posos de café presentó una densidad de 0,875 g/mL, viscosidad de 44,7 mm²/s, porcentaje de ácidos grasos libres de 2,729 %, índice de acidez de 5,722 mg KOH/g, índice de yodo 111,672 g I₂/100 g e índice de saponificación de 31,422 mg KOH/g.
- Se determinó que la velocidad de agitación influyó significativamente en la conversión de aceite extraído de posos de café en biodiesel, observándose que el biodiesel producido bajo una velocidad de agitación de 100 rpm presentó un porcentaje de conversión del 77,78 % mientras que el biodiesel producido bajo una velocidad de agitación de 400 rpm presentó un porcentaje de conversión de 92,48 %.
- El biodiesel obtenido a partir de aceite extraído de posos de café bajo una velocidad de agitación de 100 rpm presentó una densidad de 0,86 g/mL, viscosidad de 6,01 mm²/s, porcentaje de ácidos grasos libres de 0,5618 %, índice de acidez de 1,1781 mg KOH/g e índice de yodo 60,912 g I₂/100 g; mientras que el biodiesel obtenido a partir de aceite extraído de posos de café bajo una velocidad de agitación de 400 rpm presentó una densidad de 0,88 g/mL, viscosidad de 5,47 mm²/s, porcentaje de ácidos grasos libres de 0,1605 %, índice de acidez de 0,3366 mg KOH/g e índice de yodo 83,754 g I₂/100 g.

VII. RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios evaluar los efectos de otras variables como temperatura de reacción, tiempo de reacción y concentración de catalizador.
- Analizar el efecto de un proceso de butilación sobre la conversión de aceite de posos de café en biodiesel.
- Aplicar el biodiesel obtenido en un motor diésel para evaluar su eficiencia como combustible ecológico.

VIII.- REFERENCIAS

- AL-HAMAMRE, Zayed, FOERSTER, Sascha, HARTMANN, Franziska, KRÖGER, Michael y KALTSCHMITT, Martin, Oil extracted from spent coffee grounds as a renewable source for fatty acid methyl ester manufacturing. *Fuel*, vol. 96, no. x, pp. 70-76. 2012. ISSN 00162361. DOI 10.1016/j.fuel.2012.01.023.
- ASTM D1298, Método de Prueba Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), o Gravedad API del Petróleo y Productos de Petróleo Líquido por el Método del Hidrómetro. *Annual Book of ASTM Standards*, pp. 8. 2002.
- BENDALL, Sophie, BIRDSALL-WILSON, Max, JENKINS, Rhodri, CHEW, Y.M. John y CHUCK, Christopher J., Showcasing chemical engineering principles through the production of biodiesel from spent coffee grounds. *Journal of Chemical Education*, vol. 92, no. 4, pp. 683-687. 2015. ISSN 19381328. DOI 10.1021/ed500824z.
- BIN, Aqwa y NAWI, Mohd, Biodiesel production from moringa oleifera seeds oil using MgO as a catalyst. *Moringa Oleifera as Feedstock*, vol. 2, no. January. 2015.
- BLINOVÁ, Lenka, BARTOŠOVÁ, Alica y SIROTIK, Maroš, Biodiesel Production from Spent Coffee Grounds. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, vol. 25, no. 40, pp. 113-121. 2017. DOI 10.1515/rput-2017-0013.
- CAETANO, Nídia S., SILVA, Vânia F.M., MELO, Ana C., MARTINS, António A. y MATA, Teresa M., Spent coffee grounds for biodiesel production and other applications. *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 16, no. 7, pp. 1423-1430. 2014. ISSN 16189558. DOI 10.1007/s10098-014-0773-0.
- DANG, Chi-Hien y NGUYEN, Thanh-Danh, Physicochemical Characterization of Robusta Spent Coffee Ground Oil for Biodiesel Manufacturing. *Waste and Biomass Valorization*, vol. 0, no. 0, pp. 0. 2018. ISSN 1877-2641. DOI 10.1007/s12649-018-0287-9.
- GO, Young Wook y YEOM, Sung Ho, Statistical analysis and optimization of

- biodiesel production from waste coffee grounds by a two-step process. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, vol. 22, no. 4, pp. 440-449. 2017. ISSN 19763816. DOI 10.1007/s12257-017-0163-7.
- HAILE, Mebrahtu, Integrated volarization of spent coffee grounds to biofuels. *Biofuel Research Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 65-69. 2014. ISSN 22928782. DOI 10.18331/BRJ2015.1.2.6.
- HERNANDEZ, Roberto Sampieri, FERNANDEZ, Carlos Collado y BAPTISTA, Pilar Lucio, *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n., 2014. ISBN 9781456223960.
- KARMAKAR, Aninidita, KARMAKAR, Subrata y MUKHERJEE, Souti, Properties of various plants and animals feedstocks for biodiesel production. *Bioresource Technology*, vol. 101, no. 19, pp. 7201-7210. 2010. ISSN 09608524. DOI 10.1016/j.biortech.2010.04.079.
- LIU, Yang, TU, Qingshi, KNOTHE, Gerhard y LU, Mingming, Direct transesterification of spent coffee grounds for biodiesel production. *Fuel*, vol. 199, pp. 157-161. 2017. ISSN 00162361. DOI 10.1016/j.fuel.2017.02.094.
- MARTINEZ GONZALES, Aldemar, CASAS LEURO, Oscar-Mauricio, ACERO-REYES, Julia-Raquel y CASTILLO-MONROY, Edgar-Fernando, Comparison of potential environmental impacts on the production and use of high and low sulfur regular diesel by life cycle assessment. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, vol. 4, no. 4, pp. 123-138. 2011. ISSN 0122-5383.
- MONTGOMERY, Douglas, *diseño y análisis de experimentos*. Limusa. S.l.: s.n., 2004.
- MUEANMAS, Chokchai, NIKHOM, Ruamporn, PETCHKAEW, Anida, IEWKITTAYAKORN, Jutarut y PRASERTSIT, Kulchanart, Extraction and esterification of waste coffee grounds oil as non-edible feedstock for biodiesel production. *Renewable Energy*, pp. 1414-1425. 2019. ISSN 18790682. DOI 10.1016/j.renene.2018.08.102.
- OGBU, I.M. y AJIWE, V.I.E., Biodiesel Production via Esterification of Free Fatty Acids from Cucurbita pepo L. Seed Oil: Kinetic Studies. *International Journal of Science and Technology*, vol. 2, no. 8, pp. 616-621. 2013. ISSN

00214922.

OSINERMING, Hidrocarburos líquidos en el Perú. , pp. 1-68. 2017.

QUEZADA LUCIO, Nel, *Metodología de la investigación*. Macro. Lima: s.n., 2010.

ROMO ESPINOZA, Maria Vanessa, 2017. La calidad de vida se respira. *¿Cuáles son las fuentes de contaminación más peligrosas en nuestro país?* Lima, junio 2017.

ROY, Priti Kumar, DATTA, Siddhartha, NANDI, Sumit y AL BASIR, Fahad, Effect of mass transfer kinetics for maximum production of biodiesel from Jatropha Curcas oil: A mathematical approach. *Fuel*, vol. 134, pp. 39-44. 2014. ISSN 00162361. DOI 10.1016/j.fuel.2014.05.021.

SATYANARAYANA, D.N. V, SUDHEERA, Smt M. y ENGINEERING, Chemical, Production of Bio Diesel from Spent Coffee Grounds. , vol. 4, no. 2, pp. 203-212. 2017.

TUNTIWIWATTANAPUN, Nattapong, MONONO, Ewumbua, WIESENBORN, Dennis y TONGCUMPOU, Chantra, In-situ transesterification process for biodiesel production using spent coffee grounds from the instant coffee industry. *Industrial Crops and Products*, vol. 102, pp. 23-31. 2017. ISSN 09266690. DOI 10.1016/j.indcrop.2017.03.019.

URRIBARRÍ, Aidin, ZABALA, Albert, SÁNCHEZ, John, ARENAS, Elsy, CHANDLER, Cintia, RINCÓN, Marisela, GONZÁLEZ, Eduardo y MAZZARRI, Cateryna Aiello, Evaluación del potencial de la borra de café como materia prima para la producción de biodiesel Evaluation of the Potential for Used Coffee Grounds as Raw Material for Biodiesel Production. *Multiciencias*, vol. 14, no. 2, pp. 129-139. 2014. ISSN 1317-2255.

VAN GERPEN, Jon, Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*, vol. 86, no. 10, pp. 1097-1107. 2005. ISSN 03783820. DOI 10.1016/j.fuproc.2004.11.005.

VARDON, Derek R., MOSER, Bryan R., ZHENG, Wei, WITKIN, Katie, EVANGELISTA, Roque L., STRATHMANN, Timothy J., RAJAGOPALAN, Kishore y SHARMA, Brajendra K., Complete utilization of spent coffee

grounds to produce biodiesel, bio-oil, and biochar. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, vol. 1, no. 10, pp. 1286-1294. 2013. ISSN 21680485. DOI 10.1021/sc400145w.

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ UNIDAD DE MEDICIÓN
VI/V1 Aceite de poso de café	Los posos de café, son granos de café gastados y son problemáticos para su eliminación debido a la alta demanda de oxígeno durante la descomposición y la posible liberación de contaminantes residuales de cafeína, tanino y polifenoles al medio ambiente. Los granos de café gastados son atractivos para la producción de biodiesel debido a su alto contenido de lípidos, que es ~15% en peso seco (Vardon et al., 2013).	Extracto que se convertirá en biodiesel al variar la velocidad de agitación y al establecer un tiempo de reacción.	Características fisicoquímicas del aceite de poso de café	Índice de acidez	mg KOH/g biodiesel
				pH	Ácido/base
				Índice de yodo	g I ₂ /100 g
				Índice de saponificación	mg KOH/g biodiesel
				Viscosidad	mm ² /s
				Ácidos grasos libres	%
			Densidad	Kg/m ³	
			Influencia de la velocidad de agitación	Velocidad 1	Aceite de café+metanol+catalizador
Velocidad 2	Aceite de café+metanol+catalizador	rpm			
VD/V2 Biodiesel	El biodiesel es un combustible alternativo seguro para reemplazar el diésel de petróleo tradicional. Tiene alta lubricidad y es un combustible de combustión limpia. Puede ser un componente de combustible para usar en motores diésel no modificados existentes (Satyanarayana y Sudheera, 2017). El proceso de producción de biodiesel catalizado alcalinamente es el proceso de transesterificación de un triglicérido de grasa o aceite con un alcohol para formar éster y glicerol, en presencia de un catalizador alcalino (Karmakar, Karmakar y Mukherjee, 2010).	Triglicéridos o ácidos grasos libres que se transforman en esteres metílicos mediante una reacción de transesterificación	Características del biodiesel	Densidad	Kg/m ³
				Índice de yodo	g I ₂ /100 g
				Índice ácido	mg KOH/g biodiesel
				Viscosidad cinemática	mm ² /s

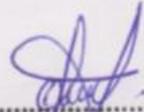
Anexo N° 4. Instrumentos de recolección de datos

1. FICHA DE UBICACIÓN	
TÍTULO	Aceite Extraído de Posos de Café como Materia Prima para la Obtención de Biodiesel como una Energía Renovable
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	1.- Camarena Taxa, Lizzette Paola (Orcid: 0000-0001-6862-8484)
ASESOR	Dr. Ordoñez Galván, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

UBICACIÓN	
DIRECCIÓN	Cafeterías de Huancayo centro
DISTRITO	Huancayo
PROVINCIA	Huancayo
DEPARTAMENTO	Junín
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	12°04'01.1"S - 75°12'33.2"W

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galván
 DNI: 08447308


 BEYLET MINERVA
 QUITO MEZA
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 170781

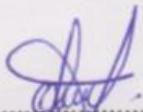

 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

2. FICHA DE CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL ACEITE DE POSOS DE CAFÉ	
TÍTULO	Aceite Extraído de Posos de Café como Materia Prima para la Obtención de Biodiesel como una Energía Renovable
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	1.- Camarena Taxa, Lizzette Paola (Orcid: 0000-0001-6862-8484)
ASESOR	Dr. Ordoñez Galván, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICA DEL ACEITE DE POSOS DE CAFÉ					
Densidad	Viscosidad	%AGL	Índice de acidez	Índice de yodo	Índice de saponificación
g/mL	mm ² /s	%	mg KOH/g	g I ₂ /100 g	mg KOH/g
0,875	44,7	2,729	5,722	111,672	31,422

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galván
 DNI: 08447308


 BEYLEY MINERVA
 QUITO MEZA
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 170781

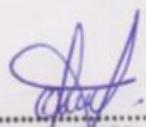

 DR. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

3. FICHA DE CONTROL DE DESTILACIÓN SOXHLET	
TÍTULO	Aceite Extraído de Posos de Café como Materia Prima para la Obtención de Biodiesel como una Energía Renovable
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	1.- Camarena Taxa, Lizzette Paola (Orcid: 0000-0001-6862-8484)
ASESOR	Dr. Ordoñez Galván, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

Variables a controlar en el Proceso de destilación soxhlet		Variables a controlar en el Proceso de destilación simple	
T	Tiempo	T	Tiempo
°C	h	°C	h
70	6	70	1

Atentamente,

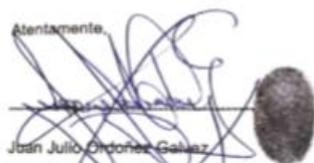
 Juan Julio Ordoñez Galván
 DNI: 08447308

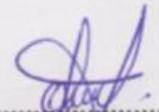

 BEYLET MINERVA
 QUITO MEZA
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 170781


 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

4. FICHA ELABORACIÓN DEL BIODIESEL	
TÍTULO	Aceite Extraído de Posos de Café como Materia Prima para la Obtención de Biodiesel como una Energía Renovable
LÍNEA DE INVESTITACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	1.- Camarena Taxa, Lizzette Paola (Orcid: 0000-0001-6862-8484)
ASESOR	Dr. Ordoñez Galván, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

Velocidad de agitación 01			Velocidad de agitación 02		
Aceite de poso de café	Metanol	catalizador	Aceite de poso de café	metanol	catalizador
mL	mL	g	mL	mL	g
100	75,3	0,875	100	75,3	0,875

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galván
 DNI: 08447308


 BEYALETY MINERVA
 QUITO MEZA
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 170781


 Dr. HORACIO ACOSTAS
 CIP N° 25450

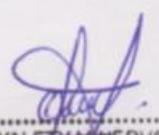
5. FICHA DE CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL

TÍTULO	Aceite Extraído de Posos de Café como Materia Prima para la Obtención de Biodiesel como una Energía Renovable
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	1.- Camarena Taxa, Lizzette Paola (Orcid: 0000-0001-6862-8484)
ASESOR	Dr. Ordoñez Galván, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICA DEL BIODIESEL				
	Densidad	Viscosidad	%AGL	Índice de acidez	Índice de yodo
	g/mL	mm ² /s	%	mg KOH/g	g I ₂ /100 g
B-4	0,88	5,47	0,1605	0,3366	83,754
B-5	0,86	6,01	0,5618	1,1781	60,912

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galván
 DNI: 08447308


 BEALEY MINERVA
 QUITO MEZA
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 170781


 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

Anexo N° 5. Validación de instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de ubicación
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Atentamente,
Huancayo, 05 de febrero de 2021

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
V. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
 1.7. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo ambiental
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización fisicoquímica del aceite de posos de café
 1.10. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

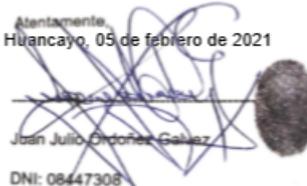
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

 Atentamente,
 Huancayo, 05 de febrero de 2021



 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
IX. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.12. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.13. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo ambiental
- 1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control de destilación Soxhlet
- 1.15. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Atentamente,
Huancayo, 05 de febrero de 2021

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.17. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.18. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo ambiental
- 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de elaboración de biodiesel
- 1.20. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Atentamente,
Huancaayo 05 de febrero de 2021

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
XVII. DATOS GENERALES

- 1.21. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
 1.22. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
 1.23. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo ambiental
 1.24. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de biodiesel
 1.25. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Atentamente,
 Huancayo, 05 de febrero de 2021

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Anexo 5. Validación de Instrumentos

SOLICITUD: Validación de instrumento de
recojo de información.

Ing. Quito Meza, Beyalety Minerva

Yo Camarena Taxa, Lizzette Paola identificado con DNI N° 45865397; alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "**Aceite Extraído de Posos de Café como Materia Prima para la Obtención de Biodiesel como una Energía Renovable**", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 19 de febrero, del 2021

Camarena Taxa, Lizzette Paola
45865397
ORCID: 0000-0002-3419-7361

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Quito Meza, Beyalety Minerva
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor Ambiental
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Implementación en Instrumentos de Gestión Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de ubicación**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Camarena Taxa, Lizzette Paola**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de a investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

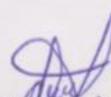
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
.....

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %

Huancayo, 19 de Febrero del 2021



 BEYALETY MINERVA
 QUITO MEZA
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 170781

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: Quito Meza, Beyalety Minerva
- 1.12. Cargo e institución donde labora: Consultor Ambiental
- 1.13. Especialidad o línea de investigación: Implementación en Instrumentos de Gestión Ambiental
- 1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de control de destilación Soxhlet**
- 1.15. Autor(A) de Instrumento: **Camarena Taxa, Lizzette Paola**

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de a investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

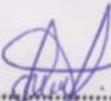
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
...

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Huancayo, 19 de Febrero del 2021


 BEYALETY MINERVA
 QUITO MEZA
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 170781

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. Apellidos y Nombres: Quito Meza, Beyalety Minerva
- 1.17. Cargo e institución donde labora: Consultor Ambiental
- 1.18. Especialidad o línea de investigación: Implementación en Instrumentos de Gestión Ambiental
- 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de elaboración de biodiesel**
- 1.20. Autor(A) de Instrumento: **Camarena Taxa, Lizzette Paola**

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de a investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

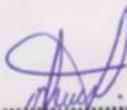
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
...

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %

Huancayo, 19 de Febrero del 2021



BEYALETY MINERVA
QUITO MEZA
INGENIERA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 170781

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. Apellidos y Nombres: Quito Meza, Beyaety Minerva
- 1.17. Cargo e institución donde labora: Consultor Ambiental
- 1.18. Especialidad o línea de investigación: Implementación en Instrumentos de Gestión Ambiental
- 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de elaboración de biodiesel
- 1.20. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de a investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
...

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %

Huancayo, 19 de Febrero del 2021


 BEYAETY MINERVA
 QUITO MEZA
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 170781

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVII. DATOS GENERALES

- 1.21. Apellidos y Nombres: Quito Meza, Beyalety Minerva
- 1.22. Cargo e institución donde labora: Consultor Ambiental
- 1.23. Especialidad o línea de investigación: Implementación en Instrumentos de Gestión Ambiental
- 1.24. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de caracterización de biodiesel**
- 1.25. Autor(A) de Instrumento: **Camarena Taxa, Lizzette Paola**

XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de a investigación.												X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X			

XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
...

XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90 %

Huancayo, 19 de Febrero del 2021


 BEYALETY MINERVA
 QUITO MEZA
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 170781

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de ubicación
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

--

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Huancayo, 23 de Febrero del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
V. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.7. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UCV
 1.8. Especialidad o línea de investigación:
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización fisicoquímica del aceite de posos de café
 1.10. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Huancayo, 23 de Febrero del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
IX. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: DR. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.12. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UCV
 1.13. Especialidad o línea de investigación:
 1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control de destilación Soxhlet
 1.15. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Huancayo, 23 de Febrero del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. Apellidos y Nombres: DR. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.17. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UCV
 1.18. Especialidad o línea de investigación:
 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de elaboración de biodiesel
 1.20. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Huancayo, 23 de Febrero del 2021



Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

XVII. DATOS GENERALES

- 1.21. Apellidos y Nombres: DR. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.22. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UCV
 1.23. Especialidad o línea de investigación:
 1.24. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de biodiesel
 1.25. Autor(A) de Instrumento: Camarena Taxa, Lizzette Paola

XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Huancayo, 23 de Febrero del 2021


 DR. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

**Anexo N° 6. Informe de ensayo N° 1-015-001/21 análisis de aceites
extraídos de posos de café**



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES
TÚ MEJOR OPCIÓN EN SOLUCIONES AMBIENTALES

INFORME DE ENSAYO N° 1-015-001/21

Solicitante	: LIZZETTE PAOLA CAMARENA TAXA.
Domicilio legal	: Psj. Santa Clara 217 - Huancayo.
Muestra(s) declarada(s)	: Aceites extraídos de los posos de café.
Procedencia de la muestra	: Muestra proporcionada por el solicitante. Centro de Huancayo – Junín.
Cantidad de muestras para el Ensayo	: 01 muestra x 200 mg.
Forma de Presentación	: Botella plástico cerrado, buen estado..
Fecha de recepción	: 12/01/2021.
Fecha de inicio del ensayo	: 13/01/2021.
Fecha de término del ensayo	: 18/01/2021.
Fecha de emisión de informe	: 20/01/2021.

ANÁLISIS DE ACEITE:

ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADOS
Densidad	g/mL	0.875
Viscosidad	mm ² /s	44.700
%AGL	%	2.729
Índice de acidez	mg KOH/g	5.722
Índice de yodo	G I ₂ /100 g	111.672
Índice de Saponificación	mg KOH/g	31.422

- Muestra Tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

MÉTODOS
 Densidad.: ASTM D1298
 Viscosidad: Viscosímetro (Método interno del laboratorio).
 %AGL: NaOH (Método interno del laboratorio).
 Índice de acidez: NaOH (Método interno del laboratorio).
 Índice de yodo: HANUS Na₂S₂O₃ (Método interno del laboratorio).
 Índice de Saponificación: HCl (Método interno del laboratorio).



Ing. P. Cecilia L. ...
INGENIERO QUÍMICO
C.P. N° 12422

Huancayo, 20 de enero de 2021

OBSERVACIONES
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
 (*) Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.
 *Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de GRUPO JHACC S.A.C.
 *Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Oficina Principal
 Jr. Santa Rosa N°1361 - El Tambo
 T. (064) 413156/ 971718825
 logistica@grupojhacc.com

**Anexo N° 7. Informe de ensayo N° 1-066-002/21 análisis de biodiesel
obtenido a partir de aceites extraídos de posos de café**



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES
TÚ MEJOR OPCIÓN EN SOLUCIONES AMBIENTALES

INFORME DE ENSAYO N° 1-066-002/21

Solicitante	: LIZZETTE PAOLA CAMARENA TAXA.
Domicilio legal	: Psj. Santa Clara 217 - Huancayo.
Muestra(s) declarada(s)	: Aceites extraídos de los posos de café.
Procedencia de la muestra	: Muestra proporcionada por el solicitante. Centro de Huancayo – Junín.
Cantidad de muestras para el Ensayo	: 01 muestra x 200 mg.
Forma de Presentación	: Botella plástico cerrado, buen estado..
Fecha de recepción	: 01/02/2021.
Fecha de inicio del ensayo	: 02/02/2021.
Fecha de término del ensayo	: 12/02/2021.
Fecha de emisión de informe	: 16/02/2021.

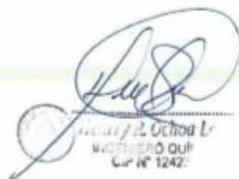
ANÁLISIS DE BIODIESEL:

ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADOS	
		biodiesel (100 rpm)	biodiesel (400 rpm)
Densidad	g/mL	0.8600	0.8800
Viscosidad	mm ² /s	6.0100	5.4700
%AGL	%	0.5618	0.1605
Índice de acidez	mg KOH/g	1.1781	0.3366
Índice de yodo	G I ₂ /100 g	60.9120	83.7540

- Muestra Tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

MÉTODOS
Densidad: ASTM D1298
Viscosidad: Viscosímetro (Método interno del laboratorio).
%AGL: NaOH (Método interno del laboratorio).
Índice de acidez: NaOH (Método interno del laboratorio).
Índice de yodo: HANUS Na₂S₂O₃ (Método interno del laboratorio).

Huancayo, 16 de febrero de 2021



Walter A. Ochoa Lo
WALTER OCHOA LO
 CIP N° 1242

OBSERVACIONES
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
 (*) Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.
 *Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de GRUPO JHACC S.A.C.
 *Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Oficina Principal
 Jr. Santa Rosa N°1361 - El Tambo
 T. (064) 413156/ 971718825
 logistica@grupojhacc.com

Anexo N° 8. Cálculos realizados para hallar el índice de acidez del biodiesel obtenido del aceite de posos de café

Para hallar el índice de acidez se aplicó la siguiente fórmula

$$\text{índice de acidez} = \frac{V \times C \times 56,1}{m}$$

Donde:

V=volumen de NaOH gastado en la titulación

C= concentración del NaOH = 0,1 N =0,1 M

m=peso de aceite de posos de café utilizado = 10 g

considerando que se obtuvo en total 6 muestras de biodiesel:

	100 rpm	400 rpm
Réplica I	Biodiesel 1	Biodiesel 2
Réplica II	Biodiesel 3	Biodiesel 4
Réplica III	Biodiesel 5	Biodiesel 6

Los volúmenes de NaOH gastados en la titulación para determinar el índice de acidez de cada biodiesel se detallan a continuación:

Biodiesel	Gasto de NaOH
1	2,2 mL
2	0,8 mL
3	2,5 mL
4	0,6 mL
5	2,1 mL
6	0,9 mL

Aplicando la fórmula para hallar el índice de acidez se obtuvieron los siguientes resultados:

	Índice de acidez	
	100 rpm	400 rpm
Réplica I	1,234 mg KOH/g	0,449 mg KOH/g
Réplica II	1,403 mg KOH/g	0,337 mg KOH/g
Réplica III	1,178 mg KOH/g	0,505 mg KOH/g

Anexo N° 9. Registro fotográfico

A. Secado de los posos de café



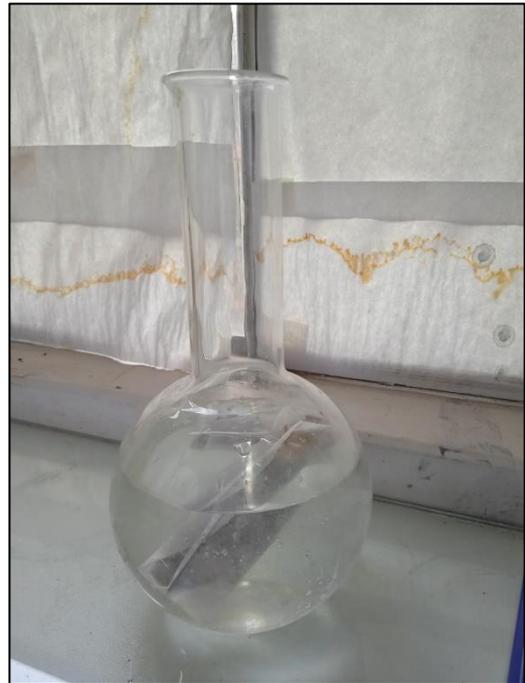
B. Pesado de los posos de café para la extracción de aceite



C. Medición de 400 mL de hexano y disposición en matraz de fondo redondo



D. Envoltura de los posos de café en papel filtro



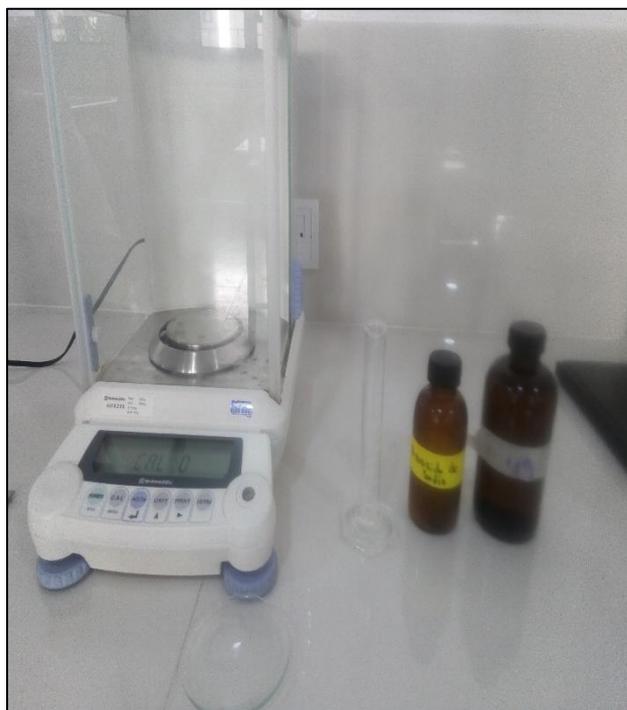
E. Armado de equipo de destilación simple



F. Obtención de aceite de posos de café



G. Medición de metanol y catalizador a utilizar en el proceso de transesterificación



H. Proceso de transesterificación



I. Decantación de biodiesel para su separación de la glicerina



J. Determinación del índice de acidez del biodiesel



