

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS:

**“OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE
ACEITE DE COCINA”**

**PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
QUÍMICO**

PRESENTADO POR:

CARLOS ALBERTO PORTELLA CAMONES

ASESOR:

Ing. VÍCTOR RAÚL COCA RAMÍREZ

CIP 48044


VÍCTOR RAÚL COCA RAMÍREZ
INGENIERO QUÍMICO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 48044

HUACHO – PERÚ

2021



Dr. Ruiz Sánchez, Berardo Beder
PRESIDENTE



Ing. Narvasta Torres Israel
SECRETARIO



Ing. Torres Corcino Edelmira
VOCAL



Mj(o) Coca Ramírez Víctor Raúl
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por ser mi guía y darme fuerzas para poder concluir este trabajo.

También, a mis padres por su apoyo y sus consejos, gracias a ellos concluí mis estudios, y ahora culmino un logro más en la etapa de mi vida.

Finalmente, a mis abuelos que siempre estuvieron apoyándome y dándome fuerzas para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos al asesor por brindarme todo el apoyo para culminar este trabajo de tesis, así como a nuestra universidad por darnos estos cinco años de conocimientos dentro de la carrera Ingeniería Química

ÍNDICE

“OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE ACEITE DE
COCINA”

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.1. Problemas Específicos.....	3
1.3. Objetivos de Investigación.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Justificación de la Investigación.....	4
1.5. Delimitación del Estudio.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	6

2.1. Antecedentes de la Investigación	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	9
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. Historia del Biodiésel	11
2.2.2. Uso del Biodiesel.....	15
2.2.3. Características de un combustible Diesel	16
2.2.4. Propiedades Físicas e Químicas del Biodiesel	17
2.2.5. Materias primas para la producción de Biodiesel.....	22
2.2.6. Aceites Vegetales	22
2.2.7. Grasas animales	23
2.2.8. Aceites y grasas residuales	23
2.2.9. Formas de Obtencion de Biodiesel.....	26
2.3. Definiciones conceptuales	36
2.4. Hipótesis de la investigación	37
2.4.1. Hipótesis General	37
2.4.2. Hipótesis Especifica	37
2.4.3. Operacionalización de Variables	38
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.1. Diseño metodológico	41
3.1.1. Tipo de investigación	41
3.1.2. Nivel de investigación	41

3.1.3. Diseño.....	41
3.1.4. Enfoque.....	44
3.2. Población y muestra	44
3.2.1. Población	44
3.2.2. Muestra	44
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	44
3.4.1 Técnicas a emplear	44
3.5. Técnicas para el procesamiento de información.....	44
CAPITULO IV: RESULTADOS	45
4.1. Análisis Físicoquímico	45
4.1.1. Análisis físicoquímicos respecto a los índices del aceite reciclado ..	45
4.1.2. Análisis físicoquímicos secundarios del aceite reciclado.....	47
4.2. Determinación del rendimiento	49
4.3. Análisis Físicoquímico del Biodiesel	50
4.3.1. Análisis físicoquímicos respecto a los índices del biodiesel.	50
4.3.2. Análisis físicoquímicos secundarios respecto al biodiesel.	53
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.1. Recomendaciones	57
CAPITULO VI: FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	58
6.1. Bibliografía.....	58
ANEXOS	59

Anexo 01: Determinación del índice de acidez	59
Anexo 02: Determinación del índice de saponificación	60
Anexo 03: Determinación del índice de yodo	61
Anexo 04: Procedimiento de la obtención del biodiesel	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables	39
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos principales del aceite reciclado de cocina	45
Tabla 3. Análisis secundarios del aceite reciclado	47
Tabla 4. Cálculo del rendimiento	49
Tabla 5. Análisis fisicoquímico del biodiesel.....	51
Tabla 6. Análisis fisicoquímico secundario del biodiesel	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Motor propulsado por aceite de cacahuete.....	12
Figura 2. Esquema de producción de biodiesel mediante el proceso de transesterificación.	27
Figura 3. Reacción de transesterificación.....	29
Figura 4. Principales ácidos grasos presentes en aceites vegetales y grasas animales....	29
Figura 5. Reacción de saponificación.....	30
Figura 6. Hidrólisis de ésteres.	31
Figura 7. Hidrólisis de triacilglicerol.....	32
Figura 8. Solución de hidróxido de alcohol.....	32
Figura 9. Grafica del índice de acidez respecto a cada ensayo.....	45
Figura 10. Grafica del índice de yodo respecto a cada ensayo.....	46
Figura 11. Grafica del índice de yodo respecto a cada ensayo.....	46
Figura 12. Grafica del índice de saponificación respecto a cada ensayo.	47
Figura 13. Grafica de la densidad respecto a cada ensayo.	48
Figura 14. Grafica del PH respecto a cada ensayo.	48
Figura 15. Grafica del % de humedad respecto a cada ensayo.....	49
Figura 16. Grafica del porcentaje del rendimiento.....	50
Figura 17. Grafica del índice de acidez del bioetanol respecto a cada ensayo.....	51
Figura 18. Grafica del índice de yodo del bioetanol respecto a cada ensayo.	52
Figura 19. Grafica del índice de refracción del bioetanol respecto a cada ensayo.....	52
Figura 20. Grafica del índice de refracción del bioetanol respecto a cada ensayo.....	53
Figura 21. Grafica de la densidad respecto a los ensayos realizados.	54

Figura 22. Grafica de la densidad respecto a los ensayos realizados.	54
Figura 23. Grafica del % de humedad respecto a los ensayos realizados.	55
Figura 24. Filtración del Aceite reciclado	62
Figura 25. Pretratamiento del aceite	63
Figura 26. Masa del NAOH.....	63
Figura 27. Mezcla del Metóxido de sodio con el aceite reciclado	64
Figura 28. Biodiesel con glicerina	65
Figura 29. Mezcla jabonosa y biodiesel	65
Figura 30. Separación de fases (Biodiesel y Agua Jabonosa)	66
Figura 31. Medición del PH	67
Figura 32. Biodiesel Obtenido.....	67

RESUMEN

En este trabajo se analizan las técnicas de producción de biodiesel a partir de aceite usado reciclado, con el objetivo de diversificar la matriz energética peruana y minimizar los impactos ambientales derivados de la disposición inadecuada de estos aceites. Antes de iniciar la producción de biodiesel, es necesario realizar un pretratamiento de este aceite, que implica filtrado, secado y determinación del contenido de ácido, seguido de neutralización, según el porcentaje de ácidos grasos libres presentes en el crudo. material es que se adoptan los métodos para obtener los ésteres. En primer lugar, se realizaron pruebas de laboratorio a pequeña escala para la producción de biodiesel, utilizando aceite de cocina residual reciclado como materia prima para fines de comparación, utilizando hidróxido de sodio como catalizador y probando las rutas metilo y etilo, no teniendo resultados satisfactorios. En este último caso se han obtenido resultados.

Posteriormente, se realizó la caracterización básica del biodiesel producido, utilizando los equipos disponibles, los análisis indicaron que la mejor cantidad de Cantidad de Metóxido de sodio es de 50 ml, con un tiempo de reacción de 60 minutos, debido a que el rendimiento fue de 87.23% en función al biodiesel obtenido, lo cual se estima que en ese tiempo se disuelve todo el metóxido con el aceite reciclado. Así mismo también se determinó que las condiciones óptimas para la obtención de biodiesel y los ensayos realizados indicaron que la mejor cantidad de Cantidad de Metóxido de sodio es de 50 ml, con un tiempo de reacción de 60 minutos, debido a que el rendimiento fue de 87.23% en función al biodiesel obtenido, lo cual se estima que en ese tiempo se disuelve todo el metóxido con el aceite reciclado.

Palabras claves: Aceite reciclado, Metóxido de sodio, Biodiesel.

ABSTRACT

In this paper, biodiesel production techniques from recycled used oil are analyzed, with the aim of diversifying the Peruvian energy matrix and minimizing the environmental impacts derived from the inappropriate disposal of these oils. Before starting the production of biodiesel, it is necessary to carry out a pretreatment of this oil, which involves filtering, drying and determining the acid content, followed by neutralization, according to the percentage of free fatty acids present in the crude. material is that the methods are adopted to obtain the esters. First, small-scale laboratory tests were carried out for the production of biodiesel, using recycled residual cooking oil as raw material for comparison purposes, using sodium hydroxide as a catalyst and testing the methyl and ethyl routes, not having satisfactory results. . In the latter case, results have been obtained.

Subsequently, the basic characterization of the biodiesel produced was carried out, using the available equipment, the analyzes indicated that the best amount of Amount of sodium methoxide is 50 ml, with a reaction time of 60 minutes, because the yield was of 87.23% based on the biodiesel obtained, which is estimated that in that time all the methoxide dissolves with the recycled oil. Likewise, it was also determined that the optimal conditions for obtaining biodiesel and the tests carried out indicated that the best amount of quantity of sodium methoxide is 50 ml, with a reaction time of 60 minutes, because the yield was of 87.23% based on the biodiesel obtained, which is estimated that in that time all the methoxide dissolves with the recycled oil.

Keywords: Recycled oil, Sodium methoxide, Biodiesel.

INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo social y tecnológico, acompañado por el aumento de la población mundial, se ha traducido en una gran demanda de energía y un aumento de la contaminación. Así, la búsqueda de fuentes de energía alternativas, más limpias y renovables se ha incrementado en los últimos años. En este contexto, el biodiesel se ha utilizado como complemento o reemplazo del Diesel en los sectores de transporte y generación de energía a nivel mundial, con el fin de minimizar los impactos ambientales (KNOTHE et al., 2006).

El futuro cercano apunta a la posibilidad de cambios importantes en la fabricación y uso de biodiesel en Perú. La expectativa es que el país sea uno de los principales productores y consumidores de biocombustibles del mundo, habiendo visto la capacidad ya demostrada en la fabricación y uso de etanol y el gran incremento en el número de unidades de producción de biodiesel, además del gran incentivo gubernamental existente.

La materia prima más abundante para la producción de biodiesel en Perú es el aceite de soja, pero las medidas gubernamentales han incentivado el uso de otras materias primas como el ricino y la palma en las regiones semiáridas del Nordeste. Sin embargo, el alto precio de los aceites vegetales ha hecho que el biodiésel sea económicamente poco competitivo en comparación con el diésel de petróleo, lo que requiere programas e incentivos gubernamentales. Los combustibles alternativos al Diesel de petróleo deben presentar, además de competitividad económica, una técnica de producción definida, aceptabilidad ambiental y disponibilidad.

Por lo tanto, la reducción del costo de la materia prima utilizada en la producción de biodiesel se vuelve fundamental. Las materias primas baratas como los aceites y las grasas residuales han atraído la atención de los productores de biodiesel debido a su bajo costo. El reciclaje del aceite de freír como biocombustible no solo eliminaría un

compuesto no deseado del medio ambiente, sino que también permitiría la generación de una fuente de energía alternativa, renovable y menos contaminante, proporcionando así un fuerte atractivo ambiental. Por ello, el biodiesel se ha convertido en uno de los biocombustibles más importantes, no solo por la producción a partir de diversas oleaginosas, sino principalmente por el análisis de la posibilidad de reutilización de grasas animales (“sebo”) o aceites residuales (“aceite de cocina usado ”) Para obtener fuel oíl, transformando lo que serían residuos desechables en una fuente de energía.

Existen tres ventajas principales derivadas del uso de aceites residuales de fritura como materia prima para la producción de biodiesel: La primera, de carácter tecnológico, se caracteriza por la eliminación del proceso de extracción del aceite; el segundo, de carácter económico, se caracteriza por el costo de la materia prima, ya que al ser un residuo, el aceite de fritura residual tiene establecido su precio de mercado; y el tercero, de carácter ambiental, se caracteriza por la adecuada disposición de los residuos que, en general, se eliminan de manera inadecuada, impactando el suelo y el nivel freático y, en consecuencia, la biota de estos sistemas.

Ante este contexto, la motivación para realizar este trabajo provino de la etapa de reciclaje de aceite residual de fritura, pasando por la producción y caracterización de biodiesel con esta materia prima y, finalmente, su uso en un motor Diesel que acciona un generador de electricidad.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción de la realidad problemática

Desde aproximadamente 20 años se indicó la disminución constante de los combustibles fósiles, a partir de eso el precio del barril de combustible se ha incrementado en un 300 por ciento, impactando negativamente así en la economía de nuestro país, esto mas que todo debido a que el cambio en el costo del petróleo afecta directamente al costo de productos de primera necesidad.

Otro parámetro no positivo que es observable en los combustibles es el aporte que origina en función al efecto invernadero, debido a que el 92% aproximadamente del petróleo, se utiliza como combustible, generando así grandes emisiones de CO₂, mientras que solo el 8% se envía a las industrias petroquímicas.

Un método eficiente de poder frenar estos puntos negativos en función a la economía y el entorno ambiental es otra forma de generación de combustible o sustitución de ellos, con la finalidad de que sean mas saludables y amigables con el medio ambiente, denominadas energías renovables en la cual destaca uno llamado biodiesel.

El biodiesel es un biocombustible que presenta grandes ventajas en función al Diesel convencional obtenido del petróleo, una de las principales es que se puede obtener de materia prima utilizada como aceites.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Se obtendrá biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina generados por los restaurantes y negocios de comida rápida?

1.2.1. Problemas Específicos

- ¿Cómo realizar un análisis fisicoquímico al aceite reciclado de cocina para la obtención de biodiesel?

- ¿Cómo evaluar las condiciones óptimas de producción de biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina?
- ¿De qué manera se realizará un análisis fisicoquímico del biodiesel obtenido a partir de los aceites de cocina reciclado?

1.3. Objetivos de Investigación

1.3.1. Objetivo General

Obtener biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina generados por los restaurantes y negocios de comida rápida.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis fisicoquímico al aceite reciclado de cocina para la obtención de biodiesel.
- Evaluar las condiciones óptimas de producción de biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina.
- Realizar un análisis fisicoquímico del biodiesel obtenido a partir de los aceites de cocina reciclado.

1.4. Justificación de la Investigación

Su justificación radica en la obtención de un biodiesel no contaminante al medio ambiente, con mecanismos amigables y óptimos, así mismo también en encontrar los parámetros óptimos con la finalidad de tener un biocombustible puro y limpio.

Su justificación a nivel metodológico radica en las diferentes técnicas empleadas para la recolección y procesamiento de datos, con la finalidad de implementar mejoras y obtener resultados viables en la investigación.

1.5. Delimitación del Estudio

La investigación efectuada se desarrollará dentro de la UNJFSC, ubicada en la provincia de Huacho, durante un periodo aproximado de 3 meses con la finalidad de realizar un excelente proceso, empezando desde Julio hasta octubre del presente año.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

De acuerdo con (Alvarez, 2013) en su investigación efectuada, se resaltaron las posteriores conclusiones:

- Posteriormente a los datos adquiridos de manera adecuada respecto a los oleos más empleados dentro de la comunidad del refugio, son de ácido oleico. Así mismo se indicó directamente que aproximadamente el 40% del total de la comunidad no recicla el óleo con la finalidad de cocinar, no obstante, el 30% lo emplea diversas veces y el 30% lo emplea reiteradamente máximo 2 veces, esta información relevante indica que el oleo no presentara un alto índice de acidez.
- Respecto a la recolección total del óleo, aproximadamente el 80% de la comunidad encuestada, tira el oleo empleado en sus actividades domesticas al drenaje, brindando así una mayor proporción de polución respecto al agua. Mientras que el 10% los almacena en un recipiente para posteriormente tirarlo a la basura, no obstante, el otro 10% lo lanza al suelo.
- Se desarrollo un programa de obtención de oleo a través de una encuesta a aproximadamente 350 domicilios de una comunidad con 1490 casas, representando así una confianza del 95%, tal como lo expresa detalladamente la ley NMX-AA-061-1985. Basándonos de la bibliografía rescatada, en el formulario realizado se encontró que lo mas adecuado respecto al mecanismo del plan era crear un programa piloto en función a la obtención, debido que aproximadamente el 30% de la comunidad esta enfocada a brindar su apoyo respecto al almacenamiento de su aceite, no obstante, la parte contraria que

representa el 70% no presenta la misma idea o no saben que elegir. El proyecto inicial para la obtención de oleo se instaura para el promedio que casas dispuestas, las cuales fueron 50 casas, las cuales tenían la posibilidad de donar su oleo. A través del plan mencionado se indico que por cada 50 hogares se adquieren un aproximado de 4,935 ml semanal, y si este programa se trabaja a grandes cantidades, aproximadamente para las 1600 casas se llegarían a recolectar 168 litros de aceite. Por ende, se puede constatar que el primer y la segunda meta plasmada en los objetivos se cumplieron de manera satisfactoria.

- Respecto al análisis fisicoquímico de la materia empleada los cuales fueron la humedad, densidad relativa y índice de acidez entre otros los cuales se determinaron de manera directa y objetiva. Por lo que a través de estos indicaron si la materia empleada como materia prima puede ser utilizado para el mecanismo de transesterificación, debido a que en su mayoría los datos adquiridos son parecidos a los recalados por los diversos investigadores. Así mismo se encontró que el mecanismo optimo para el proceso de biodiesel es el de transesterificación nativa, esto mas que todo porque el índice de ácidos grasos libres se encuentra inferior al 2.2%. Por ende, a ese punto se puede concluir que la meta especifica se desarrolló en su totalidad.

Según (Tamayo, 2012) en su investigación culminada, plasmo las posteriores conclusiones:

- El oleo de origen vegetal empleado como base principal respecto a la elaboración de biodiesel presenta un aproximado de 8,9% de ácidos grasos y un 40.03 meqO₂/Kg de índice peróxido, lo cual indica de manera directa que el oleo fue tratado a una temperatura elevada, siendo este mismo empleado

diversas veces, por lo que no es adecuado para el consumo, debido a que como lo expresa el Codex Alimentarius, el nivel límite de peróxido que debe presentar un óleo es de 10 meqO₂/Kg. El oleo con un elevado porcentaje de ácido grasos debe ser sometido a un acondicionamiento en solución ácida y posteriormente a metanol con la finalidad de alcanzar que los ácidos mismos se metilen y por ende impedir que se forme jabón en el mecanismo de la transesterificación catalítica del proceso de biodiesel.

- El acondicionamiento del óleo brindo una disminución óptima de ácidos grasos a 1.79% con el mecanismo de calor por convección y a 1.18% con el mecanismo de microondas. Queda una gran diferencia entre la reducción de la proporción de ácidos grasos respecto a cada método, siendo así la más eficaz y eficiente la de microondas, debido a que genero una mayor reducción de ácidos grasos.
- El parámetro más influyente respecto al rendimiento de producción de biodiesel con el mecanismo de calor es el tipo de catalizadores a emplear o utilizar, por ende, cuando se aplica sodio metálico al mecanismo, este obtiene de manera eficiente un mayor rendimiento. Otro parámetro que presenta pero que no tiene influencia en el rendimiento es la cantidad propuesta de catalizador, la cual si se le agrega un porcentaje mayor al 0.7% el rendimiento no presenta cambio alguno, al efectuar el acondicionamiento no es de vital importancia colocar demasiado hidróxido de sodio con la finalidad de equilibrar los ácidos grasos. Las condiciones adecuadas con respecto a la optimización del mecanismo de transesterificación empleando calor fueron: equilibrio molar del metanol: oleo 7,5:1, y 0,8 de sodio metálico empleado como el catalizador, a través de un periodo de proceso de 1 hora.

- La cantidad monetaria respecto a la obtención de biodiesel a nivel industrial, con materiales y reactivos comerciales, reduce un porcentaje del 26% respecto a los costos empleados o requeridos a nivel de laboratorio. El mecanismo más eficiente y económico respecto a la producción de biodiesel es el de microondas e NAOH como catalizador, esto mas que todo porque el litro obtenido de biodiesel presenta un costo de solo 2 dólares. No obstante, este mismo método necesita una mayor energía, pero la ventaja es el periodo en el cual se obtiene siendo este menor que el otro mecanismo.
- El almacenamiento de oleos empleados para la producción de biodiesel es un método factible viéndolo desde la parte técnica y social. Normalmente se conoce que el biodiesel presenta un valor económico mayor al del fósil, la obtención e producción de este será de manera optima a escala mayor siempre cuando se conozca de manera única que la calidad de vida es de aquellos que la respetan y por ende están a favor de la naturaleza.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Presentando a (Colmenares, 2019) en la indagación culminada, presento las posteriores conclusiones:

- Los oleos mas empleados con la finalidad de elaborar comidas en la Universidad de Piura presentar un origen vegetal como por ejemplo los oleos extraídos del girasol entre otros.
- De las diversas personas encuestadas, se concluyo que el oleo solo se emplea una vez en su mayoría, rara veces se utiliza 2 veces, lo cual a simple vista podemos deducir que el índice de acidez sería menor al pensado.
- El acondicionamiento del óleo brindo una disminución optima de ácidos grasos a 1.79% con el mecanismo de calor por convección y a 1.18% con el

mecanismo de microondas. Queda una gran diferencia entre la reducción de la proporción de ácidos grasos respecto a cada método, siendo así la más eficaz y eficiente la de microondas, debido a que generó una mayor reducción de ácidos grasos.

- Respecto a la recolección total del óleo, aproximadamente el 80% de la comunidad encuestada, tira el óleo empleado en sus actividades domésticas al drenaje, brindando así una mayor proporción de contaminación respecto al agua. Mientras que el 10% lo almacena en un recipiente para posteriormente tirarlo a la basura, no obstante, el otro 10% lo lanza al suelo.
- Respecto a su colocación final, en gran parte, las personas lo suprimen tirándolos a su alcantarilla, lo cual por ende llega a una contaminación mayor, no obstante, solo una pequeña parte es la que lo desecha en los tachos de basura como residuos sólidos.
- El análisis nos brindó con certeza los parámetros obtenidos posteriormente a la transesterificación acompañado de un catalizado básico, manteniendo una temperatura periódica de 60°C con 500 rpm de agitación los cuales fueron en función a la relación de aceite: alcohol 1:12 con un periodo de 3 horas, lo cual se obtuvo un rendimiento del 98%, este rendimiento fue determinado por la cromatografía de gases.
- Los datos obtenidos respecto a los análisis de los parámetros físicos y químicos del aceite empleado como base principal para la obtención de biodiesel, fueron óptimos, esto más que todo porque cumple con las necesidades indicadas.

De acuerdo con (Silva, 2009) en la indagación culminada, se propuso las siguientes conclusiones:

- Los datos adquiridos respecto al índice de acidez de los ensayos hechos de manera constante fueron de (6,7;6,5;6,6) g NaOH/L de óleo, brindando así una media de 6,6 g de NAOH por litro de aceite.
- El valor de la T° adecuada con la finalidad de obtener un elevado rendimiento en el mecanismo de obtención de biodiesel, fue del 65°C brindando así un rendimiento de 87% y por ende las proporciones adecuadas de metano para un elevado rendimiento de biodiesel, los datos fueron de 1 hora y 20 minutos con un rendimiento aproximado de 88% y 86%, generando así el rendimiento menor en comparación a un periodo de 30 minutos.
- El ensayo numero 11 es el mas eficiente, debido a que presenta un mayor rendimiento y así mismo también esteres metílicos (biodiesel), generando así un mecanismo bajo referente al ensayo 3 con temperaturas de 43 y tiempo de 45 minutos, debido a que brindo un rendimiento del 78,3%.
- Los mecanismos que brindaron un elevado rendimiento en función a los ensayos mencionados fueron los tratamientos 10 y 11 con una relación de masa sobre volumen de 0,765 g/ml y 0,96 g/ml y por ende viscosidades de 2,54 mm²/s y 2,67 mm²/s, con un pH neutro.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Historia del Biodiésel

El uso de aceites vegetales como combustible se conoce desde los primeros días del motor Diesel. En 1900, en una exposición en París, Rudolf Diesel mostró al público un motor (que lleva su nombre hasta el día de hoy) que funciona con aceite de maní (ver Figura 2.1). El uso de aceite de maní fue una solicitud del gobierno francés que, en ese momento, tenía varias colonias tropicales que producían este aceite.



Figura 1. Motor propulsado por aceite de cacahuete.

Además de afirmar que este tipo de motor aportaría independencia en la importación de combustible líquido en las regiones tropicales, Rudolf Diesel creía que, en unos años, los aceites vegetales tendrían la misma importancia que los aceites minerales (KNOTHE et al., 2006). Diesel habría realizado otros experimentos en San Petersburgo, con locomotoras impulsadas por aceite de ricino y aceites animales. En ambos casos, los resultados fueron muy satisfactorios y los motores funcionaron bien (SEBRAE, 2007).

En la primera mitad del siglo XX, varios países europeos, principalmente Alemania y Gran Bretaña, se esforzaron por que sus colonias obtuvieran una mayor independencia energética mediante el uso de aceites vegetales como combustible. Posteriormente, durante la Segunda Guerra Mundial, los aceites vegetales se utilizaron como combustibles de emergencia, alcanzando así posiciones estratégicas. Por ejemplo,

Brasil prohibió la exportación de aceite de semilla de algodón para tratar de satisfacer la demanda interna de gasoil, que era importado. Otros países como Estados Unidos, China, Argentina e India también exploraron el potencial de los aceites vegetales como combustibles en este período (KNOTHE et al., 2006).

Después de la Segunda Guerra Mundial, los combustibles derivados del petróleo se volvieron baratos y abundantes en el mercado, constituyendo así la principal fuente de energía en la sociedad contemporánea. En este contexto, el Diesel de petróleo se convirtió en el principal combustible utilizado en los motores Diesel.

Las crisis del petróleo de 1973 (causadas por la guerra de Yom Kippur y la disminución de la producción de petróleo en los países del Medio Oriente) y 1979 (con la Revolución Islámica y el paro de la producción de petróleo de Irán) mostraron al mundo que el suministro de petróleo no está garantizado y depende de la política. contexto en los países productores que son miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). La actual crisis del petróleo, a diferencia de las anteriores, es el resultado de la creciente demanda de petróleo de países como China e India y la escasez de existencias. En este contexto, las potencias mundiales como Estados Unidos están tratando de mantener sus suministros de petróleo. Así, en los últimos años ha crecido enormemente la búsqueda de fuentes de energía nuevas y renovables.

En Brasil, en respuesta a la crisis del petróleo de 1973, el Gobierno Federal creó el “Programa Nacional de Alcohol” (PROALCOOL), la primera medida a nivel nacional para apoyar los combustibles renovables. El objetivo de PROALCOOL fue la producción de etanol a partir de caña de azúcar para mezcla en gasolina o uso exclusivo (E100) en motores de vehículos ligeros. Al principio, la adición de etanol a la gasolina era del 5%, sin embargo, actualmente varía entre el 20% y el 25%. Con esta medida, Brasil dejó de importar grandes cantidades de gasolina y favoreció la economía nacional con la

producción de un combustible renovable, limpio y nacional. PROALCOOL se ha convertido en el programa de biomasa más importante del mundo y Brasil es un referente mundial en el uso del etanol como biocombustible (MOREIRA; GOLDEMBERG, 1999).

Debido a la crisis del petróleo de los años 70, el gobierno brasileño también vio la necesidad de crear un programa para reemplazar el Diesel. A través de PRO-OLEO, se esperaba una reposición de hasta el 30% del Diesel de petróleo en un plan más ambicioso que el propio PROALCOOL. La transesterificación fue una de las propuestas tecnológicas para la producción de biodiesel en sustitución del Diesel, sin embargo, con la caída del barril de petróleo que acompañó a mediados de la década de 1980, se abandonó PRO-ÓLEO (POUSA; SANTOS; SUAREZ, 2007).

La producción de biodiesel en el país se ha reanudado en los últimos años. La Ley N ° 11.097 del 13 de enero de 2005 prevé la introducción del biodiesel en la matriz energética brasileña y la creación del Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiesel (PNPB), cuyos objetivos son asegurar el apoyo a la producción de biodiesel y el desarrollo de regiones desatendidas (Ver Apéndice A). Además, la Ley N ° 11.097 definió el contenido de biodiésel que debe agregarse al Diesel de petróleo y la Ley N ° 11116 (18/05/2005) definió las normas tributarias.

Entre otros incentivos para el desarrollo socioeconómico de las regiones menos favorecidas del país está, por ejemplo, la exención total de impuestos cuando se utilizan aceites de ricino y palma producidos en el norte y noreste de Brasil por la agricultura familiar. Además, la ANP garantiza exenciones tributarias y mejores condiciones de financiamiento público para las empresas que adquieren materia prima para la producción de biodiésel de la agricultura familiar.

La mayor barrera para la venta de biodiesel es el alto precio de fabricación asociado con el precio de los aceites vegetales. Los aceites y grasas residuales son una

buena alternativa para la producción de biodiésel, ya que son más económicos que los aceites vegetales de uso tradicional.

Actualmente, se están formando varias cooperativas en varios municipios brasileños con el fin de recolectar aceite residual para la producción de biodiesel.

2.2.2. Uso del Biodiesel

Las aplicaciones del diésel fósil destacan en las áreas de transporte y generación de energía térmica y eléctrica. Cuando se somete al funcionamiento de motores térmicos, el biodiésel presenta un comportamiento satisfactorio y es visto como un excelente sustituto del diésel convencional. Además, el hecho de que el biodiesel sea miscible con Diesel fósil ha llevado a muchos países a probar mezclas binarias de biodiesel / petrodiesel, formando “ecodiesel” (PARENTE, 2003), lo que resultó en una reducción no solo en el consumo de combustibles fósiles sino también en el medioambiente. impactos causados por ella.

Sin embargo, es importante recordar que dichas mezclas no se caracterizan por ser estrictamente biodiesel, recibiendo un nombre de acuerdo a su respectivo porcentaje de biodiesel. Así, para una mezcla de 2% de biodiesel en Diesel de petróleo, el nombre es B2; para la mezcla del 25%, B25, etc. (BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007).

Los motores que funcionan con combustible híbrido tienen aproximadamente el mismo rendimiento que cuando funcionan con diésel de petróleo puro. Cuando la adición de biodiésel es del orden de 2 a 5% (B2 y B5), hay una mejora en el funcionamiento de las máquinas debido al aumento de lubricidad. Sin embargo, cuando esta fracción de biodiesel aumenta (B50, por ejemplo) se nota una pequeña caída en la potencia. Esto se debe a que algunos elementos químicos que contribuyen al poder calorífico del diésel fósil no están presentes en el biodiésel y para compensar la pérdida de energía, es necesario un ligero aumento en el consumo (BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007).

Países como Alemania, Francia e Italia ya cuentan con programas bien desarrollados para la producción y el uso de biodiésel. Brasil, que ya tiene experiencia en el campo de los biocombustibles a través de PROALCOOL, cuenta nuevamente con la colaboración de la empresa Petrobras a través del PNPB, que tiene como objetivo contribuir al éxito del Programa Federal de Biodiesel aprobado en 2004 que autoriza, desde 2005, la comercialización de biodiesel mezclado con Diesel fósil. En enero de 2008, la mezcla de biodiésel al 2% con diésel convencional se convirtió en obligatoria. En julio de 2009, este porcentaje subió a 3%, y el aumento de este porcentaje a 5%, que estaba previsto para 2013, fue anticipado por el gobierno federal y ya está en el mercado nacional.

2.2.3. Características de un combustible Diesel

El biodiesel contribuye no solo a la reducción de emisiones de algunos gases que son tóxicos para el medio ambiente, sino que también mejora la lubricación y potencia de los motores de los vehículos al tener un índice de cetano alto, además de tener un punto de inflamación elevado, lo que ofrece un manejo y una mayor seguridad. almacenamiento. La producción de este combustible a escala industrial representa un ahorro de petróleo, además de acelerar el fin de las importaciones de diésel.

Sin embargo, el biodiesel tiene algunas desventajas, como: alto costo de producción que, en consecuencia, se agrega al producto final; el aumento de la emisión de óxidos nítricos (NO); la tendencia a la oxidación cuando se expone x al aire y; en cuanto a sus propiedades de flujo (viscosidad, por ejemplo) cuando se usa en lugares de clima frío (KNOTHE et al., 2006).

Según Parente (2003), la viabilidad técnica de un combustible para motores Diesel depende de los siguientes factores:

- ✓ Combustibilidad;

- ✓ Impactos ambientales de las emisiones;
- ✓ Compatibilidad de uso;
- ✓ Compatibilidad de manejo.

La combustibilidad de una sustancia, propuesta como combustible, se refiere a su grado de facilidad para realizar la combustión en el equipo de la forma deseada, en la producción de energía mecánica más adecuada. En los motores Diesel, la combustibilidad está relacionada con las siguientes propiedades esenciales del combustible: poder calorífico e índice de cetano. La viscosidad cinemática y la tensión superficial, ya que definen la calidad de pulverización en la inyección de combustible, también participan como factores de calidad en la combustión.

Los impactos ambientales de las emisiones son una característica básica importante, ya que es necesario preservar la fauna y la flora. El contenido de azufre e hidrocarburos aromáticos, además de la combustibilidad, son características importantes inherentes a los impactos de las emisiones.

La compatibilidad de uso se refiere a la longevidad, no solo del motor sino de su entorno, representada por la lubricidad y la corrosividad, esta última definida principalmente por el contenido de azufre y la acidez del combustible.

La compatibilidad de manipulación se refiere al transporte, almacenamiento y distribución de combustible, siendo la corrosividad, la toxicidad y el punto de inflamación las propiedades más importantes. En el invierno de los países más fríos, el punto de fluidez también se convierte en una propiedad importante, lo que indica la adición de aditivos anticongelantes.

2.2.4. Propiedades Físicas e Químicas del Biodiesel

La Ley N ° 11.097 de 13 de enero de 2005 define al biodiesel como: “biocombustible derivado de biomasa renovable para uso en motores de combustión

interna con encendido por compresión o, según reglamento, para la generación de otro tipo de energía, que pueda reemplazar parcial o totalmente a los fósiles. combustibles ”.

En Brasil, la especificación de los estándares de calidad del biodiesel se llevó a cabo de acuerdo con la norma de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) y normas internacionales como la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM), la Organización Internacional de Normalización (ISO). y el Comité Europeo de Normalización (CEN), que fueron regulados por la ANP en 2008 (Ver Anexo B). Se estandarizaron varias propiedades físicas y químicas, como masa específica, viscosidad cinemática, punto de inflamación, contenido de azufre, índice de cetano, contenido de glicerina libre y total, contenido de acilglicerol, entre otras. Es de gran importancia que el biodiésel brasileño cumpla con las especificaciones mínimas de calidad, lo que no solo preservaría la integridad de los vehículos de motor, sino que también cumpliría con los estándares internacionales del producto.

A continuación, se describirán las principales propiedades físicas y químicas del biodiésel. A través de estas propiedades se pueden observar sus ventajas y desventajas en relación al diésel convencional.

2.2.4.1. Propiedades Físicas

Entre las propiedades físicas del biodiésel se pueden destacar las siguientes:

a) Viscosidad y densidad:

las propiedades dinámicas de fluido de un combustible, que son importantes para el funcionamiento de los motores de inyección por compresión (motores Diesel), son la viscosidad y la densidad. Estas propiedades tienen una gran influencia en la circulación y la inyección de combustible. Afortunadamente, las propiedades fluidodinámicas del biodiésel, independientemente de su origen, son similares a las del gasóleo mineral, por

lo que, desde este punto de vista, no es necesaria ninguna adaptación o ajuste en el sistema de inyección de los motores.

b) Lubricidad:

La lubricidad es una medida del poder de lubricidad de una sustancia, siendo función de varias de sus propiedades físicas, destacando la viscosidad y la tensión superficial. A diferencia de los motores de gasolina, los motores Diesel requieren que el combustible tenga propiedades lubricantes, especialmente debido al funcionamiento de la bomba, que requiere que el líquido que fluye lubrique adecuadamente sus partes móviles.

c) Punto de neblina y fluidez:

El punto de nebulización es la temperatura a la que el líquido, debido a la refrigeración, comienza a enturbiarse, y el punto de fluidez es la temperatura a la que el líquido ya no fluye libremente. Tanto el punto de fluidez como el punto de niebla del biodiésel varían según la materia prima que lo originó y también según el alcohol utilizado en la reacción de transesterificación. Estas propiedades se consideran importantes con respecto a la temperatura del medio ambiente donde se almacenará y utilizará el combustible. Sin embargo, en Brasil, de norte a sur, las temperaturas no presentan ningún problema de congelación del combustible, principalmente porque la intención es utilizar biodiesel en una mezcla con gasoil mineral.

d) Punto de inflamación:

Es la temperatura a la que un líquido se vuelve inflamable en presencia de una llama o chispa. Esta propiedad solo asume importancia con respecto a la seguridad en el transporte, manipulación y almacenamiento. El punto de inflamación del biodiésel, si está completamente libre de metanol o etanol, es superior a la temperatura ambiente, lo que

significa que el combustible no es inflamable en las condiciones normales donde se transporta, manipula y almacena, sirviendo incluso para ser utilizado en barcos.

e) Poder calorífico:

El poder calorífico de un combustible indica la cantidad de energía desarrollada por el combustible por unidad de masa, cuando se quema. El poder calorífico del biodiesel es muy cercano al poder calorífico del aceite Diesel mineral. La diferencia media a favor del gasoil del petróleo es del orden de sólo el 5%. Sin embargo, con una combustión más completa, el biodiésel tiene un consumo específico equivalente al diésel mineral.

f) Índice de cetano:

El índice de octano u octanaje de los combustibles es para motores de ciclo Otto, de la misma manera que el índice de cetano o cetano es para motores de ciclo Diesel. Por lo tanto, cuanto mayor sea el índice de cetano de un combustible, mejor será la combustión de ese combustible en un motor Diesel. El índice de cetano promedio del biodiesel es de 60, mientras que para el Diesel mineral el ketanaje es de 48 a 52, mucho más bajo, por lo que el biodiesel tiene un encendido más controlado y se quema mejor en el motor que el biodiesel.

2.2.4.2. Propiedades Químicas

Entre las propiedades químicas del biodiésel se pueden destacar las siguientes:

a) Contenido de azufre:

Como los aceites vegetales y las grasas animales no contienen azufre, el biodiésel está completamente libre de este elemento. Los productos derivados del azufre son bastante dañinos para el medio ambiente (los SO_x son responsables de la lluvia ácida), para el motor y sus componentes. Parece que el biodiésel es un combustible limpio, mientras que el diésel mineral, que tiene un bajo contenido de azufre, daña la flora, la fauna, el hombre y el motor.

b) Contenido de Óxido Nítrico (NO_x):

Comparado con el Diesel convencional, el biodiesel presenta un incremento en las emisiones de NO_x, uno de los factores relacionados con este incremento se puede atribuir a la materia prima o formulación utilizada para producir el biodiesel.

c) Poder de solvencia:

El biodiesel, al estar constituido por una mezcla de ésteres de ácidos carboxílicos, solubiliza un grupo muy amplio de sustancias orgánicas, incluidas las resinas que componen las pinturas. Por lo tanto, se debe tener especial cuidado con la manipulación del biodiésel para evitar daños en la pintura de los vehículos, en las proximidades del punto de llenado o boquilla.

d) Biodegradabilidad y toxicidad:

El biodiesel demostró ser altamente biodegradable en una simulación de derrame en el suelo. Un suelo contaminado con biodiesel podría favorecer la germinación de semillas luego de la biodegradación del aceite, que tuvo lugar entre 4 y 6 semanas. Sin embargo, durante el proceso de biodegradación, hubo un rápido crecimiento de microorganismos que de alguna manera dañaron el crecimiento de la planta en este suelo. En cuanto al hecho de que es tóxico, se realizaron estudios en ratas para analizar el daño que ocasiona la ingestión de biodiesel y comparado con los efectos del Diesel mineral, el biodiesel también tiene menor toxicidad, hecho que se relacionó con una menor cantidad observada de biodiesel. muertes.

e) Estabilidad oxidativa:

El biodiesel es susceptible a la oxidación cuando se expone al aire. Esta propiedad puede estar asociada a la existencia de enlaces insaturados en cadenas de carbono a partir de ácidos grasos, hecho que puede comprometer el almacenamiento y uso del

biocombustible, pero puede superarse mediante el uso de aditivos que mejoren la conservación del biodiesel.

2.2.5. Materias primas para la producción de Biodiesel

El biodiésel se puede producir a partir de diversas semillas oleaginosas. La palma aceitera, el babasú, la soja, el coco, el girasol, la colza y el ricino se destacan como las principales fuentes. Es posible realizar mezclas de ésteres de diversos orígenes para obtener biodiesel (COSTA; OLIVEIRA, 2006).

Usar una sola materia prima para producir biodiesel, en un país con la diversidad de Perú, sería un gran error. En Europa se utiliza predominantemente la colza (canola), por falta de alternativas, aunque también se fabrica biodiésel con aceites residuales de fritura y residuos grasos. En el caso de Perú, existen decenas de alternativas, como lo demuestran las experiencias realizadas en varios estados con ricino, palma aceitera, soja, girasol, jatropha, babasú, maní, pequi, etc. (COSTA; OLIVEIRA, 2006).

Cada cultivo rinde mejor según las condiciones del suelo, el clima, la altitud, etc.

2.2.6. Aceites Vegetales

Todos los aceites vegetales, clasificados en la categoría de aceites fijos o triglicéridos, pueden transformarse en biodiésel. Así, los aceites de las siguientes especies vegetales podrían constituir materia prima para la producción de biodiesel: semillas de maní, pulpa de palma, almendra palmiste, almendra coco playa, semilla de algodón, semilla de coco babasú, semilla de girasol, ricino, colza, semilla de maracuyá, pulpa de aguacate, semilla de oiticica, linaza, semilla de tomate, entre muchas otras hortalizas en forma de semillas, almendras o pulpas (PARENTE, 2003).

Los denominados aceites esenciales son otra familia de aceites vegetales y no pueden utilizarse como materias primas para la producción de biodiésel. Dichos aceites son volátiles y consisten en mezclas de terpenos, fenoles y otras sustancias aromáticas.

Sin embargo, cabe señalar que una gran parte de los aceites esenciales se pueden utilizar, in natura, en motores diésel, especialmente en mezcla con aceite diésel mineral y / o biodiésel. Ejemplos de aceites esenciales son aceite de pino, aceite de cáscara de naranja, aceite de andiroba, aceite de membrillo, aceite de cáscara de anacardo y otros aceites que se encuentran originalmente impregnando materiales lignocelulósicos como madera, hojas y cáscaras de vegetales, para lubricar sus fibras (PARENTE, 2003).

2.2.7. Grasas animales

Los aceites y grasas animales tienen estructuras químicas similares a las de los aceites vegetales, siendo moléculas de triglicéridos de ácidos grasos. Las diferencias están en los tipos y distribuciones de ácidos grasos combinados con glicerol (PARENTE, 2003). Los ácidos grasos predominantes en aceites y grasas son:

- ✓ Aceite de soja: ácido oleico;
- ✓ Aceite de babasú: ácido laurídico;
- ✓ Sebo bovino: Ácido esteárico.

Por tanto, las grasas animales, por sus estructuras químicas similares a las de los aceites vegetales fijos, también pueden transformarse en biodiesel (PARENTE, 2003).

Ejemplos de grasas animales, que pueden transformarse en biodiesel, son sebo de res, aceites de pescado, aceite de mocotó, manteca de cerdo, entre otros materiales grasos de origen animal (PARENTE, 2003).

2.2.8. Aceites y grasas residuales

Además de los aceites y grasas vírgenes, los aceites y grasas residuales resultantes del procesamiento doméstico, comercial e industrial también son la materia prima para la producción de biodiésel. Según Parente (2003), las posibles fuentes de aceites y grasas residuales son:

- ✓ Snacks y cocinas industriales, comerciales y domésticas, donde se fríen los alimentos;
- ✓ Industrias en las que procesan productos alimenticios fritos, como almendras, tubérculos, botanas y varios otros tipos de botanas;
- ✓ Alcantarillas municipales donde la nata sobrenadante es rica en materia grasa, lo que posibilita la extracción de aceites y grasas;
- ✓ Procesar aguas residuales de determinadas industrias alimentarias, como pescado, cuero, etc.

Los aceites para freír representan un sorprendente potencial de oferta, superando las expectativas más optimistas. Dichos aceites se originan en determinadas industrias de producción de alimentos, en restaurantes comerciales e institucionales, y también en cafeterías (PARENTE, 2003).

El proceso de fritura se puede definir como calentar aceite a temperaturas entre 160 y 220 ° C en presencia de aire durante largos períodos de tiempo (CVENGROS; CVENGROSOVA, 2004). Durante el proceso de fritura se producen cambios fisicoquímicos en el aceite como (COSTA NETO et al., 2000; CVENGROS; CVENGROSOVA, 2004):

- ✓ Aumento de la viscosidad;
- ✓ Aumento del calor específico;
- ✓ Disminución del número de yodo (número proporcional al contenido de insaturación del compuesto);
- ✓ Cambio en la tensión superficial;
- ✓ Cambio de apariencia (color);
- ✓ Acidez aumentada debido a la formación de ácidos grasos libres;
- ✓ Olor desagradable (rancidez);

- ✓ Mayor tendencia del aceite a formar espuma.

Todos los días estos residuos se eliminan por error en los lavabos e inodoros, debido a que van al sistema de alcantarillado. Esto se debe en gran parte a la falta de información de la población y / o la falta de difusión de ideas ambientales. Una disposición inadecuada puede ocasionar, además de obstruir las tuberías y filtros de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (ETE), el costo de tratamiento y también contaminar y desoxigenar el agua.

Dobarganes y Pérez-Camino (1991) informan que el consumo de alimentos fritos y refritos siempre tiende a aumentar. Influidos por motivos sociales, económicos y técnicos, ya que cada vez más personas disponen de menos tiempo para preparar sus alimentos y, así, el proceso de fritura supone una alternativa a su rápida preparación y al mismo tiempo confiere a los fritos características organolépticas agradables. Incrementar la cantidad de residuos generados.

El vertido de aguas residuales que contienen aceites de cocina utilizados en las líneas de agua tiene como consecuencia la disminución de la concentración de oxígeno presente en las aguas superficiales, situación que se debe principalmente a que este tipo de aguas residuales contienen sustancias consumidoras de oxígeno (materia orgánica biodegradable), que cuando se vierten en cursos de agua, además de contribuir a un aumento considerable de la carga orgánica, conducen a corto plazo a una degradación de la calidad del medio receptor. Además, la presencia de aceites y grasas en los efluentes de aguas residuales provoca un ambiente desagradable con graves problemas ambientales de higiene y malos olores, provocando también impactos negativos en la fauna y flora circundante.

Otra práctica incorrecta de depositar este tipo de residuos está asociada a su vertido a las redes de alcantarillado público y colectores municipales, lo que puede

ocasionar importantes problemas de atascos y obstrucciones. Otra consecuencia del vertido a las redes públicas de alcantarillado y colectores municipales resulta en su reenvío a las Plantas de Tratamiento (cuando existe esta solución, si aún no es evidente para todo el territorio nacional), contribuyendo significativamente al aumento de los niveles de CBO (Bioquímica Demanda de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y TSS (Sólidos Totales Suspendedos) en las aguas residuales a tratar, dificultando el desempeño y funcionamiento eficiente de las Plantas de Tratamiento, debido a que el aumento de concentración de estos parámetros conduce a una considerable el consumo de energía en su desempeño, además de implicar un mantenimiento y limpieza más frecuente de los equipos de separación de aceites y grasas, asociado a un considerable gasto de tiempo en este tipo de operaciones.

Los volúmenes de sebo animal ofrecidos, especialmente bovinos, en países productores de carne y cuero, como Brasil, también son sorprendentes. Dichas materias primas son ofrecidas, en cantidades sustanciales, por las curtidurías y los mataderos de animales medianos y grandes (PARENTE, 2003).

2.2.9. Formas de Obtención de Biodiesel

Entre los diversos factores predominantes para la obtención de biodiésel de calidad, se pueden citar cuatro fundamentales:

- ✓ Elección de materia prima;
- ✓ Selección de catalizadores;
- ✓ Elección de la ruta de alquilo;
- ✓ Forma de realizar el proceso.

Los aceites vegetales y las grasas animales están compuestos básicamente por triacilglicerol (o triglicéridos), que son cadenas de ácidos grasos ligados al glicerol (o

glicerina). En la literatura se conocen al menos 3 procesos de producción (COSTA; OLIVEIRA, 2006; KNOTHE et al., 2006):

Craqueo: consiste en la degradación de la molécula de glicerol formando ésteres, que se realiza a altas temperaturas (superiores a 350 C);

Esterificación: es la reacción de un ácido con un alcohol para obtener un éster; el biodiésel se formará a partir de la reacción del alcohol con ácidos grasos libres;

Transesterificación: consiste en un proceso para reducir la viscosidad de los triacilgliceroles, donde sus cadenas de ácidos grasos se separan del glicerol cuando se mezclan con un alcohol.

La forma más común de producir biodiesel es mediante la transesterificación de triacilgliceroles en presencia de alcohol y catalizador, como se observa en la siguiente figura.

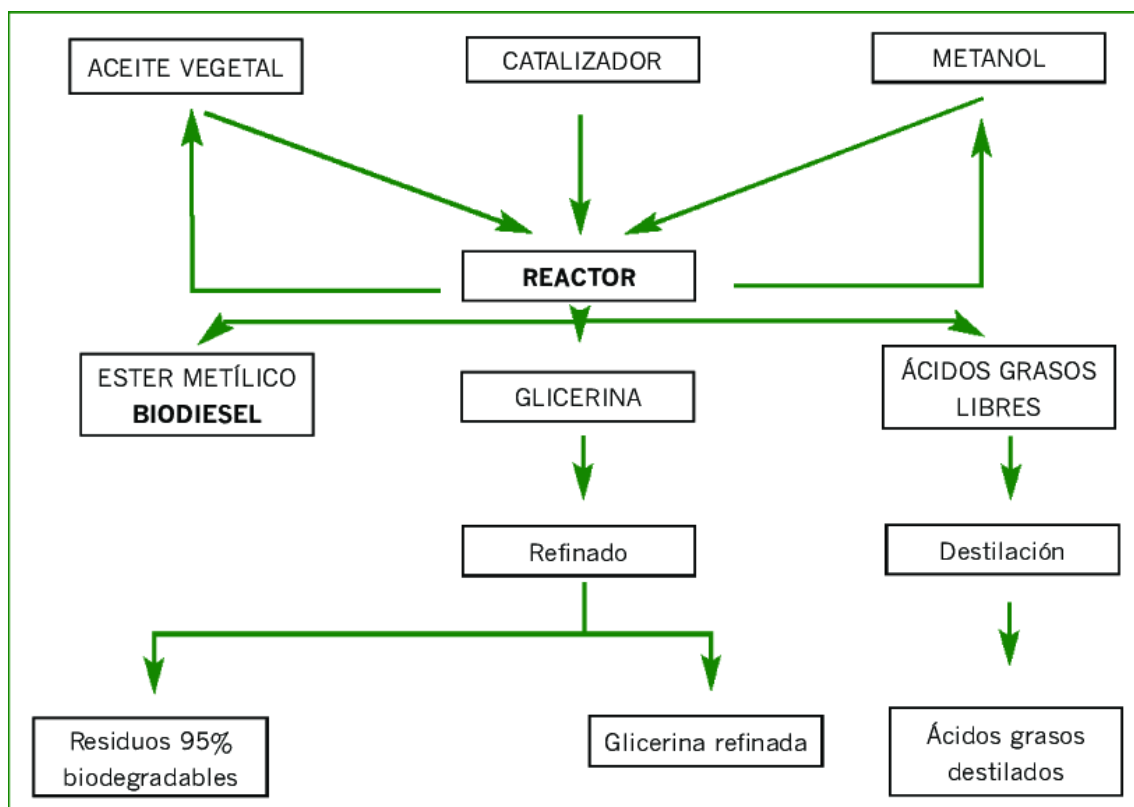


Figura 2. Esquema de producción de biodiesel mediante el proceso de transesterificación.

La catálisis básica se aplica con más frecuencia, sin embargo, la presencia de impurezas como agua y ácidos grasos libres en los aceites residuales da como resultado la formación de jabón y el consumo de catalizador. Aunque la transesterificación ácida no presenta estos problemas, requiere tiempos de reacción prolongados, además de altas temperaturas y una relación molar alcohol: aceite. El pretratamiento ácido y la posterior transesterificación catalizada por una base enfrentan el problema de eliminar el agua del aceite neutralizado y reciclar el alcohol utilizado en la etapa de pretratamiento, lo que encarece el proceso. Por lo tanto, la transesterificación básica de material oleoso residual sin pretratamiento, a pesar de sus limitaciones, es la forma más simple y barata de producción de biodiesel (KNOTHE et al., 2006).

Los métodos de producción de biodiesel se pueden caracterizar como: “Por Lote” o “Continuo”, siendo el primero el más relevante en este trabajo.

La reacción que se presenta en breve representa el proceso de transesterificación, donde el 100% de los triacilgliceroles reaccionan con el alcohol. En general, el contenido de triacilglicerol varía debido a la presencia de constituyentes indeseables en la materia prima, como los ácidos grasos libres. Además, la calidad del producto obtenido en la transesterificación depende del proceso de tratamiento adecuado para cada tipo de aceite o grasa a utilizar. En principio, la transesterificación es una reacción reversible, aunque durante la producción de ésteres de alquilo a partir de aceites vegetales, es decir, biodiésel, la reacción inversa no se produce, es decir, considerablemente despreciable porque el glicerol formado no es miscible en el producto, lo que da lugar a dos -sistema de fase (KNOTHE et al., 2006). Los radicales de la Reacción 2.1 que están representados por R1, R2 y R3, que pueden ser diferentes entre sí, son cadenas de ácidos grasos que están unidas al glicerol, siendo los más comunes los ácidos enumerados en la siguiente tabla. En la

molécula de biodiésel, el radical R 'representa la cadena de hidrocarburos del alcohol utilizado como reactivo.

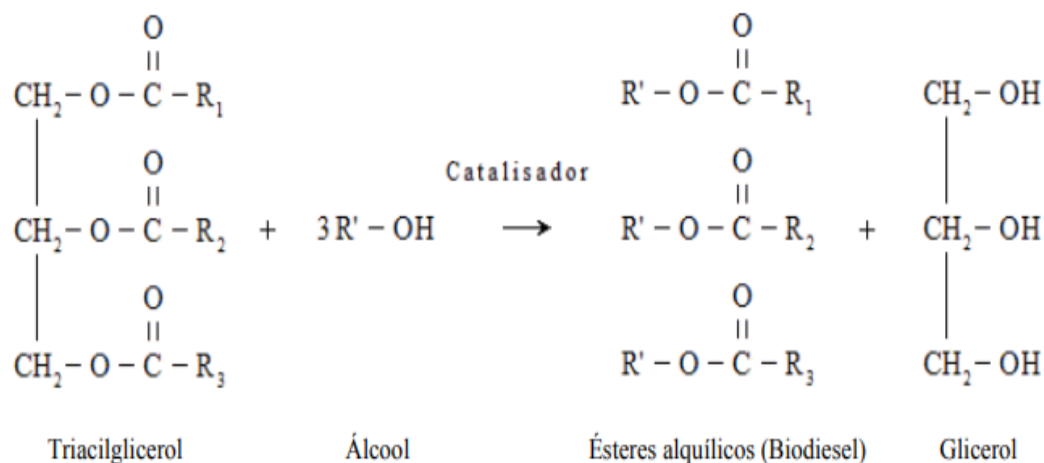


Figura 3. Reacción de transesterificación.

Ácido	Fórmula Química
Palmítico	$\text{R} = -(\text{CH}_2)_{14} - \text{CH}_3$
Esteárico	$\text{R} = -(\text{CH}_2)_{16} - \text{CH}_3$
Oléico	$\text{R} = -(\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3$
Linoléico	$\text{R} = -(\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3$
Linolênico	$\text{R} = -(\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

Figura 4. Principales ácidos grasos presentes en aceites vegetales y grasas animales.

El proceso de transesterificación puede ir acompañado o no de catalizadores (alcalinos o ácidos). La presencia de catalizadores mejora la solubilidad del alcohol en la materia prima y su aplicación depende de la materia prima a utilizar. Por ejemplo, los

aceites vegetales son las materias primas con los niveles más bajos de ácidos grasos libres y, en este caso, se puede utilizar la transesterificación mediante catálisis básica o ácida. Sin embargo, los hidróxidos son los catalizadores más recomendados para convertir materias primas con bajo índice de acidez porque contribuyen a períodos más cortos de conversión de materia prima en ésteres. Las grasas animales, por otro lado, contienen una cantidad considerable de acidez, o un alto contenido de ácidos grasos libres (FFA) en la composición de la materia prima, que podrían reaccionar con catalizadores alcalinos, formando jabones, como se muestra en la siguiente reacción dañando así obteniendo los ésteres.

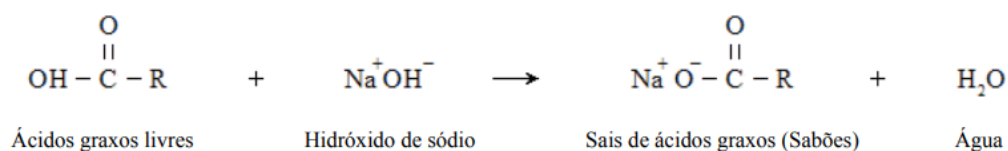


Figura 5. Reacción de saponificación.

La saponificación se presenta como un problema en el proceso de obtención de biodiésel. El exceso de ácidos grasos libres reacciona con buena parte del catalizador utilizado en el proceso, lo que implica un aumento en el consumo de hidróxidos y, en consecuencia, en la formación de jabones lo que, a su vez, implica una mayor emulsificación entre los ésteres y el glicerol, lo que dificulta la separación de los dos mediante decantación. En algunos casos, es necesario pretratar la materia prima para reducir el contenido de estos ácidos grasos y, a partir de ahí, continuar la producción mediante transesterificación alcalina.

Según Gerpen et al. (2004), en general, la presencia de ácidos grasos libres que se refleja directamente en el índice de acidez de la materia prima puede ignorarse en la transesterificación alcalina cuando el contenido de FFA es menor al 1% en una muestra de materia prima. Cuando la materia prima tiene un contenido de FFA entre 1 y 6%, y

está libre de agua, se recomiendan catalizadores alcalinos para acelerar la transesterificación, a pesar de la pequeña cantidad de jabón que se forma en el proceso. Sin embargo, se recomienda una adición complementaria de hidróxidos de catalizador para suministrar lo que se consumió en la reacción de saponificación. Si se encuentra la presencia de agua en el aceite, la transesterificación alcalina solo se recomendará cuando el contenido de ácidos grasos sea inferior al 3%. Los catalizadores más utilizados en la producción de biodiésel son los hidróxidos de sodio (NaOH) y potasio (KOH). La cantidad de hidróxido típicamente empleada comprende un intervalo de 0,3% a aproximadamente 1,5% con respecto a la masa de la materia prima. La existencia de agua es perjudicial cuando está contenida en la materia prima, durante la producción y almacenamiento de biodiesel. El éster reacciona con el agua a través de un proceso conocido como hidrólisis (reacción inversa a la esterificación), formando ácidos grasos libres y alcoholes, como se muestra en la siguiente reacción.

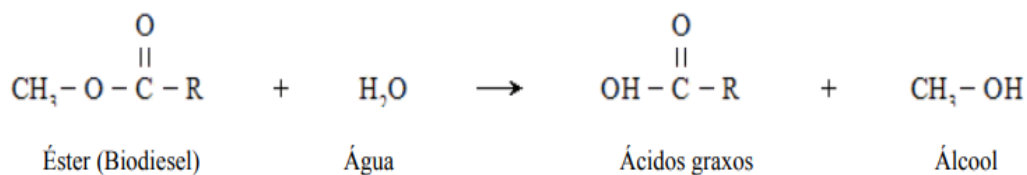


Figura 6. Hidrólisis de ésteres.

Lo mismo ocurre con la materia prima, ya que los triacilgliceroles también son ésteres. La presencia de agua contribuye al aumento del contenido de ácidos grasos libres, perjudicando el proceso de transesterificación, como se muestra en la siguiente reacción.

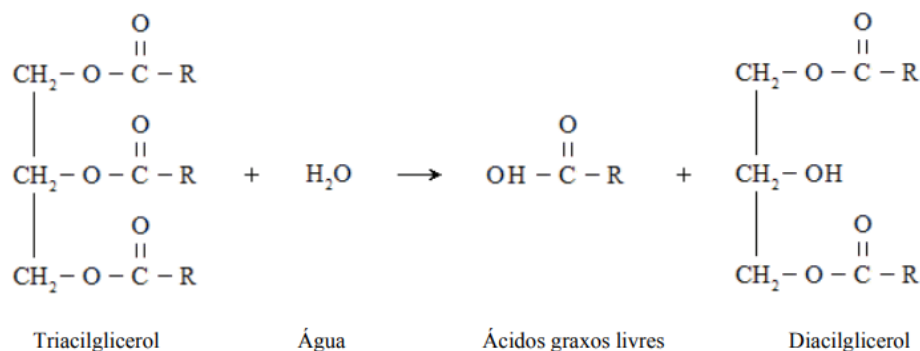


Figura 7. Hidrólisis de triacilglicerol.

El agua, que perjudica la calidad del biodiesel, puede surgir tanto por la humedad del aire cuando el combustible no se almacena adecuadamente, como durante la fase de producción de materia prima en biodiesel, porque en la fase de elaboración de óxidos de alcohol (mezcla entre los hidróxidos y el alcohol de reacción), que está representado por la Reacción 2.5, se forma como un subproducto. Si no se cuida, el agua puede permanecer en el combustible durante el almacenamiento. Dado que la disolución del hidróxido catalítico en alcohol no evita la aparición de agua, especialmente cuando el alcohol está hidratado, se ha recomendado el uso de soluciones de óxidos de alcohol (soluciones listas y previamente deshidratadas) para acelerar el proceso de transesterificación.

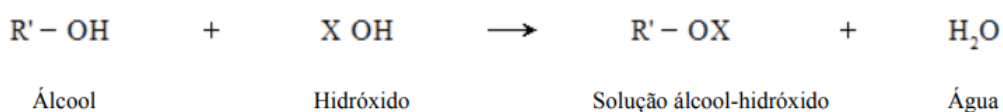


Figura 8. Solución de hidróxido de alcohol.

A pesar de la aparición de agua, las pequeñas unidades de producción logran excelentes rendimientos a través de soluciones alcohólicas de hidróxidos de metales alcalinos (KNOTHE et al., 2006). Con el objetivo de minimizar los costos de producción de biodiesel a partir de etanol anhidro, Ferrari (2005) probó la devolución de este alcohol al proceso. Con este procedimiento se observó la conversión incompleta del aceite de soja

en biodiesel, lo que resultó en una disminución del rendimiento. Se concluyó que el etanol recuperado no tiene carácter anhidro y es necesario deshidratarlo para poder reutilizarlo.

Los alcóxidos, que contienen como máximo un contenido de 0,1 a 0,3% de agua, son más caros, pero ofrecen mayor seguridad y comodidad en su manejo, además de obtener una fracción de glicerina más pura, siendo recomendados para producciones de biodiesel a gran escala.

Las materias primas con alto contenido en ácidos grasos libres dependen de un pretratamiento para que se pueda llevar a cabo el proceso de transesterificación. A continuación, se mencionan algunos métodos conocidos para obtener biodiésel a partir de estas materias primas (GERPEN et al., 2004):

Métodos enzimáticos:

Es un método que requiere el uso de ciertos tipos de enzimas que tienen un costo elevado. La ventaja es que estas enzimas se ven menos afectadas por el agua. Hasta la fecha, no hay registros de que este método se esté aplicando a la producción a gran escala.

Glicerólisis:

Esta técnica consiste en la adición de glicerol a la materia prima, sometiendo esta mezcla a una temperatura cercana a los 200 °C, con o sin catalizador (generalmente cloruro de zinc). El glicerol reacciona con los ácidos grasos libres para formar mono y diacilgliceroles. Se reduce el contenido de ácidos grasos libres en la materia prima, lo que permite aplicar el proceso convencional de transesterificación alcalina. Las deficiencias del proceso de glicerólisis son que, además de ser relativamente lento, la temperatura del proceso es bastante alta. Sin embargo, el proceso no utiliza alcohol en el pretratamiento del aceite y el agua que se forma en el proceso se evapora y se puede ventilar fuera de la mezcla.

Catálisis ácida:

Esta técnica utiliza un ácido fuerte (ácido altamente ionizado - número de moléculas ionizadas por número de moléculas inicialmente disueltas), como el ácido sulfúrico, para catalizar la esterificación de ácidos grasos libres y la transesterificación de triacilglicerol. Esta reacción no produce jabón debido a la ausencia de metales alcalinos. La reacción de esterificación de los ácidos grasos libres para obtener ésteres de alcohol es relativamente rápida y puede completarse en hasta 1 hora a 60 °C. Sin embargo, la transesterificación de los triacilgliceroles es muy lenta y puede tardar días en completarse. Calentando a 130 °C se puede acelerar la esterificación, pero los periodos rondarán los 30 a 45 minutos. Otro problema de la catálisis ácida es que el agua producida por la reacción de los ácidos grasos libres con el alcohol permanece en la mezcla y puede detener el proceso antes de que se complete.

Catálisis ácida seguida de Catálisis alcalina:

Esta técnica resuelve los problemas que existen en las diferentes velocidades de tiempo de reacción de la “Catálisis ácida” para los ácidos grasos libres y para los triacilgliceroles. Debido a que los ácidos grasos libres reaccionan rápidamente con el alcohol en presencia de ácidos fuertes, esta etapa de esterificación se utiliza como pretratamiento de la materia prima y debe repetirse tantas veces como sea necesario. Cuando el contenido de ácido graso libre se reduce por debajo del 1%, se añaden catalizadores alcalinos tales como hidróxido de sodio o potasio para convertir los triacilgliceroles en ésteres de alquilo. Los hidróxidos de potasio se utilizan ampliamente en Europa, ya que los efluentes del proceso pueden tener algún valor económico como fertilizantes, pero su costo es elevado en comparación con los hidróxidos de sodio. La formación de agua durante la fase de pretratamiento sigue siendo un problema, ya que no se evapora, su presencia evita el desplazamiento de los reactivos para que se produzca la reacción completa. Por esta razón, se agrega el exceso de alcohol en el pretratamiento,

pero se requerirá más energía en el proceso para eliminar el alcohol que queda en el producto final.

El metanol es el alcohol predominante en todo el mundo para la producción de biodiésel. La razón de su uso es que en la mayoría de los países donde la producción de biodiesel está altamente desarrollada, su costo es bastante bajo. En Brasil, el etanol se presenta como un combustible de menor costo, lo que lo convierte en un insumo prometedor para el país. La tecnología química para usar metanol se puede utilizar para producir ésteres etílicos de ácidos grasos, aunque hay algunos informes interesantes de que los ésteres etílicos pueden ser más difíciles de recuperar después de la purificación mediante lavado acuoso (KNOTHE et al., 2006).

El uso de alcoholes de cadena aún más larga (lineal o ramificada) para la producción de biodiésel ofrece la ventaja de que sus ésteres alquílicos presentan puntos de congelación más bajos que los observados para los ésteres metílicos. En los ésteres metílicos, esta propiedad se mejora con el uso de aditivos comerciales. Por otro lado, el alto costo de los alcoholes de cadena larga hace que el biodiesel derivado de ellos sea prácticamente inviable para uso comercial (KNOTHE et al., 2006).

Se han informado proporciones de alcohol / aceite de 4: 1 a 20: 1 (moles / moles) en procesos de transesterificación, siendo la proporción 6: 1 la más común. La temperatura de funcionamiento que se aplica generalmente es de aproximadamente 65 ° C, aunque también se sugieren temperaturas de 25 ° C a 85 ° C (GERPEN et al., 2004).

Según Ferrari (2005), la alcoholisis alcalina de los aceites vegetales se realiza normalmente a una temperatura cercana al punto de ebullición del alcohol y la temperatura se correlaciona con el tiempo de reacción, aunque algunos autores afirman que la temperatura de reacción es superior a 60 ° C. Debe evitarse, ya que esto tiende a acelerar la saponificación de los glicéridos por el catalizador, antes de completar la

alcoholisis y que la transesterificación se puede llevar a cabo satisfactoriamente a temperatura ambiente.

Al final de la transesterificación, es necesario realizar los procesos de depuración del biodiesel, que consisten en la eliminación del exceso de glicerol, alcohol y otros elementos (agua, sedimentos y olores) y también en la neutralización de los catalizadores utilizados.

Existe una pequeña cantidad de triacilglicerol que no han reaccionado o han reaccionado parcialmente, y estos acilglicerol, conocidos como “glicerol ligados”, agregados al “glicerol libre”, forman el “glicerol total”, cuyo contenido en biodiesel debe ser pequeño. Como el glicerol forma una fase inmisible en el éster de alquilo, estos pueden separarse mediante centrifugación o decantación (KNOTHE et al., 2006).

Aunque las mayores cantidades de alcohol y catalizador permanecen en el glicerol, el alcohol que se agregó en exceso en la transesterificación generalmente se elimina mediante evaporación al vacío. Después del proceso de neutralización del catalizador, el biodiésel con el alcohol restante se somete a un proceso de lavado acuoso y, posteriormente, a un proceso de secado para eliminar el agua (KNOTHE et al., 2006).

Los sedimentos, que corresponden a materiales en suspensión, como óxido, partículas de suciedad o incluso que pueden provenir de la oxidación del combustible a través de la formación de compuestos insolubles, deben evitarse a toda costa, ya que provocan atascos en los filtros de combustible del motor (KNOTHE et al. , 2006).

2.3. Definiciones conceptuales

Biodiesel

Biocombustible obtenido a partir de mezcla de metóxido de sodio y aceite reciclado, el mecanismo es conocido como estratificación.

Aceites de cocina usados

Los aceites y grasas utilizados en los alimentos suelen ser sustancias añadidas que tienen como objetivo mejorar su aroma, sabor, durabilidad y acidez o alcalinidad. Tras el uso de estos aceites en la preparación de alimentos, al freír, aparecen una serie de compuestos que pueden cambiar sus características de forma no intencionada.

Craqueo

Consiste en la degradación de la molécula de glicerol formando ésteres, que se realiza a altas temperaturas (superiores a 350 C);

Esterificación

Es la reacción de un ácido con un alcohol para obtener un éster; el biodiésel se formará a partir de la reacción del alcohol con ácidos grasos libres;

Transesterificación

Consiste en un proceso para reducir la viscosidad de los triacilgliceroles, donde sus cadenas de ácidos grasos se separan del glicerol cuando se mezclan con un alcohol.

2.4. Hipótesis de la investigación

2.4.1. Hipótesis General

Es posible obtener biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina generados por los restaurantes y negocios de comida rápida.

2.4.2. Hipótesis Específica

- Es viable determinar el método más apropiado para el tratamiento de los residuos de aceite de cocina para la obtención del biodiesel
- Es posible determinar los parámetros de análisis utilizadas para la generación del biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina.
- Es factible evaluar las condiciones óptimas de producción de biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina.

2.4.3. Operacionalización de Variables

Variable dependiente: Obtencion de Biodiesel

Variable independiente: Residuos de aceite de cocina

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo presenta carácter cuantitativo, debido a que presentara los datos determinados de manera directa y así mismo también los resultados analizados en el proceso de investigación.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel que presenta es de carácter descriptivo – experimental.

3.1.3. Diseño

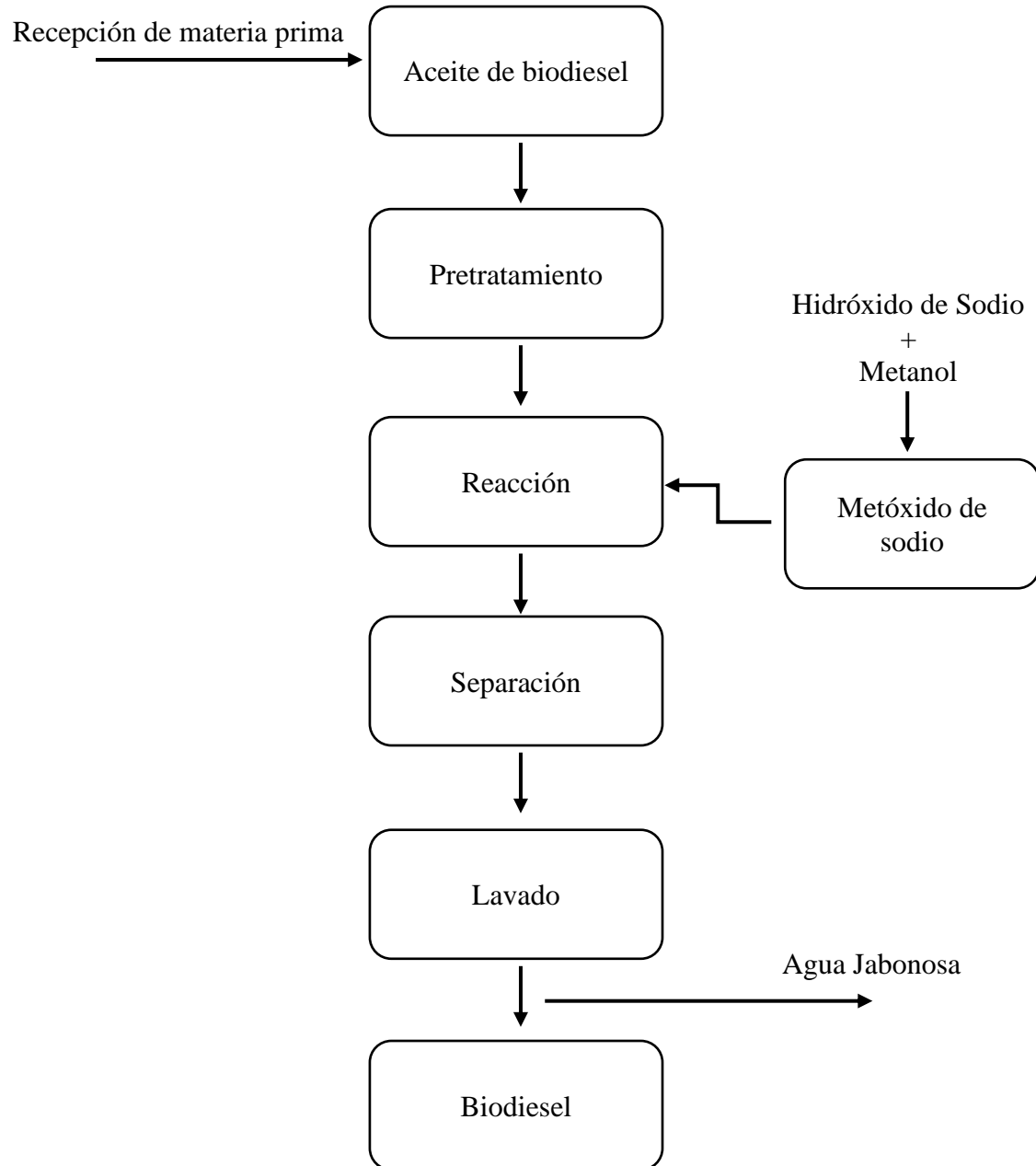
El mecanismo de obtención de biodiesel es empírico, por ende, se explicará de manera adecuada el manejo de obtención, desde la recolección de materia prima hasta la culminación de producto en sí.

1. En primer lugar, se debe realizar o efectuar un filtrado al aceite reciclado con la finalidad de eliminar alguna que otra impureza en la materia prima.
2. Posteriormente se realiza un pretratamiento, lo cual se calienta el aceite durante un tiempo de 40 minutos a una temperatura de 45 a 55°C.
3. Por otro lado, se prepara la mezcla de metóxido de sodio, lo cual se disuelve 0,900 gramos de NAOH en 50 ml de metanol, se agita la disolución hasta que se mezcle homogéneamente.
4. Luego de transcurrir los 40 minutos del aceite reciclado en el fuego se somete a mezclar la disolución de metóxido de sodio con el aceite, permaneciendo constante la temperatura a 50°C, esta temperatura no debe ser mayor, con agitación constante durante una hora.
5. Luego de pasar el tiempo de reacción, se pasa a dejar reposar la mezcla de aceite, en donde se dividirá en dos fases, la parte superior es la del biodiesel y

la parte inferior es la del glicerol, seguidamente se separa ambas fases y se la coloca en una pera de decantación.

6. Una vez colocada el biodiesel en la pera de decantación, se someterá a lavarlo, con la finalidad de eliminar la parte jabonosa del biodiesel, se añade agua destilada y seguidamente se agita hasta tener una mezcla homogénea.
7. Seguidamente se deja reposar por un tiempo determinado en donde se podrá observar la separación de fases, para finalmente separar la parte jabonosa del biodiesel.
8. Luego de separar las fases, se mide el pH del biodiesel, si el pH es neutro o levemente ácido, eso quiere decir que está óptimo para el análisis fisicoquímico, pero si el pH es altamente alcalino, se deberá realizar otro lavado con agua destilada.
9. Finalmente se mide los parámetros fisicoquímicos del biodiesel obtenido corroborando que se cumplan con las normas establecidas.

En breve se observa un diagrama de bloques, detallando el proceso de producción e obtención del biodiesel.



3.1.4. Enfoque

El enfoque es de carácter cuantitativo.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población abarca de manera global los restaurantes de cocina ubicados en la provincia de Huacho.

3.2.2. Muestra

La muestra está compuesta por 5 litros de aceites recolectados de los diferentes restaurantes de cocina ubicados en Huacho.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1 Técnicas a emplear

En función a las técnicas expuestas y empleadas referente a la investigación efectuada, se emplearon las de observación directa e indirecta, del mismo modo también se utilizó exploraciones empíricas, las cuales se basaron en obtener diversos resultados en función a análisis de la muestra obtenida con la finalidad de plasmar los resultados para su posterior publicación.

3.5. Técnicas para el procesamiento de información

Algunas de la técnicas empleadas para el procesamiento de las misma indagación fueron los programas de ofimática, así como Microsoft Word y Excel, con el fin de plasmar los datos obtenidos para su presentación, también Microsoft Excel, nos brindó el beneficio de calcular los datos obtenidos para la investigación y posteriormente Microsoft Visio, que nos permitió graficar diagramas de flujo dentro del mismo proceso con la finalidad de obtener mecanismos reales y con seguimientos óptimos para la realización del proceso de obtención del biodiesel.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Análisis Físicoquímico

4.1.1. Análisis físicoquímicos respecto a los índices del aceite reciclado

Tabla 2. *Parámetros físicoquímicos principales del aceite reciclado de cocina*

Parámetros	Dato	Margen de error	Min	Max
Índice de acidez	7.48	± 0.0164	7.4636	7.4964
Índice de yodo (% m/m)	98.54	± 0.022	98.5178	98.5622
Índice de refracción	1.453	± 0.000334	1.452666	1.453334
Índice de saponificación	178.80	± 0.20	178.601225	179.003775

Fuente: Elaboración propia

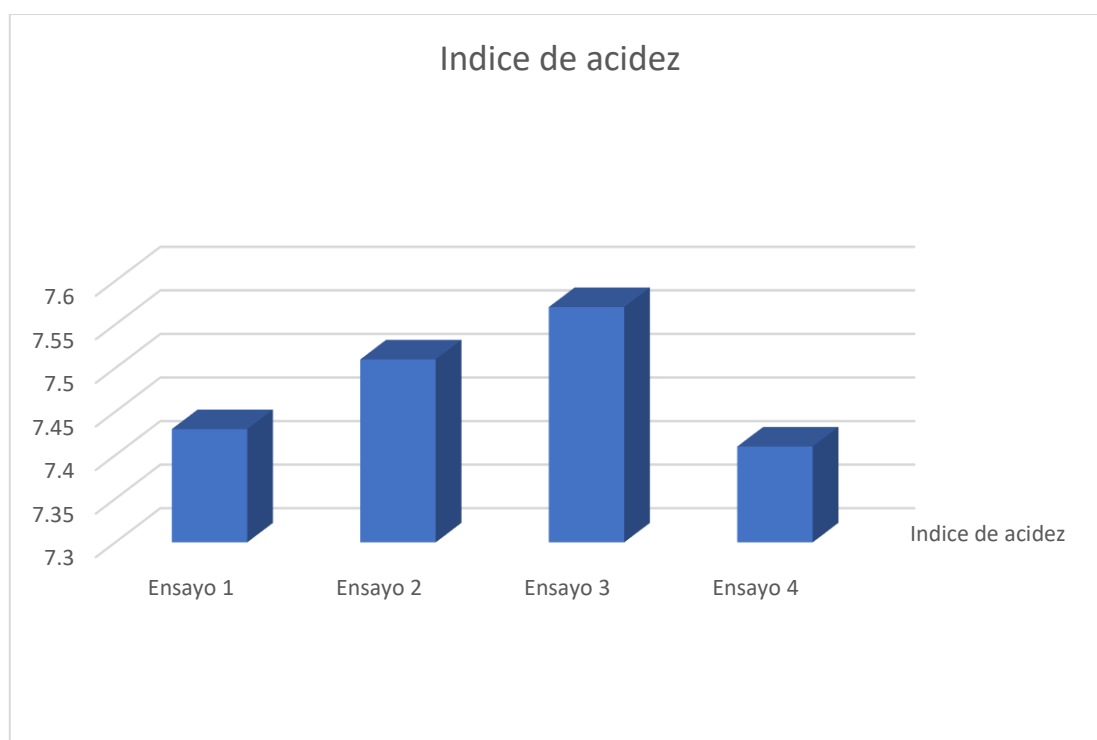


Figura 9. Gráfica del índice de acidez respecto a cada ensayo.

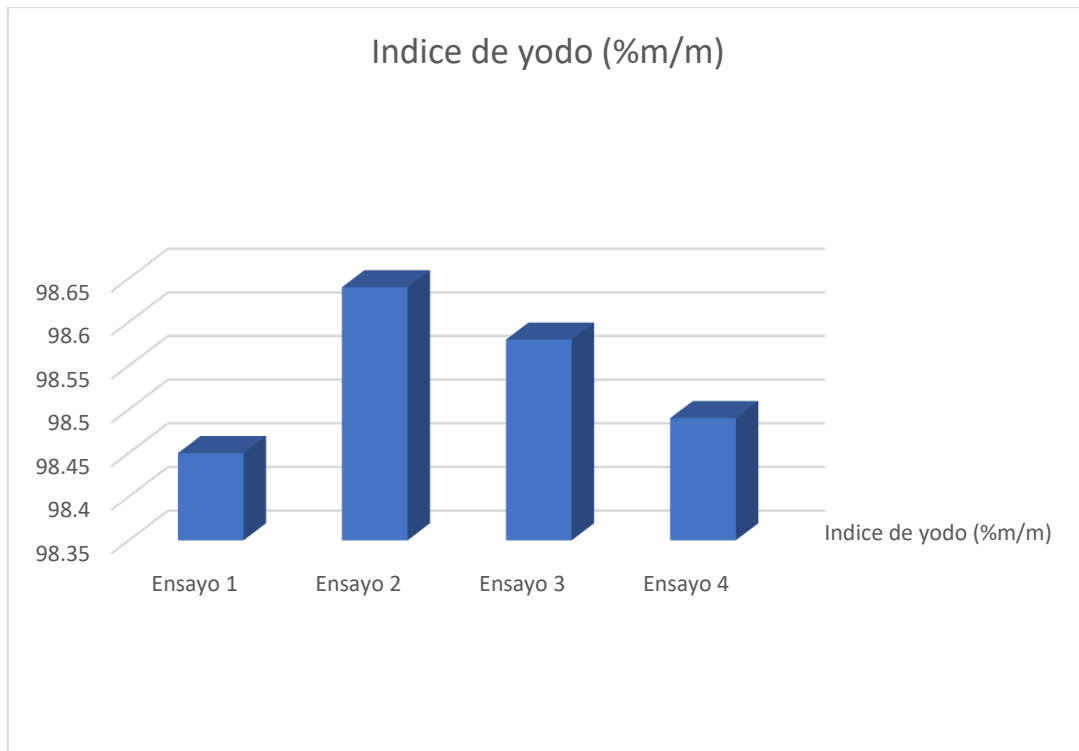


Figura 10. Grafica del índice de yodo respecto a cada ensayo.

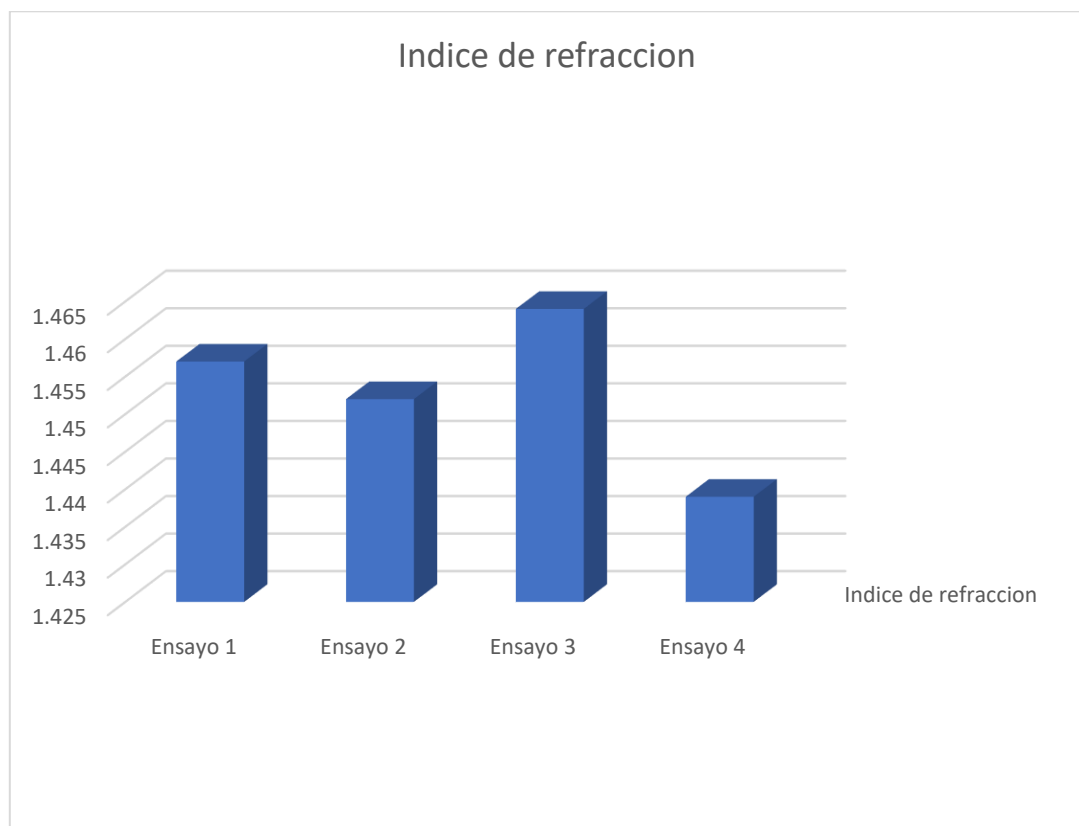


Figura 11. Grafica del índice de yodo respecto a cada ensayo.

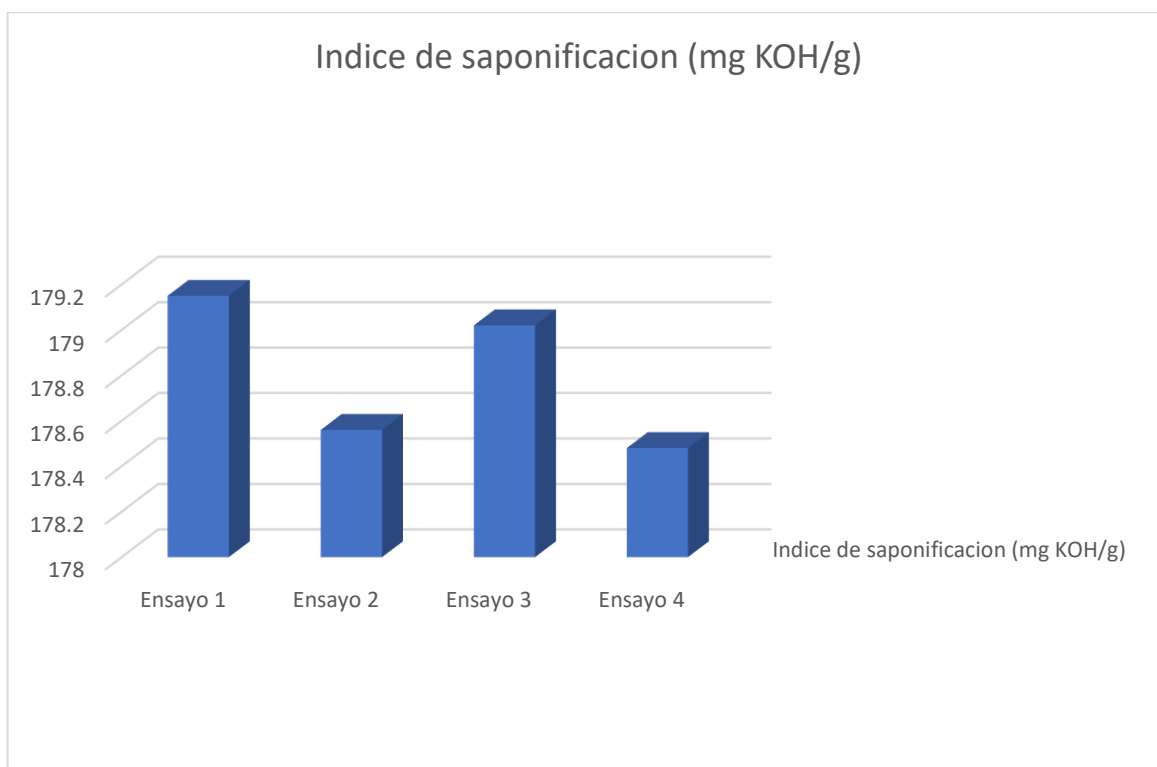


Figura 12. Grafica del índice de saponificación respecto a cada ensayo.

4.1.2. Análisis fisicoquímicos secundarios del aceite reciclado

Tabla 3. Análisis secundarios del aceite reciclado

Parámetros	Dato	Margen de error	Min	Max
Densidad (gr/ml)	0.9448	± 0.00013	0.944669	0.944931
PH	3.02	± 0.0008	3.0192	3.0208
% Humedad	0.234	± 0.00012	0.233878	0.234122

Fuente: Elaboración propia

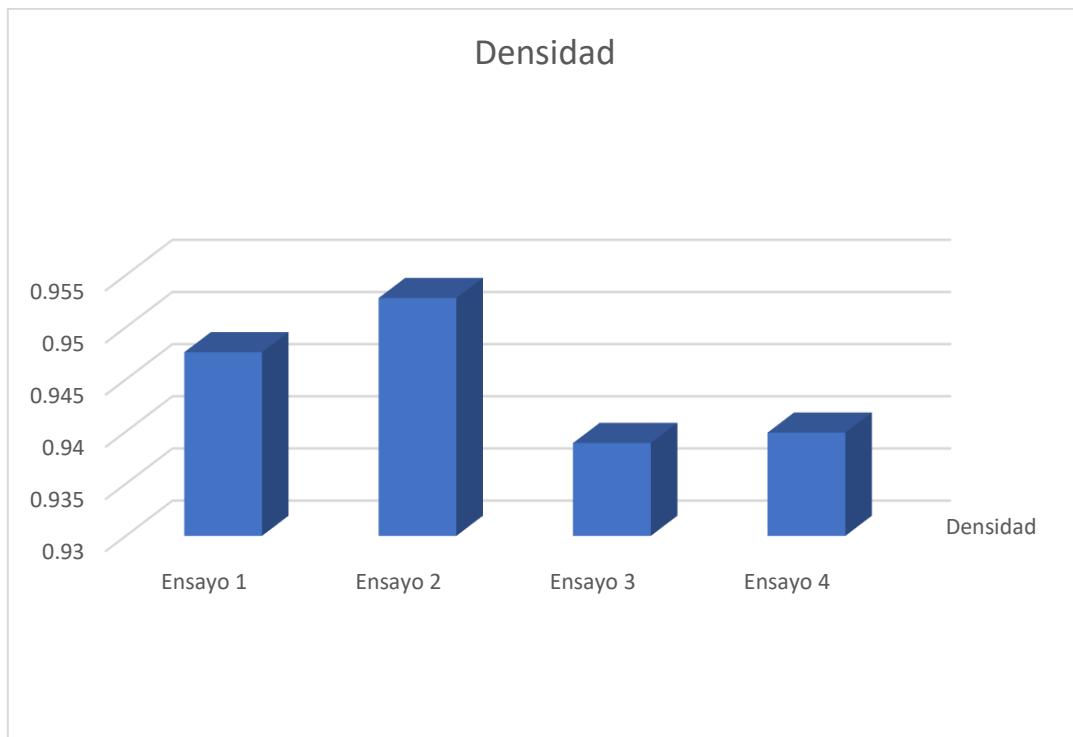


Figura 13. Grafica de la densidad respecto a cada ensayo.

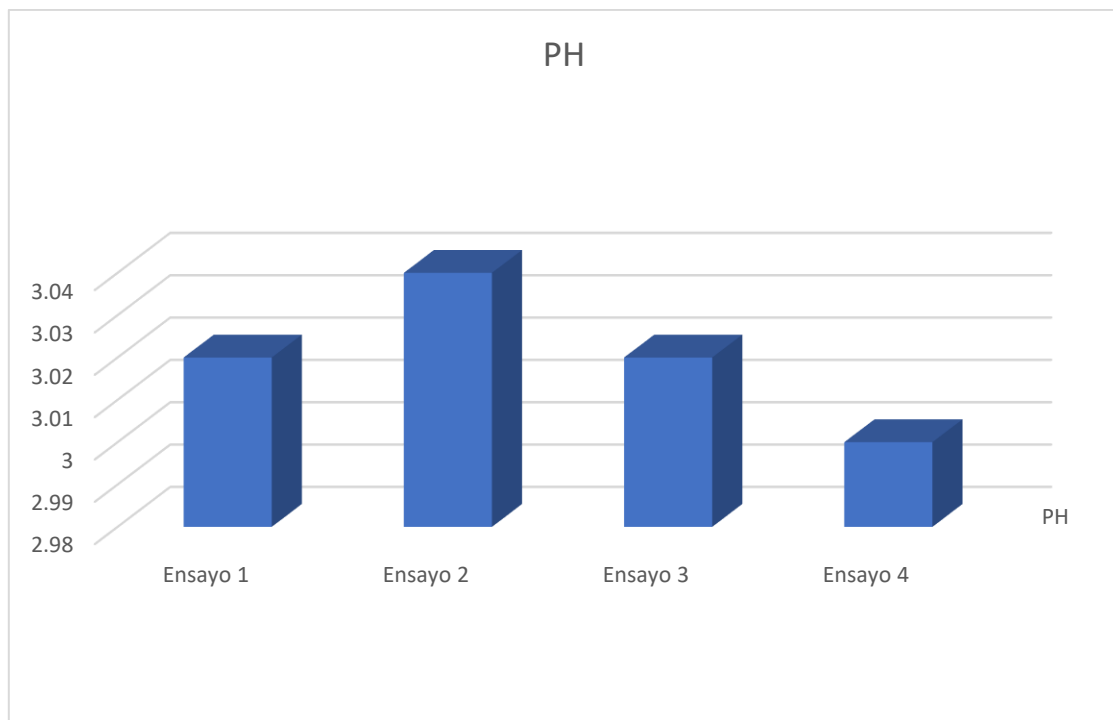


Figura 14. Grafica del PH respecto a cada ensayo.

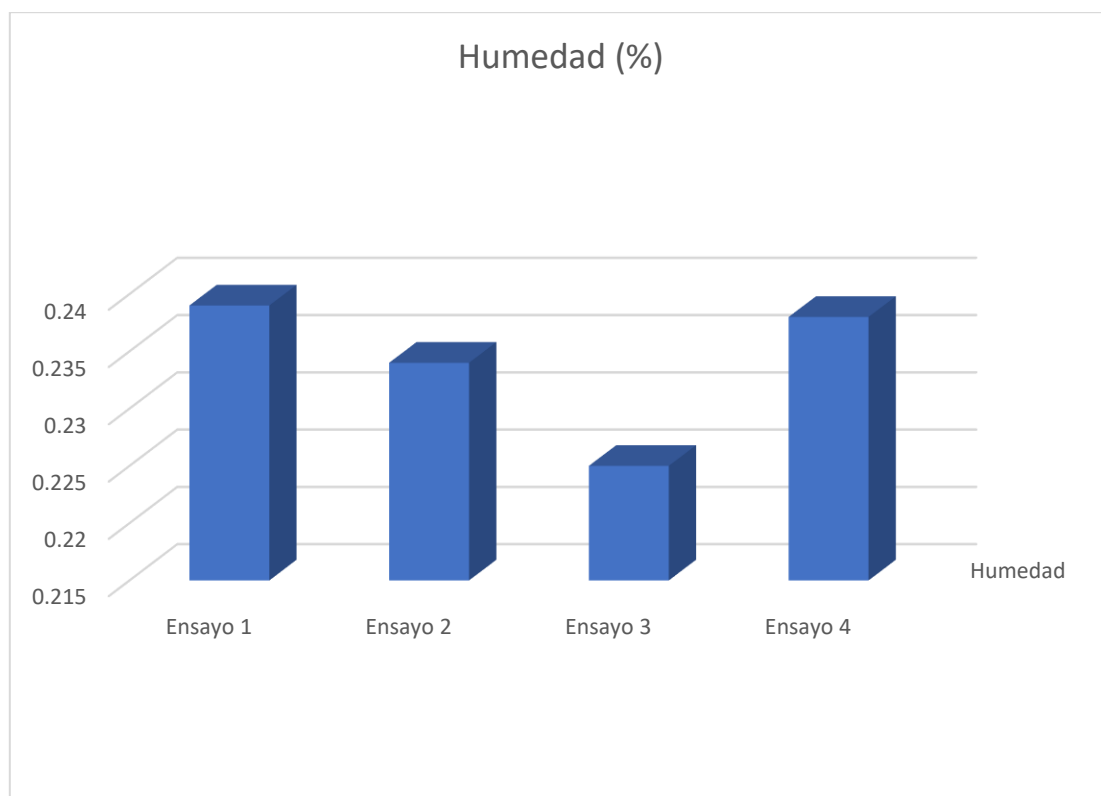


Figura 15. Grafica del % de humedad respecto a cada ensayo.

4.2. Determinación del rendimiento

Tabla 4. Cálculo del rendimiento

	Cantidad de Metóxido de sodio	Tiempo de reacción (min)	Rendimiento
Ensayo 1	40 ml	30	85.35%
Ensayo 2		60	85.72%
Ensayo 3		90	85.65%
Ensayo 4	50 ml	30	86.93%
Ensayo 5		60	87.23%
Ensayo 6		90	86.93%

Ensayo 7	60 ml	30	86.14%
Ensayo 8		60	86.76%
Ensayo 9		90	86.12%

Fuente: Elaboración propia

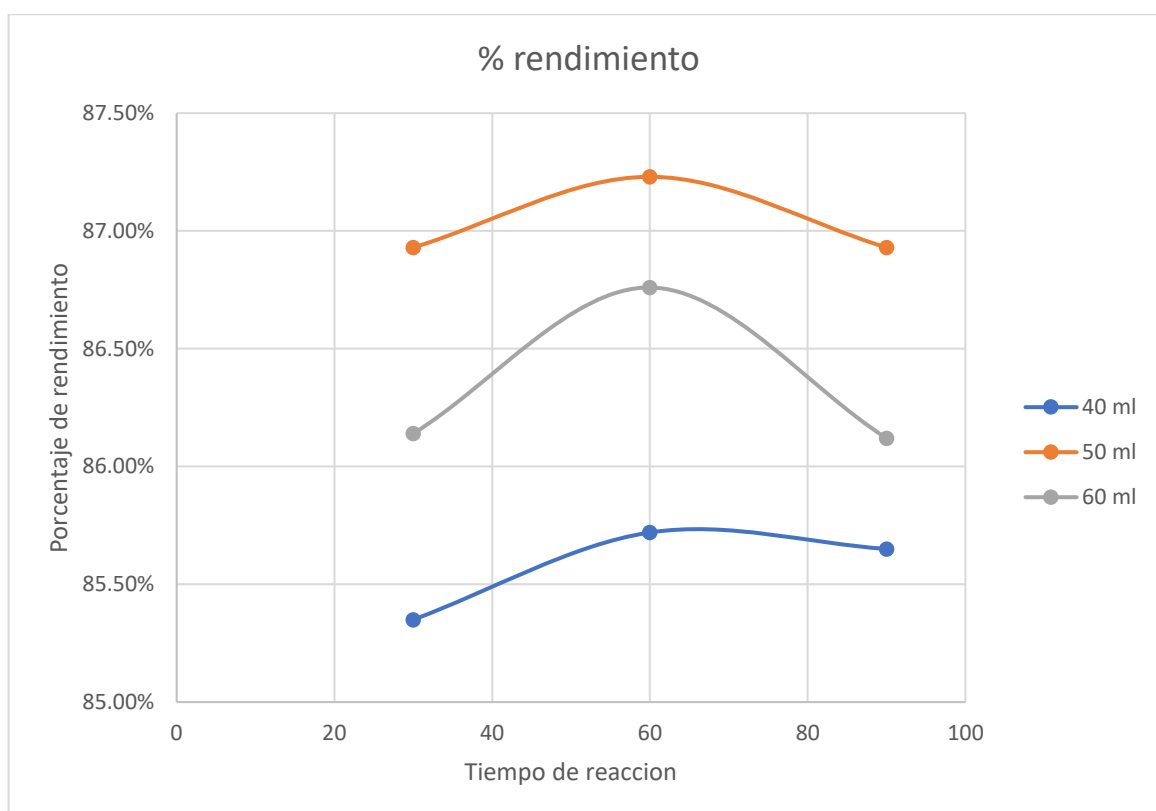


Figura 16. Gráfica del porcentaje del rendimiento

4.3. Análisis Físicoquímico del Biodiesel

4.3.1. Análisis físicoquímicos respecto a los índices del biodiesel.

Tabla 5. Análisis fisicoquímico del biodiesel

Parámetros	Dato	Margen de error	Min	Max
Índice de acidez	0.05625	± 0.00008275	0.05616725	0.05633275
Índice de yodo (% m/m)	58.835	± 0.1069	58.7281	58.9419
Índice de refracción	1.448	± 0.000114	1.447886	1.448114
Viscosidad (mm ² /s)	2.14	± 0.002	2.138	2.142

Fuente: Elaboración propia

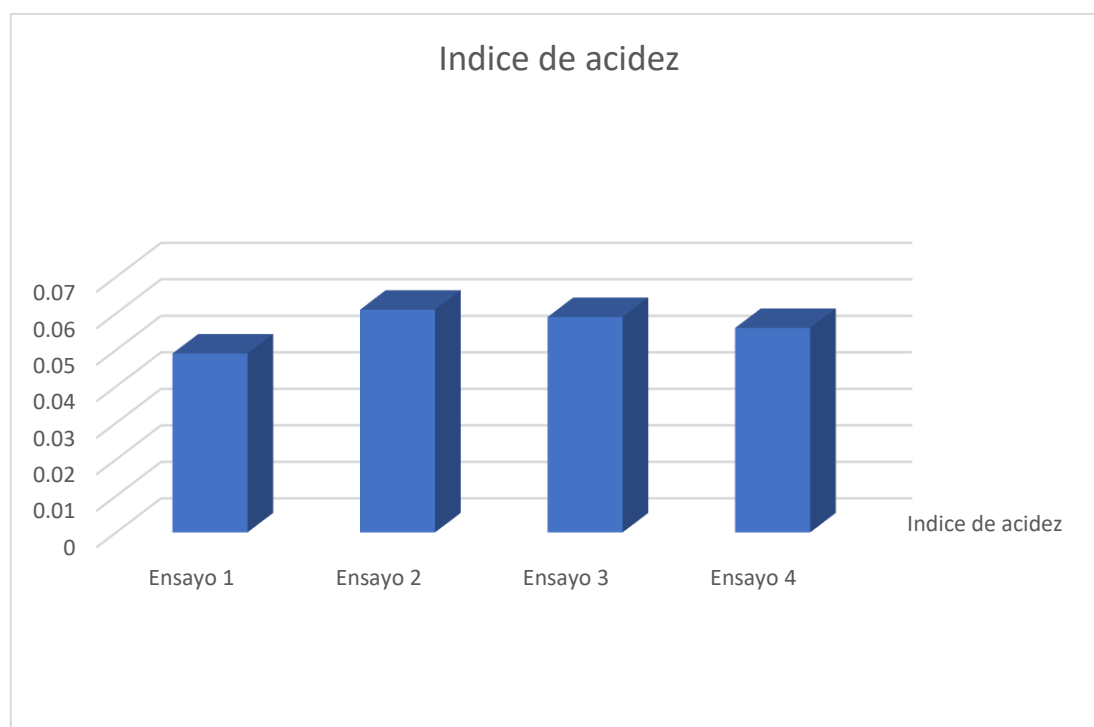


Figura 17. Grafica del índice de acidez del bioetanol respecto a cada ensayo.

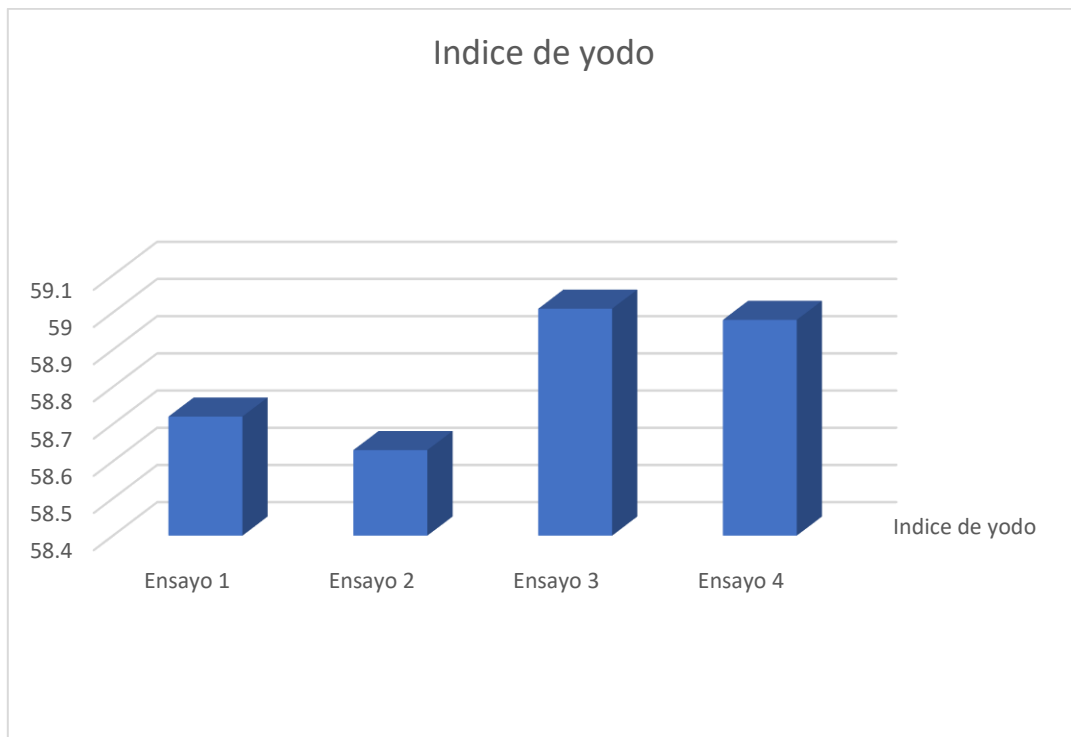


Figura 18. Grafica del índice de yodo del bioetanol respecto a cada ensayo.

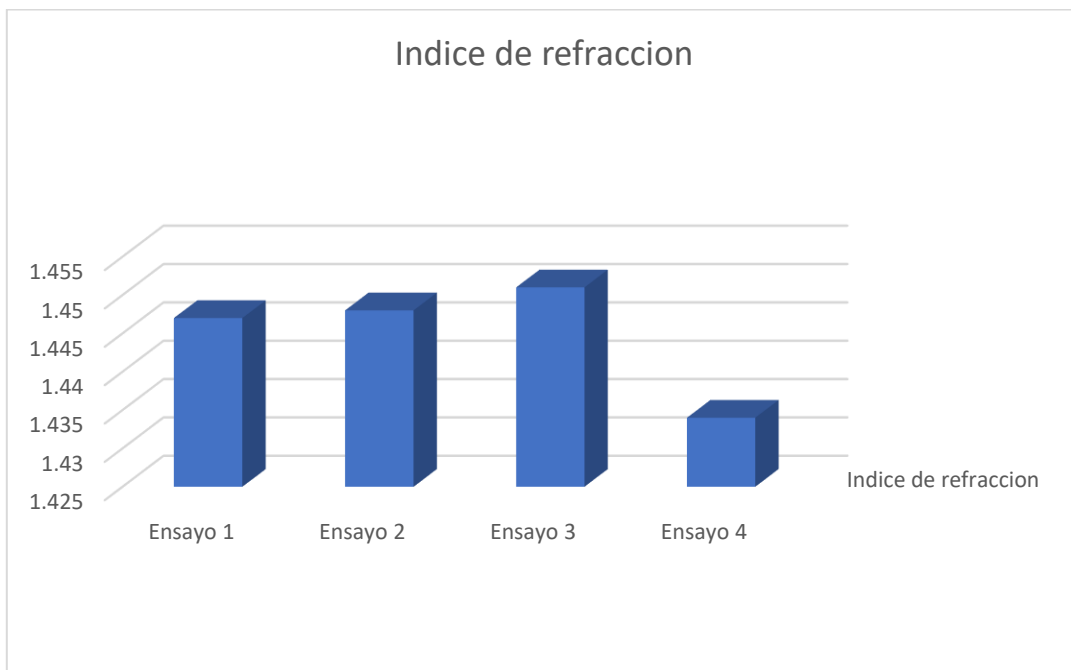


Figura 19. Grafica del índice de refracción del bioetanol respecto a cada ensayo.

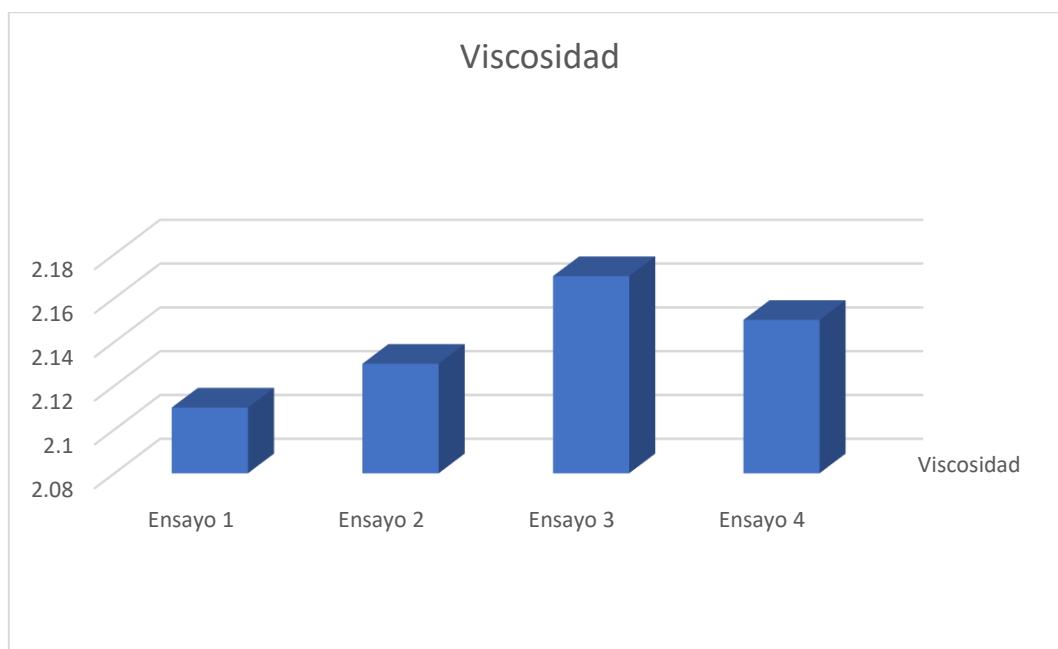


Figura 20. Grafica del índice de refracción del bioetanol respecto a cada ensayo.

4.3.2. Análisis fisicoquímicos secundarios respecto al biodiesel.

Tabla 6. Análisis fisicoquímico secundario del biodiesel

Parámetros	Dato	Margen de error	Min	Max
Densidad (gr/ml)	0.873	± 0.00042	0.872578	0.873422
PH	6.88	± 0.0106	6.8694	6.8906
% Humedad	0.06	± 0.0014	0.0586	0.0614

Fuente: Elaboración propia

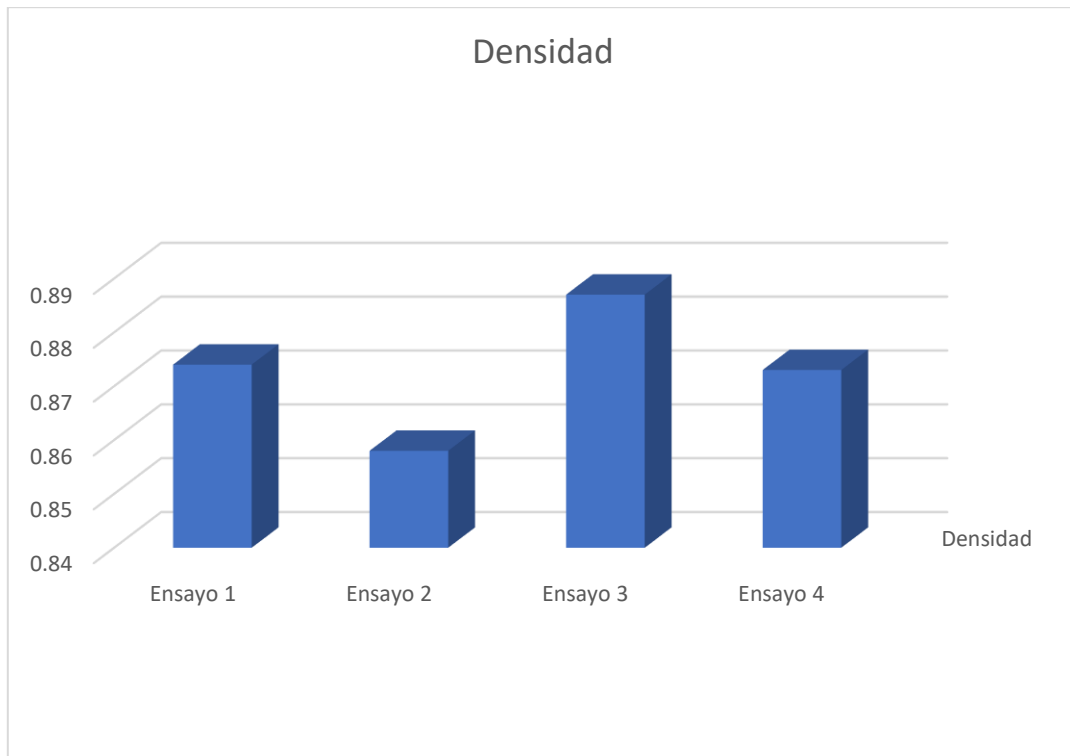


Figura 21. Grafica de la densidad respecto a los ensayos realizados.

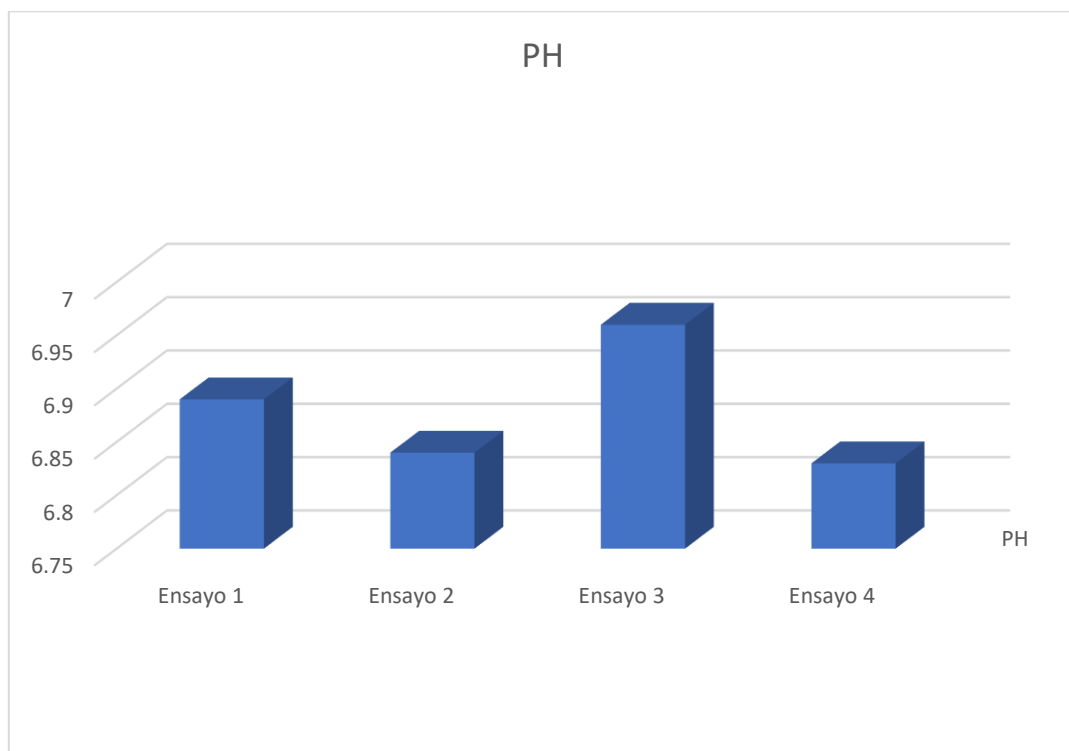


Figura 22. Grafica de la densidad respecto a los ensayos realizados.

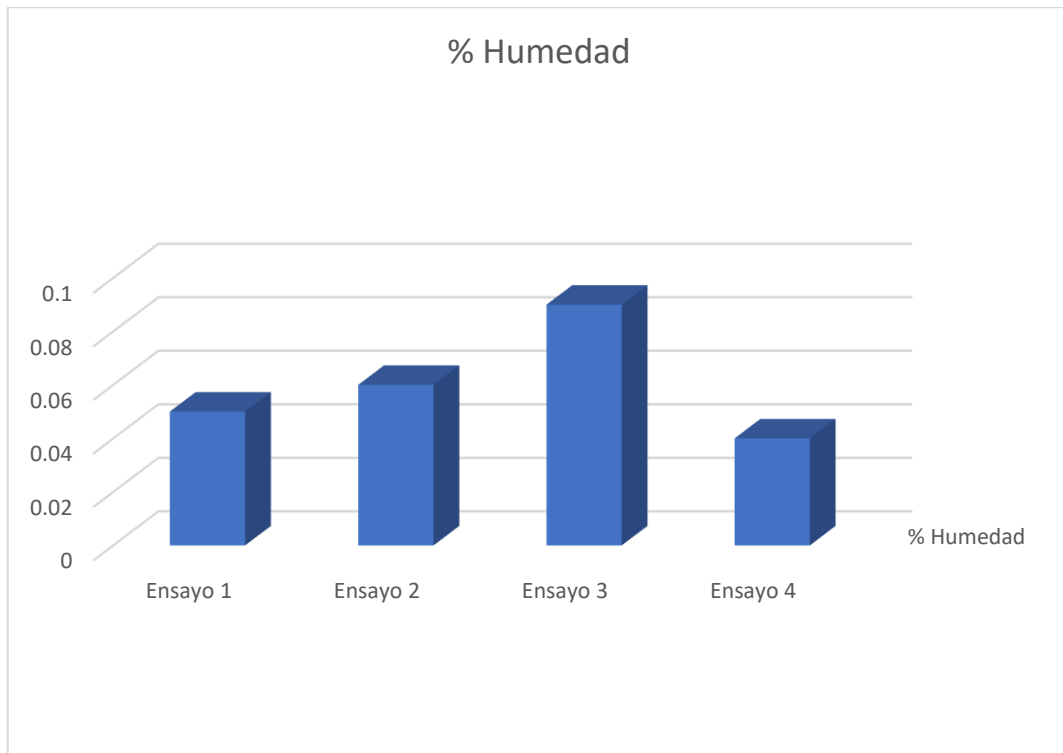


Figura 23. Grafica del % de humedad respecto a los ensayos realizados.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- De acuerdo a los parámetros fisicoquímicos principales de aceite reciclado en función a los índices, el índice de acidez tubo un promedio de 7.48 con un margen de error de ± 0.0164 , mientras que el índice de yodo fue de 98.54 % m/m con un margen de error de ± 0.022 , el índice de refracción fue de 1.453 con un margen de error de ± 0.000334 y finalmente el índice de saponificación tuvo una media de 178.80 con un margen de error de ± 0.20 .
- Los análisis secundarios como la densidad obtenida son de 0.9448 gr/ml presentando una desviación estándar de ± 0.00013 , mientras que el PH presento un promedio de 3.02 con un margen de error de ± 0.0008 , y finalmente el % de humedad que resulto de 0.234 con un margen de error de ± 0.00012 .
- Respecto a las condiciones óptimas para la obtención de biodiesel y los ensayos realizados, indicaron que la mejor cantidad de Cantidad de Metóxido de sodio es de 50 ml, con un tiempo de reacción de 60 minutos, debido a que el rendimiento fue de 87.23% en función al biodiesel obtenido, lo cual se estima que en ese tiempo se disuelve todo el metóxido con el aceite reciclado.
- Los datos del biodiesel en función a su índice de acidez fueron de 0.05625 con un margen de error de ± 0.00008275 , el índice de yodo de 58.835 % m/m con un margen de error de ± 0.1069 , el índice de refracción que fue de 1.448 con un margen de error de ± 0.000114 y finalmente una viscosidad de 2.14 mm²/s con una desviación estándar de ± 0.002 .

- Los parámetros secundarios del biodiesel como la densidad son de 0.873 gr/ml, el pH de 6.88 y el porcentaje de humedad de 0.06.

5.1. Recomendaciones

Se recomienda en primer lugar determinar otros parámetros relevantes como el punto de inflamación, temperatura de destilación, punto de escurrimiento, el porcentaje de contaminación presente en la muestra obtenida entre otros parámetros más.

Es importante realizar otros ensayos con la finalidad de seguir buscando los parámetros óptimos y adecuados de obtención de biodiesel, con la finalidad de obtener una muestra pura y libre de contaminación alguna.

CAPITULO VI: FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

6.1. Bibliografía

- Alvarez, J. A. (2013). *Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio*. Chihuahua, Mexico. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/349/1/Tesis%20Juan%20Antonio%20Alfonso%20Alvarez.pdf>
- Colmenares, Y. J. (2019). *Propuesta tecnica para la produccion de biodiesel a pequeña escala a partir de aceites usados dentro del campus de la Universidad Nacional de Piura*. Piura. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2067/MIN-MOS-COL-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silva, J. A. (2009). *Transesterificacion de los acidos grasos de (Eiaeis guineensis Jacq) "ACEITE DE PALMA" con metanol para la obtencion de biodiesel*. Tingo Maria. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/690/T.FRS-66.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tamayo, A. C. (2012). *Obtencion de biosiesel a partir de aceites comestibles vegetales usados (ACVUs), como una alternativa para el reciclaje de materiales de desecho altamente contaminante para el medioambiente*. Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1918/1/BQ%2029.pdf>

ANEXOS

Anexo 01: Determinación del índice de acidez

La acidez encontrada dentro de las disoluciones de aceites, pueden ser determinadas en unidades de solución volumétrica de NAOH a 0.1 M, necesarios con el fin de equilibrar o neutralizar ácidos libres en 10 gramos de la muestra inicial a la cual se analizará.

Se toma un matraz aproximadamente de 200 ml, se disuelve una cantidad de 10 gramos de muestra en una disolución de éter dietílico, en proporciones de 1:1, equilibrada con una solución volumétrica de KOH empleando fenolftaleína, se agita constantemente y se le añade 10 ml de fenolftaleína y se titula con el mismo KOH a 0.1 M, esto se mantiene hasta que cambie de color rosa por aproximadamente 10 a 15 segundos.

Posteriormente se emplea la siguiente ecuación:

$$I = 5.61 V/m$$

En la cual I representa el índice de acidez, 5.61 es el miliequivalente de la solución volumétrica de KOH a 0.1 M, V será los mililitros de KOH a 0.1 M empleados para la valoración y m es masa de la muestra tomada para el ensayo.

$$I = 5.61 \left(\frac{v}{m} \right)$$

$$I = 5.61 \left(\frac{12.56}{10} \right)$$

$$I = 7.48$$

Anexo 02: Determinación del índice de saponificación

Se coloca un matraz de aproximadamente 200 ml, aproximadamente de 2 a 3 gramos de la muestra , seguidamente se añade 25 gramos de KOH a 0.5 N disueltos en alcohol. Posteriormente se le ajusta a un condensador, y luego se calienta en un BV, se tiene en cuenta que el reflujo este durante un tiempo de media hora, con una agitación constante al matraz. Se le añade 1ml de SI de fenolftaleína y seguidamente se hace una valoración al exceso de KOH con solución volumétrica de HCL a 0.5 N. Ensayar con una simulación una prueba en blanco de reactivos empleando las mismas proporciones.

$$28.05 \left[\frac{B - V}{m} \right]$$

En donde el 28.50 es el miliequivalente de la mezcla de KOH a 0.5 N , la B es la cantidad en mililitros del HCL a 0.5 N utilizados en la valoración del blanco, V es la proporción en ml de HCL a 0.5 N empleados en la valoración de la muestra y finalmente la m que es el peso de la muestra en gramos.

$$I = 28.05 \left[\frac{B - V}{m} \right]$$

$$I = 28.05 \left[\frac{28.10 - 15.36}{2} \right]$$

$$I = 178.80$$

Anexo 03: Determinación del índice de yodo

Añadir muestra en un matraz yodométrico, limpio y seco, y posteriormente emplear 18 ml de CCL_4 y mezclar. Añadir 21 ml de SR de yodomonocloruro, sellar el matraz con un tampón antes del procedimiento con SR de KI, seguidamente se deja reposar en un ambiente sin luz a una temperatura ambiente durante un periodo de media hora con una agitación de intervalo. Introducir en el orden mencionado 18 ml de SR de KI en el cono de matraz, seguidamente se quita el tapón delicadamente para luego enjugarlo con el matraz con 90 ml de agua hervida y titular con SV de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a 0.1 M.

Posteriormente se emplea como titulante un SI de almidón como indicador, se anota los ml que se consume el cual será el valor de a. De igual manera se realiza en blanco el procedimiento en donde b será los ml consumidos. La resta entre los volúmenes de la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a 0.1 M que es gastado por el blanco y la muestra multiplicada por 1.269, a la cual se divide entre el peso de la muestra tomada en gramos es el índice de yodo. Lo cual se representa en la siguiente ecuación:

$$I = [(b - a)0.01269]\left(\frac{100}{m}\right)$$

$$I = [(45.10 - 16.40)0.01269]\left(\frac{100}{0.5}\right)$$

$$I = 98.54$$

Anexo 04: Procedimiento de la obtención del biodiesel

1. En primer lugar, se debe realizar o efectuar un filtrado al aceite reciclado con la finalidad de eliminar alguna que otra impureza en la materia prima.



Figura 24. Filtración del Aceite reciclado

2. Posteriormente se realiza un pretratamiento, lo cual se calienta el aceite durante un tiempo de 40 minutos a una temperatura de 45 a 55°C.



Figura 25. Pretratamiento del aceite

3. Por otro lado, se prepara la mezcla de metóxido de sodio, lo cual se disuelve 0,840 gramos de NAOH en 50 ml de metanol, se agita la disolución hasta que se mezcle homogéneamente.



Figura 26. Masa del NAOH

4. Luego de transcurrir los 40 minutos del aceite reciclado en el fuego se somete a mezclar la disolución de metóxido de sodio con el aceite, permaneciendo constante la temperatura a 50°C , esta temperatura no debe ser mayor, con agitación constante durante una hora.



Figura 27. Mezcla del Metóxido de sodio con el aceite reciclado

5. Luego de pasar el tiempo de reacción, se pasa a dejar reposar la mezcla de aceite, en donde se dividirá en dos fases, la parte superior es la del biodiesel y la parte inferior es la del glicerol, seguidamente se separa ambas fases y se la coloca en una pera de decantación.



Figura 28. Biodiesel con glicerina

6. Una vez colocada el biodiesel en la pera de decantación, se someterá a lavarlo, con la finalidad de eliminar la parte jabonosa del biodiesel, se añade agua destilada y seguidamente se agita hasta tener una mezcla homogénea.



Figura 29. Mezcla jabonosa y biodiesel

7. Seguidamente se deja reposar por un tiempo determinado en donde se podrá observar la separación de fases, para finalmente separar la parte jabonosa del biodiesel.



Figura 30. Separación de fases (Biodiesel y Agua Jabonosa)

8. Luego de separar las fases, se mide el pH del biodiesel, si el pH es neutro o levemente ácido, eso quiere decir que está óptimo para el análisis fisicoquímico, pero si el pH es altamente alcalino, se deberá realizar otro lavado con agua destilada.



Figura 31. Medicion del PH

9. Finalmente se mide los parámetros fisicoquímicos del biodiesel obtenido corroborando que se cumplan con las normas establecidas.



Figura 32. Biodiesel Obtenido