



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ÍNDICE DE ACEITES RESIDUALES DE COCINA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL EN LAS PROVINCIAS DE LIMA Y TRUJILLO 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Jose Alfredo Zarate Gamarra

Asesores:

Mg. Grant Ilich Llaque Fernández

Mg. Jessica Marleny Lujan Rojas

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

*“Dedicado a José Zarate Vega y Mirtha Gamarra Luján,
mis padres, por su gran ayuda en este sendero llamado vida
También, a los profesores Mary Césare y Hans Portilla,
por la ayuda brindada en mi tesis ”.*

AGRADECIMIENTO

Gracias Oscar Cubas y Flor Gamarra, en memoria suya
A Nashla Paredes, que siempre me apoyó incondicionalmente
Gracias a Grant Llaque y Jessica Lujan, por las asesorías
constantes en la presente tesis

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Realidad problemática.....	8
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Objetivos	22
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	24
2.1. Tipo de investigación	24
2.2. Población y muestra	25
2.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	26
2.4. Procedimiento	28
2.5. Aspectos éticos.....	29
CAPÍTULO III. RESULTADOS	31
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	50
4.1. Discusión.....	50
4.1. Conclusiones.....	59
REFERENCIAS	61
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normativa del Aceite vegetal a nivel nacional e internacional	43
Tabla 2. Normativa del biodiésel a nivel nacional e internacional.....	44
Tabla 3 Eficiencias de la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina en las provincias de Lima y Trujillo.....	45
Tabla 4 Propuesta de diseño de una planta de biodiésel en la urbanización San Isidro, Trujillo	47
Tabla 5 Índice de los parámetros fisicoquímicos del aceite residual y del biodiésel	78
Tabla 6 Emplazamiento de la planta.....	99
Tabla 7 Tiempos de operación en la planta	107
Tabla 8 Costos de los equipos necesarios para la producción de biodiésel.....	108
Tabla 9 Costos de los insumos necesarios para la producción de biodiésel.....	108
Tabla 10 Costos de los servicios involucrados para la producción de biodiésel.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de tesis propositiva	24
Figura 2 Diagrama de flujo del procedimiento empleado	30
Figura 3 Índice de acidez de los aceites residuales de cocina y del biodiésel	32
Figura 4 Densidad de los aceites residuales de cocina y del biodiésel	33
Figura 5 Viscosidad de los aceites residuales de cocina y del biodiésel	34
Figura 6 índice de acidez del biodiésel comparando los alcoholes empleados	35
Figura 7 Densidad del biodiésel comparando los alcoholes empleados	36
Figura 8 Viscosidad del biodiésel comparando los alcoholes empleados	37
Figura 9 Rendimiento del biodiésel comparando los alcoholes empleados	38
Figura 10 Índice de acidez del biodiésel comparando los catalizadores empleados	39
Figura 11 Densidad del biodiésel comparando los catalizadores empleados	40
Figura 12 Viscosidad del biodiésel comparando los catalizadores empleados	41
Figura 13 Rendimiento del biodiésel comparando los catalizadores empleados	42
Figura 14 Mapa de ubicación de los restaurantes de San Isidro	91
Figura 15 Diagrama de proceso de la Planta de Biodiésel	95
Figura 16 Diagrama de proceso general de la planta de Biodiésel	96
Figura 17 Diagrama de proceso en los tanques	98
Figura 18 Modelado geométrico de la planta en segunda dimensión	100
Figura 19 Modelado geométrico de la planta en tercera dimensión	101

RESUMEN

La contaminación ha generado la búsqueda de energías renovables, teniendo a los biocombustibles como respuestas, especialmente al biodiésel a partir de aceite residual. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar el índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo. La información se recolectó de trabajos de investigación, obteniendo los parámetros como densidad, viscosidad e índice de acidez, comparando la dispersión del aceite residual y el biodiésel mediante diagramas de cajas. De igual forma, se contrastaron los catalizadores y alcoholes empleados. Adicionalmente, se realizó una comparación de la normativa del aceite vegetal y biodiésel, también se compararon las metodologías de las investigaciones. Para finalizar, se propone el diseño de una planta de producción de biodiésel a partir de aceite residual. Concluyendo que el aceite posee una mayor dispersión de datos en la densidad (0.3 a 3.72 g/cm³), índice de acidez (0.816 a 0.95 mg KOH/g) y viscosidad (0.4 a 168.3 mm²/s). El alcohol recomendado es el metanol y como catalizador el hidróxido de sodio, empleándolos en la planta propuesta. Asimismo, no existe una normativa para el aceite residual de cocina, solo de aceites que no contempla parámetros importantes en otros países.

Palabras clave: Biocombustibles, biodiésel, aceite residual, transesterificación, valorización energética.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2021) muestra preocupación por la actual técnica de extracción de petróleo llamada “fracking”. Asegura que puede generar estrés hídrico, contaminación de las fuentes subterráneas de aguas y de la superficie resultante de derrames. Incluso ocasiona una contaminación atmosférica resultante de la liberación de compuestos orgánicos volátiles, y gases de efecto invernadero (GEI). El instrumento legal que obliga a los países desarrollados a cumplir con los objetivos de reducción de al menos un 5% de estos gases es el protocolo de Kioto. El cual estuvo en vigencia desde 2008 hasta 2020 (Físico, 2019).

Pese a los esfuerzos no se ha logrado detener el aumento de la contaminación a la atmósfera (telesurtv.net, 2021). Obligando a firmar nuevos acuerdos como el de París (2016), he incluso en Perú se creó la Ley Marco sobre Cambio Climático (Ministerio Del Ambiente, 2018). Asimismo, el precio oscilante del petróleo a nivel internacional y los significativos impactos en las economías de los países en vías de desarrollo, la búsqueda de alternativas con la capacidad de disminuir la dependencia del carburante es un requerimiento urgente (Rocha, Salazar y Medrano, 2017). O caso contrario, pueda fusionarse con el diésel para disminuir poco a poco su uso.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017) afirma que el biodiésel obtenido a partir de grasas animales y aceite de cocina usado, puede reducir esencialmente las emisiones de gases de efecto invernadero a diferencia de la gasolina y el diésel mineral. Caso contrario es el biodiésel que se obtiene con fuentes que compitan con el sector alimenticio ya que, esta entidad en 2017 también afirma que con las actuales condiciones para la de producción, se requiere un promedio de 2 500 litros de agua para obtener un litro de biocombustible. Asimismo, en parte de Latinoamérica, los agricultores se vieron incentivados a tener cultivos para

obtener combustible en lugar de utilizarlos en comida, generando una escasez que infla el mercado y cambia el uso de la tierra de los agricultores (Keating, 2018).

La cocción de alimentos se genera en pocas cantidades en domicilios (Quimis, 2019); pero, se vuelve un gran problema al sumar los vertimientos que se generan en una ciudad muy poblada. En la industria alimentaria y en el sector hotelero; el aceite, es un insumo muy utilizado. (Bardales y Casas, 2018). Sin embargo, la OMS, recalca que, un aceite no puede reutilizarse más de tres o cuatro veces en una fritura porque se vuelve altamente cancerígeno (El Comercio, 2019). No obstante, la alta demanda de frituras genera grandes cantidades de este residuo, al no poder ser reutilizado en la cocina, es desechado por el alcantarillado (Duhram, 2020). El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) en el diario El Comercio (2017), remarcó que un litro de aceite usado que se echa a la alcantarilla contamina hasta mil litros de agua, que con recientes investigaciones en la Universidad Agraria puede llegar hasta 2,000 litros de agua contaminada (Gestión, 2021).

La reciente actualización de la estadística de biocarburantes que elabora la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) afirma que China lidera la lista de los países de procedencia de la materia prima con la que se produce el biodiésel que se emplea en España con un 18,7 %. Siguiéndole Indonesia (17,6 %), Argentina (12%), Malasia (11,6%) y Brasil (8,2%). De los países sudamericanos llega aceite de soja y de los asiáticos aceite de palma. La causa de su primer lugar, es que la materia prima proveniente de China son aceites residuales de cocina, la primordial que se ha utilizado en 2020 para elaborar biodiésel. Esta tendencia ha hecho que países orientales, sobre todo China ingrese de lleno en el mercado del biodiésel en Europa con estos aceites.

La misma España no puede abastecerse con aceite residual porque según Manuel Bustos director de la sección de Biocarburantes de la Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA), el COVID-19 ha influenciado considerablemente en la disminución de la producción de aceites de cocina utilizados en España, debido a las suspensiones y limitaciones que perjudicaron a la restauración y hostelería por la pandemia, esto ha hecho buscar abastecimiento en otros países. Incluso, la primordial productora europea de biocarburantes con aceite residual, informó que se estaba retirando de la elaboración de hidrobiodiésel debido a una mínima disponibilidad de aceite residual puesto que varios restaurantes están clausurados (Rico, 2021).

Por otro lado, en Sudamérica gran parte de biodiésel procede del aceite de soja; este se ha duplicado desde 2015 y en 2019 representó el 6% de todo lo elaborado en Europa. Pese a ello, la soja está directamente asociada con la deforestación en Brasil, Paraguay, Argentina, Uruguay y Bolivia. (Pareja, 2020). Algunas iniciativas para el uso del aceite residual de cocina como bicomcombustible recalcan en Colombia, con la fundación Recicla, Pues! y la compañía Team Foods que se unieron para alcanzar los colegios y hogares con la campaña Aceite Circular. Su objetivo era recolectar ese aceite residual que usan día a día los colombianos, para convertirlo en biodiésel (Muñoz, 2021). Mientras que, en Ecuador, International ARC Business tiene planeado exportar hacia Holanda y República Checa una cantidad cercana de 2000 toneladas de aceite de cocina utilizados para elaborar biodiésel en países europeos. (Mundo Marítimo, 2021).

Muchos países en el mundo, entre ellos el Perú, obligan a que las gasolinas tengan un porcentaje de biodiésel para luchar contra la contaminación (Gestión, 2021). Debido a esta mezcla la producción de biodiésel ha recalcado en nuestro país, según el periódico El Comercio (2018), en Cusco, se construyó en Inkaterra Machu Picchu

Pueblo Hotel la primera Planta de Transformación de Aceite en Biodiésel y Glicerina donada por las empresas peruanas AJE y Reborn. Inclusive, universidades han comenzado a aprovechar los desechos de aceites vegetales, siendo afirmado por la tesis de Monsefu (2019) en la Universidad Nacional de Piura (UNP), con la obtención de biodiésel a partir de los aceites residuales obtenidos dentro de su campus y en Trujillo según Castillo (2017) con la Universidad Nacional de Trujillo que ha comenzado a utilizar los aceites del comedor universitario en la producción de biodiésel, evitando el vertido al desagüe de 13.8 kg semanales.

Caso contrario, en nuestra capital, el avance no ha despegado, siendo el diario El Comercio, que, en el 2017, evidenció que un 80% de este residuo va al desagüe y luego al mar. El resto es reutilizado y despachado en el mercado negro. Según el INEI, cerca de 50 000 restaurantes son formales en Lima que, adicionando los informales, generarían todos los días altos números de galones de aceite quemado. (El Comercio, 2019). Además, SEDAPAL informa que durante los últimos tres años han sucedido 157 mil emergencias en su extensa red de alcantarillado, 3 mil de ellas durante el primer trimestre del 2018. Las consecuencias de que las grasas sean desechadas a las redes de drenaje, es que se aglomeran en la parte interna de la tubería, con restos de residuos sólidos, ocasionando de forma gradual la disminución del diámetro y grosor de las tuberías. Del mismo modo, los residuos y objetos sólidos se atrancan con la grasa acumulada, generando los atoros y después los aniegos (La República, 2019).

Asimismo, los valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas son de 100 mg/l, siendo no considerados como peligrosos en el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, D.S. N° 014-2017-MINAM. La normativa peruana contempla en sus estándares de calidad ambiental

(ECA) en el decreto supremo N° 015-2015-MINAM diferentes valores para aceites y grasas en las categorías para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, extracción y cultivo de moluscos, riego de vegetales y bebida de animales. Así como para la conservación del ambiente acuático (El Peruano, 2015).

La Ley Orgánica de Municipalidades establece que los gobiernos locales poseen autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia, señalando que las municipalidades tienen la facultad de ejercer actos de gobierno administrativos y de administración. Esta entidad puede declarar la obligatoriedad de contar con trampas de grasa en los establecimientos comerciales del distrito. (El Peruano, 2017). Algunos ejemplos son la Municipalidad Distrital de Surquillo, De Chiclayo, La Esperanza, etc. Sin embargo, va a depender de la municipalidad si requiere la implementación de esta, puesto que, no todos los distritos cuentan con ordenanzas.

Esta realidad demuestra que la contaminación de aceites residuales se convierte en un problema severo en nuestro país; sobre todo en la capital, dado que este insumo es vertido descontroladamente, es entonces que al convertir estos en una materia prima para la producción de biodiésel, entran en los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU (2019), en la categoría de energía asequible y no contaminante, así como en acción por el clima. Por esas cualidades, es importante ahondar en investigaciones enfocadas desde diferentes puntos de vista que demuestren la importancia de reutilizar el aceite de cocina y la producción de biodiésel para evitar la contaminación.

El tema se encuentra asociado a la línea de investigación Desarrollo Sostenible y Gestión Empresarial, en la sublínea de biocombustibles, admitida por la Universidad Privada del Norte, en base a la línea y la presente realidad problemática, es idóneo realizar la investigación a partir de la siguiente pregunta: ¿Cuál es el índice de aceites

residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo.
2020?

Se realizó una búsqueda de investigaciones que obtengan biodiésel a partir de diferentes materias primas provenientes de fuentes resúdales. A nivel global Uddin et al. (2019) y Aiello (2019) produjeron biodiésel a partir de los residuos de café utilizando el método de transesterificación. Determinando en la primera investigación que las propiedades del biodiésel de café estaban dentro del límite de las normas ASTM y en la segunda que las propiedades físico-químicas del residuo lo hacen ideal para ser empleado como materia prima en la producción de biodiésel ajustándose no solo a los valores de la normas ASTM D 6751, sino también a la EN 14214.

Incluso, en Egipto Yusuff y Owolabi (2019), donde se preparó una paja de coco con soporte de alúmina (ASCC) mediante el método de impregnación, y se utilizó como catalizador para la producción de biodiésel a partir de aceite de freír residual teniendo un rendimiento del biodiésel de 91,05% en peso. No obstante, Amwar et al. (2019) analizaron el potencial del biodiésel a partir de semillas de papaya y de pepitas de fruta de hueso, concluyendo que este disminuye la potencia del motor solo del 2 al 5% pero reduce significativamente las emisiones dañinas del motor.

Asimismo, se han realizado varios estudios de reutilización de aceite residual de cocina, destacando los antecedentes a continuación, Preciado (2017) y Guay (2020) lograron la evaluación el aceite reciclado de cocina. El primer investigador recolectó el aceite reciclado de cocina para la elaboración de jabón y velas; el segundo, solo para jabón en barra. Concluyendo que es técnicamente factible, puesto que no existe diferencia significativa entre las propiedades fisicoquímicas evaluadas de las aguas jabonosas. Tacias y Torrestiana (2016) junto a Gabriel y Pérez (2019) evaluaron la

cantidad de grasas y aceites generadas por el rubro alimenticio. El análisis demostró que la mayoría cumplen con los niveles ácidos grasos libres e índice de acidez, recomendados y que, por cada 100 g de aceite, se obtiene 132 gramos de jabón de buena calidad. Caso contrario al de Baca (2019), donde los resultados demuestran que no se cumplen con las especificaciones fisicoquímicas de buena calidad en el Código Alimentario y la NTP 209.001.

Luego de una revisión de antecedentes correspondientes a los aceites desechado y al biocombustible, se pueden encontrar investigaciones que unen ambos, referentes a la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina a nivel internacional. Para eso, Chen et al. (2021) realizaron una evaluación sistemática con un total de 2750 publicaciones. Afirmando que el biodiésel ha pasado por tres etapas: la inicial (2000-2007), la de exploración (2008-2015) y la de desarrollo estable (2016-2020). China, India y Malasia son los países más activos con el mayor número de publicaciones. En Pakistán Khan et al. (2021) afirman que existe una opción potencial para la producción sostenible de biodiésel utilizando aceite de cocina, para eso utilizó la metodología FODA, que, en vista de la percepción de los expertos, mostró las fortalezas y oportunidades en los valores de prioridad de grupo más altos.

En España Barros (2015) logró la obtención de biodiésel a partir de aceite usado de la cocina de la Escuela Naval Militar. Entre sus conclusiones destaca un valor de una densidad entre los valores establecidos por la norma UNE-EN 14214 al igual que el índice de acidez, índice de yodo, viscosidad y contenido en ésteres metílicos de ácidos grasos. Mientras que en Nigeria los investigadores Nnamani et al. (2020) convirtieron el aceite residual de cocina, lo que implicó el uso de un exceso de metanol e hidróxido de potasio, en un embudo de decantación con agitación vigorosa durante 30 minutos a

una temperatura de (40 ° C). El uso de un residuo como materia prima redujo el costo de producción en comparación con el éster metílico del aceite de palmiste. Afirmando que es un combustible relativamente económico y reduce el peligro ambiental.

En el continente americano, también se hicieron investigaciones como en Guatemala los autores Contreras et al. (2019) desarrollaron un estudio que consta en la producción de Biodiésel utilizando alcohol que puede ser etanol o metanol, aceites vegetales usados, equipo de titulación y equipo de filtración. Obteniendo un subproducto de la realización de transesterificación, la glicerina, la cual se puede incorporar como materia prima en otros procesos industriales. De igual manera, en Colombia, Bulla-Pereira et al. (2014) en su trabajo Diseño del proceso de producción de biodiésel a partir de aceites de fritura de la Universidad Nacional de Colombia, recalca que el proceso se estableció mediante la determinación del rendimiento de ésteres etílicos analizados bajo la técnica de cromatografía de gases, empleando como patrón interno la tricaprina. Produciendo un biocombustible con características físicas y químicas según parámetros de la norma ASTM D6751.

Los investigadores Villadiego et al. (2015) y López et al. (2015) en sus artículos establecieron las condiciones de relación aceite-metanol y concentración de catalizador fueron variadas para seleccionar las más favorables para el proceso en los aceites usados. Ambos utilizaron dos catalizadores KOH y NaOH. Concluyendo que el biodiésel obtenido mostró características idóneas de acidez y bajo contenido de azufre en la primera tesis. Mientras que, en la otra investigación, debido al alto rendimiento de la reacción usando aceite desechado, es posible su implementación a nivel industrial, dependiendo de la evaluación económica. Por otra parte, Sanaguano et al. (2019) determinaron los componentes presentes en aceite de fritura usado, procedente desde

restaurantes en la ciudad de Guaranda, Bolívar–Ecuador previo a su conversión a Biodiésel, realizando análisis fisicoquímicos teniendo como punto de partida una filtración. Concluyendo que, los valores se alejan de las normativas para un aceite puro para la utilización como alimento, no obstante, estos aceites residuales con las características que presentaron, han sido aprovechados para su conversión en biodiésel.

En nuestro país, del mismo modo se desarrollaron tesis, Mollenido (2017) junto a determinó los volúmenes de aceites vegetales usados generados por las pollerías de Juliaca y probó la efectividad del biodiésel producido en un motor a diésel convencional y estacionario. Estimando como resultados que, los aceites vegetales usados están en un rango de 2.16 a 43.26 litros/AVU/día por establecimiento. De forma similar, Zavaleta y Suavo (2016) reutilizaron aceites provenientes de restaurantes en San Borja, Lima. Las condiciones óptimas permitieron un rendimiento de biodiésel del 85,97 %, teniendo una viscosidad cinemática de 5.5 cSt, el número de acidez fue 0.68 mgKOH/g, la ceniza sulfatada mostró 0.0478 % y el carbón conradson fue 0.142%.

Cedrón et al. (2014) prepararon biodiésel a partir de residuos de aceite doméstico, calculando que la conversión de triglicéridos en ésteres monoalquilados fue del 98,82%, lo cual indica que el biodiésel tiene la calidad recomendada. Incluso, Castillo (2017) ha reaprovechado los aceites provenientes de comedores universitarios, produciendo biodiésel. Encontrándose que los rendimientos de producción de biodiésel fueron de 96.9% (catalizado con NaOH) y 94.4% (catalizado con KOH). Cumpliendo los estándares ASTM 6751-03 (B100). a excepción del porcentaje de agua y sedimentos (para el producido y porcentaje de carbón Conradson).

Por otra parte, Mamani (2017) caracterizó los parámetros básicos del aceite residual del comedor de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann obteniendo

biodiésel, a través de la transesterificación alcalina. Los resultados del aceite mostraron una densidad de 0.935 g/ml y una viscosidad de 57 cP. La eficiencia de obtención de biodiésel fue del 77%, mostrando una densidad de 0.899 g/ml a 20 °C y una viscosidad cinemática de 6,04 mm²/s a 40 °C. Cipra y Alva (2015) en su tesis compararon los biodiésels obtenidos a partir de metanol y etanol; adaptándolos a una planta piloto (reactor batch de 5 litros de capacidad). Durante la fase de investigación la condición óptima velocidad de agitación es de 900 RPM, la temperatura de 65°C para el caso de etanol y 60°C para metanol. Concluyendo que cuando se utiliza un 100% de exceso de alcohol o 6:1, la reacción transcurre a una alta velocidad llegando también a altos rendimientos de ésteres metílicos.

En base a las previas investigaciones, se puede apreciar que los aceites residuales pueden ser reaprovechados e incluirse en el mercado a través de diferentes métodos, siendo uno de los posibles el biodiésel. Esto se debe a que como materia prima tienen un costo ínfimo a nivel comercial y los impactos negativos que se generaban al ser desechados sin control se ven minimizados. Además, los antecedentes demuestran un éxito en la conversión de aceites en biocombustible, incluso probándose en motores diésel.

El biodiésel es definido por la Real Academia Española (s.f) como un biocombustible usado como sustituto del gasóleo. Mientras que, Sanaguano (2018) lo define como una mezcla de éster monoalquílico de ácido graso derivadas de la alimentación de lípidos reticulables, tales como aceite vegetal o grasa de animal, siendo el biocombustible que más se utiliza en motores de combustión. Una de sus ventajas es ser amigable con el medio ambiente debido a la reducción de gases contaminantes. (Díaz y Pérez, 2021). Además, una de sus características más resaltante es tener un punto de

inflamación alto, lo cual facilita su manejo, transporte y almacenamiento. (García et al., 2018).

Según Sanaguano (2018) el aceite residual es el resultado de los complejos procesos de degradación de aceites debido a las altas temperaturas, el cual tiene un aumento de la formación de compuestos tóxicos, tales como polímeros, monómeros de ácidos grasos y compuestos polares. Mientras, que, para López et al. (2015) este residuo es una sustancia obtenida de material vegetal empleado en la preparación de alimentos siendo el mayor generador las cadenas de restaurantes. Actualmente, la reutilización de aceites está en apogeo por ser considerado un residuo como materia prima de bajo costo que al usarse evita una degradación ambiental (Acevedo y Posso, 2019).

Los biocombustibles son una fuente renovable de combustibles orgánicos y se dividen en dos tipos: de primera y segunda generación, sin embargo, también hay de tercera y cuarta generación. Los de primera generación son los producidos a partir de aceites o azúcares comestibles. Mientras que los de segunda, se producen a partir de materias primas no aprovechables para alimentación humana, como son los residuos agrícolas, forestales, o el aceite usado de cocina (Cortés et al., 2019).

El enfoque de economía circular suscita una visión política en la cual tiene como objetivo maximizar el valor y uso sostenible de los recursos, la disminución de residuos y favorecer tanto a la economía como al medio ambiente. Además, plantea dos flujos de materiales: el biológico, que abarca a todos los recursos compuestos de materia orgánica, que después de ser empleados logran ser reintegrados a ciclos ecológicos, y el técnico, concerniente a las materias primas contenidas en un producto. Estas circulan dentro de sistemas socioeconómicos luego de la vida útil teniendo un nuevo uso y ser

reinsertadas a un proceso productivo a través de la reutilización y el reciclaje (Suazo, 2017).

La valorización energética se resume en la valorización del residuo al cual le incumben varias acciones cuya finalidad es recuperar de un producto, uno o varios de los materiales que lo constituyen y/o el poder calorífico de los mismos. La utilización principal de los desechos será como combustible u otro modo de producir energía bajo diferentes tipos de procesamiento (Gonzales, 2015).

El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de las actuales generaciones sin comprometer las de las futuras, manteniendo el equilibrio social y ecológico y prioritariamente a las necesidades de los más pobres. Teniendo grandes desafíos inscritos en la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible sobre el cambio climático (Canaza, 2019).

Usualmente, el biodiésel es generado a través de una transesterificación entre grasas o aceites, haciendo reaccionar un alcohol de cadena corta (metanol o etanol) en presencia de un catalizador (Hidróxido de sodio o hidróxido de potasio) (Paredes y Vidal, 2017).

La densidad es un parámetro que depende de la masa y el volumen de la sustancia. Para un aceite es una constante que no varía mucho cuando está puro y fresco, pero es afectada por la edad, rancidez y cualquier tratamiento especial que se le haga al aceite. (Herrera y Velez, 2008). Mientras que en el biodiésel influye en la eficiencia de la atomización del combustible por mala ventilación del sistema de combustión, tiene muchos efectos sobre la desintegración del combustible inyectado dentro del cilindro (García et al., 2018).

La viscosidad cinemática se define como la resistencia del líquido a fluir y es la más importante característica del combustible (García et al., 2018). Además, es causante del mal comportamiento de los aceites vegetales especialmente en los motores diésel (Herrera y Velez, 2008), no obstante, si son transesterificados usando alcoholes de cadenas cortas, el biodiésel resultante tiene valores de viscosidad que están cercanos a los del combustible diesel de base petróleo. Se sabe que esta propiedad es altamente influenciada por la composición en biodiésel y por la temperatura. Por esta razón, la viscosidad es utilizada como patrón regulador para biodiésel (García et al., 2018).

El índice de acidez es la cantidad, en mg, de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar los ácidos libres presentes en 1.0 g de muestra. Altos valores de este parámetro en los aceites residuales indican un alto contenido de ácidos grasos libres. El índice de acidez está directamente relacionado con la conversión de materia prima (aceites residuales) a biodiésel, ya que si existe un alto número es posible que no se tenga un buen rendimiento en la producción de biodiésel y provoque la formación de jabones. (Ramírez, 2018). Asimismo, es un indicador de la calidad de la reacción de transesterificación, ya que cuanto menor sea la acidez del biodiésel, más eficaz habrá sido la reacción de transesterificación (García et al., 2018).

El rendimiento del biodiésel está determinado en función al volumen inicial de aceite y al volumen obtenido de biodiésel (Cedrón et al., 2014). Para Herrera y Velez (2008) las principales variables que influyen en el rendimiento, conversión y cinética de la reacción de transesterificación son la calidad de la materia prima, el tipo y cantidad de catalizador, el tipo de alcohol, la relación molar alcohol/aceite y las condiciones de reacción como temperatura, presión y agitación.

La normativa peruana contempla la Ley N° 28054, esta es la ley de promoción del mercado de biocombustibles (2003) y el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016). Los decretos supremos: DS 013-2005-EM: Reglamento de la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles (2005) y DS 021-2007-EM: Reglamento para la comercialización de biocombustibles, de abril de 2007. Asimismo, las Normas Técnicas Peruanas: NTP 209.001:1983 para Aceites y vegetales comestibles. Definiciones y requisitos generales y la NTP 321.125:2008. Especificaciones Técnicas Biodiésel.

Considerando los criterios de Marchena (2019) la obtención de biodiésel a partir de aceite residual de cocina es conveniente por las ventajas en la preservación del medio ambiente. El biodiésel se puede obtener a partir de residuos, dándole un tratamiento alternativo a los desechos. Además, es un combustible renovable lo que hace que el contenido de azufre sea bajo, por consiguiente, no tiene contribución en la lluvia ácida. La biodegradabilidad es otra de las principales características, por ende, ante un hipotético derrame, se evita una contaminación. Por consiguiente, genera una gran contribución en la disminución de emisiones de dióxido de carbono. Incluso, no tiene nocividad para la salud humana, flora y fauna.

La relevancia social se genera con la gestión de aceites residuales bajo el principio de responsabilidad compartida del D.L. N° 1278 “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” ya que participarían directa e indirectamente, los generadores (restaurantes), operadores de residuos (empresas de residuos sólidos que estén acopiando y/o procesando los aceites vegetales usados en otros productos) y municipalidades. Asimismo, la capacitación a los restaurantes proveedores de aceite residual de cocina sobre el procedimiento de separación, almacenamiento y

mantenimiento seguro de este material residual, necesarios para su transformación en biocombustible, junto a las campañas de concientización fortaleciendo la cultura social-ambiental (Loayza y Santillán, 2020) ayudando al crecimiento y diversificación de la economía rural y calidad de vida (Gil, 2015).

La presente tesis se respalda bajo las teorías de desarrollo sostenible que es de vital importancia tanto en los objetivos planteados por la ONU (objetivo del milenio y plan de desarrollo sostenible); la valorización energética, al utilizar de materia prima un producto residual, recuperando la mayor parte de este. Así como la economía circular, en la cual se busca maximizar el valor y uso sostenible de los recursos, junto al decrecimiento de los residuos.

A través de esta investigación se presentó índices mostrando la distribución de la dispersión en la densidad, viscosidad e índice de acidez desde una percepción del aceite residual y del biodiésel. Además, para Loayza y Santillán (2020) los estudios donde se usen el método de la transesterificación para la obtención de biodiésel, contribuirán con los avances científicos realizados hasta el momento y permitirá la realización de futuras investigaciones.

Los programas para reutilizar este residuo proveniente de la industria alimentaria en nuestra capital no se han fomentado; es por eso, que la presente tesis busca analizar el índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo. Teniendo como objetivos específicos: comparar los catalizadores y alcoholes empleados en la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo, realizar una comparación de la normativa del aceite vegetal y el biodiésel a nivel nacional e internacional. Incluso, se busca determinar las investigaciones más eficientes en la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina en las provincias

de Lima y Trujillo. Por último, se propone el diseño de una planta de producción de biodiésel a partir de aceite vegetal reciclado en la urbanización San Isidro.

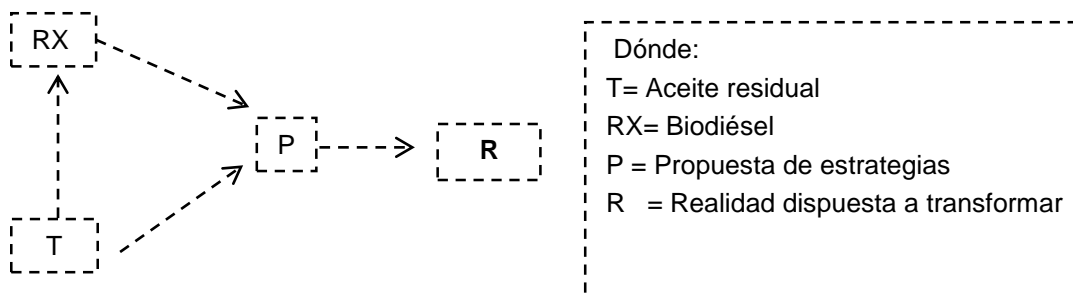
CAPÍTULO II. MÉTODO

El enfoque considerado para esta investigación es cuantitativo, definido como un conjunto de procesos que es ordenado de manera secuencial para cerciorar ciertos supuestos. Además, está relacionado a conteos numéricos y cálculos matemáticos (Hernández y Mendoza, 2018). Por lo que, la investigación utiliza tanto datos numéricos como los resultados de los diferentes parámetros fisicoquímicos (índice de acidez, densidad, viscosidad y rendimiento) de las investigaciones, comparando las distribuciones de los datos.

Así mismo, es no experimental, debido a que no se manipulan deliberadamente variables (Hernández y Mendoza, 2018). Para analizarlas, se miden fenómenos o estudian situaciones ya acontecidas, de la misma forma que en su contexto natural. Tampoco se provocan situaciones deliberadas en la investigación por quien la efectúa. También presenta un corte transversal puesto que los diseños transeccionales o transversales recolectan datos en un solo momento, en un tiempo. Con el propósito de describir variables en un grupo de casos o analizar la incidencia de variables previamente establecidas, así como su interrelación o nivel en un momento determinado (Hernández y Mendoza, 2018).

Figura 1

Diagrama de tesis propositiva



Este estudio encuadra dentro del tipo descriptivo, debido a que la finalidad es especificar características y propiedades de variables, fenómenos, hechos o conceptos en un contexto específico. Por otra parte, el investigador elige una cantidad de cuestiones y luego busca información sobre cada variable, para poder tener una representación de lo investigado (Hernández y Mendoza, 2018). Por lo tanto, este estudio es de tipo descriptivo por que se emplea sobre realidades y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta de la variable del aceite residual que a través de sus características fisicoquímicas se compara con las del biodiésel.

La población es un conjunto absoluto de los casos que tienen concordancia con definidas especificaciones (Hernández y Mendoza, 2018). A la vez, puede ser un conjunto finito o uno infinito de elementos, individuos y entidades; las cuales se utilizarán como unidades de muestreo. Además, una población puede formar parte de otra (Barboza, 2017). Esta investigación consideró una población infinita, puesto que no se sabe la cantidad exacta de elementos que constituyen a la investigación, la cual está conformada por trabajos científicos sobre índices de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en Perú.

Hernández y Mendoza (2018) define a la muestra como subgrupo de la población o el universo de interés, del cual se consiguen los datos y tiene que representar a la población, para poder generalizar los resultados que se realicen en la investigación. Con el objetivo de poder determinar la muestra se utilizó el método no probabilístico que según Hernández y Mendoza (2018) no se basa en la estadística; sino de las características de la investigación y el proceso de toma de decisiones depende un

investigador. La muestra fue de 15 investigaciones sobre índices de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo.

Para determinar la muestra se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

a. Criterio de inclusión: Se consideraron investigaciones pertenecientes a universidades, están debían de encontrarse en el espacio delimitado de las provincias de Lima y Trujillo, contener características de ambas variables y en idioma español.

b. Criterio de exclusión: No se consideraron aquellas investigaciones que no pertenecían a universidades o que se encuentren fuera del espacio definido como otras provincias del Perú o fuera de este. Además, se dejaron de lado tesis que solo contenían características de una variable y que estén en otro idioma.

Una vez determinada la muestra gracias a los criterios de inclusión, así como los de exclusión, se procedió a establecer los métodos, técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos que se emplearon en la investigación.

A través del método Inductivo – Deductivo se logrará conclusiones de carácter general para obtener hechos particulares y viceversa (Bilbao y Escobar, 2020); en otros términos, del análisis de cada variable relacionada al objetivo del estudio se puede llevar a cabo generalizaciones con significancia científica que permitieron corroborar enunciados referentes a la hipótesis.

Hernández y Mendoza (2018) señala que las técnicas son medios utilizados para recolectar información. Pueden ser múltiples, ya que en el tipo cuantitativo son cuestionarios cerrados, registros de datos estadísticos, entre otros. Mientras que en los

cualitativos hay entrevistas a profundidad, cuestionarios abiertos, sesiones de grupos, observación participante, etc.

La tesis se desarrolló mediante la técnica del análisis documental relacionada a investigaciones de índices de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel. Según Barboza (2017) esta es una técnica en la que el investigador, se encarga de recolectar documentos que luego analizará, enfocado, en su contenido que pudiendo ser de soporte físico o audiovisual.

Un recurso empleado por investigadores para registrar información o datos sobre las variables que tiene en consideración es el instrumento, este debe reunir tres requisitos que son fundamentales: confiabilidad, validez y objetividad (Hernández y Mendoza, 2018). El instrumento que se seleccionó es la base de datos, la cual se basará en los resultados de proyectos de investigación afines al tema. Además, también se tomarán en cuenta la Norma Técnica Peruana 209.001:1983 para el aceite residual y la NTP 321.125:2008 para el biodiésel.

Según Hernández y Mendoza (2018) la base de datos es un sistema en el cual se organizan los datos cualitativos recolectados, utilizando uno o más criterios pertinentes. Asimismo, Barboza (2017) afirma que este instrumento, facilita la organización de todo lo necesario enfocado a los datos a los cuáles se accede o los documentos que se seleccionan. Esta investigación usó una revisión y comparación bibliográfica a través de un análisis documentario, en la cual se consideraron fuentes basadas en tesis y artículos académicos (científicos). Se aplicaron diferentes tipos de criterios de selección, empezando por buscar con las variables de aceite residual proveniente de cocinas y sobre el biodiésel, en diferentes repositorios de universidades. Asimismo, también se

utilizaron las plataformas de Google académico, Alicia y Scielo, teniendo como ubicación espacial las provincias de Lima y Trujillo.

El método de extracción de datos se centró en la elaboración de una matriz de base de datos en Excel (versión libre); donde las investigaciones previamente encontradas fueron registradas. Asimismo, todos los estudios que se recolectaron se basaron en la metodología de la transesterificación de los aceites para la obtención de biodiésel.

Con esta información se pudo obtener el índice de aceite residual de cocina que se pueden utilizar en la producción de biodiésel; incluso, se aprovechó el software estadístico para representar la información mediante figuras y tablas, concretando así el primer objetivo. Asimismo, la data presente también sirvió para comparar los catalizadores y alcoholes utilizados en la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo

Del mismo modo, se realizó una comparación de la normativa del aceite vegetal y el biodiésel a nivel nacional e internacional. También, se determinaron las investigaciones más eficientes en la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina en las provincias de Lima y Trujillo. Para finalizar, se propone el diseño de una planta de producción de biodiésel a partir de aceite vegetal reciclado en la urbanización San Isidro.

Para determinar la validez y confiabilidad de los instrumentos, se utilizó la opinión y el visto bueno de expertos en el tema de la carrera profesional de ingeniería ambiental de la casa superior de estudios sede Trujillo- San Isidro.

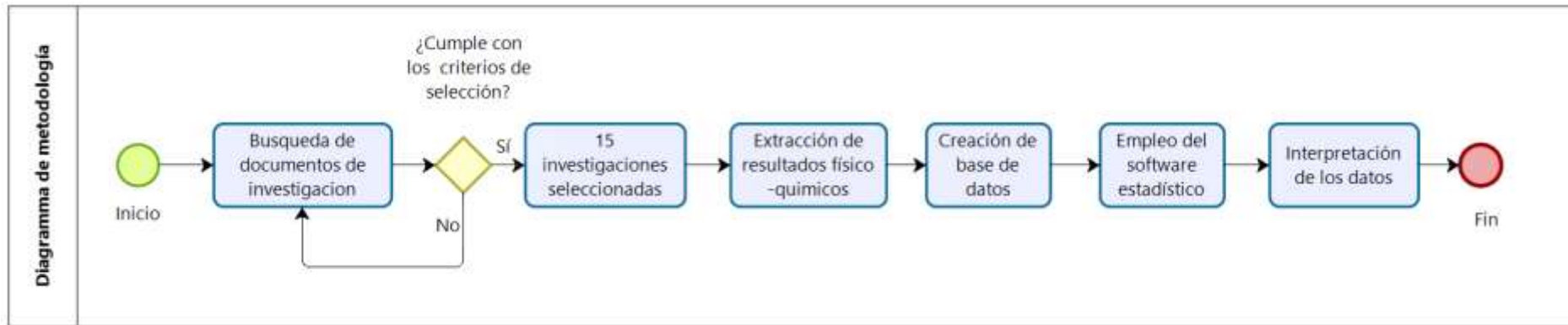
Después de haber aplicado el instrumento, se procedió a organizar la información en Excel libre y así poder ser utilizada en el programa SPSS en su versión gratuita IBM 25, lo cual permitió elaborar los gráficos que describen la comparación entre las

características del aceite residual como del biodiésel, para la redacción del informe se utilizó el paquete office 2019 en su versión libre.

Se está respetando la información recogida de los documentos de investigación; así como la nula alteración de los resultados obtenidos por los diferentes autores. Además de citar las fuentes que durante la investigación fueron consultadas y empleadas, con el objetivo de usarla en fines académicos.

Figura 2

Diagrama de flujo del procedimiento empleado



Nota. El gráfico resume el procedimiento de la selección de los resultados de las investigaciones.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación han sido plasmados en 4 tablas y 11 figuras. Una vez obtenidos los parámetros físico-químicos, se procedió a realizar la tabla plasmada en el Anexo 4, donde los datos de las 15 investigaciones fueron recolectados, obteniéndose el índice que luego fue analizado a través del software estadístico IBM SPSS.

Al procesarse la data, se obtuvieron las gráficas de cajas simples de bigotes, correspondientes a los aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo. Mediante las figuras 3, 4 y 5 se puede observar la dispersión de los parámetros de densidad, índice de acidez y viscosidad. Además, se dividió en las dos variables del estudio (aceite residual y el biodiésel), para poder comparar la distribución de sus características fisicoquímicas.

Figura 3

Índice de acidez de los aceites residuales de cocina y del biodiésel

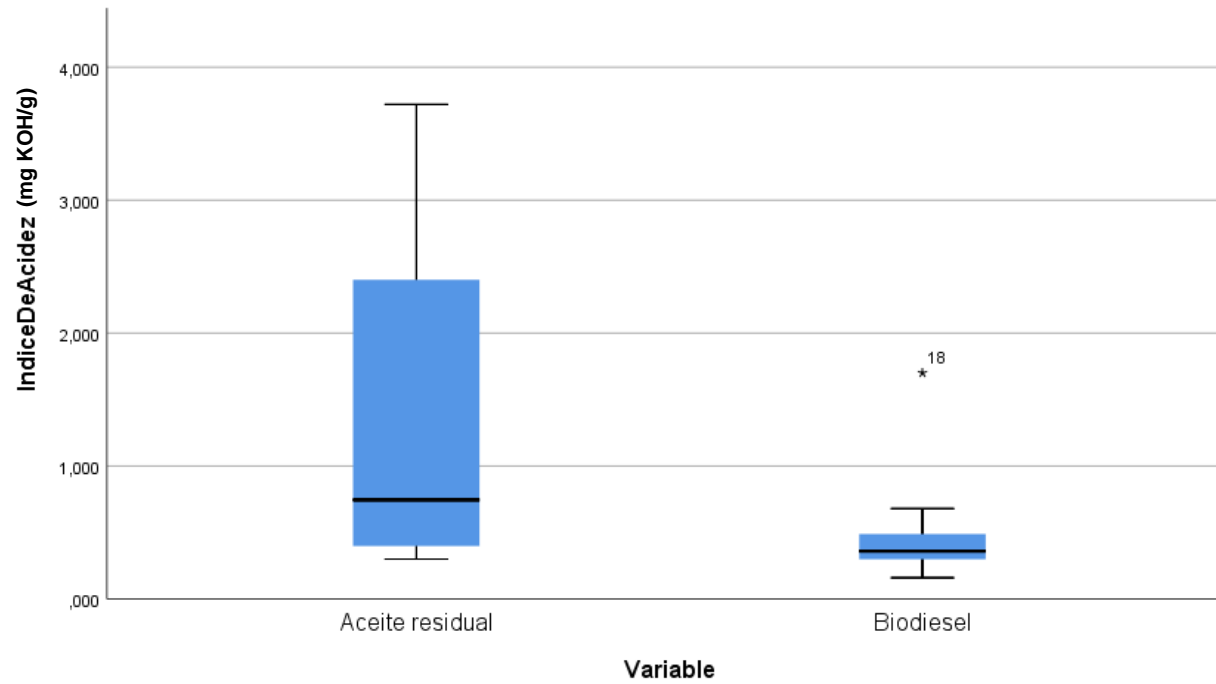


Figura 4

Densidad de los aceites residuales de cocina y del biodiésel

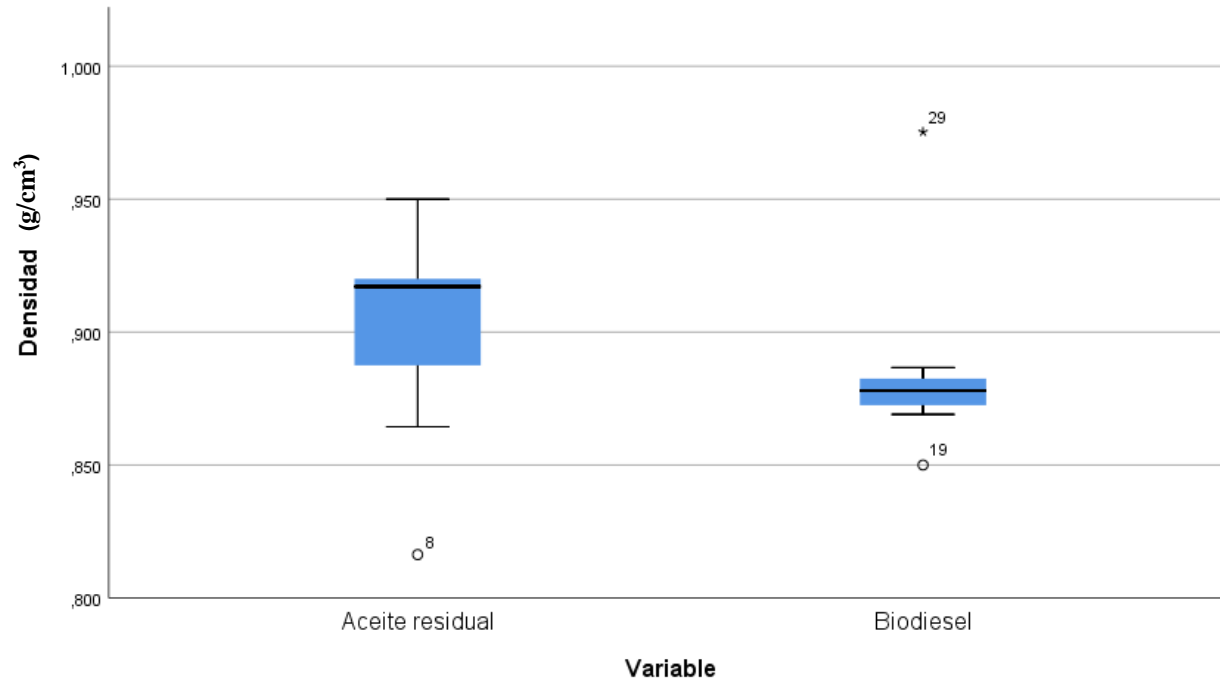
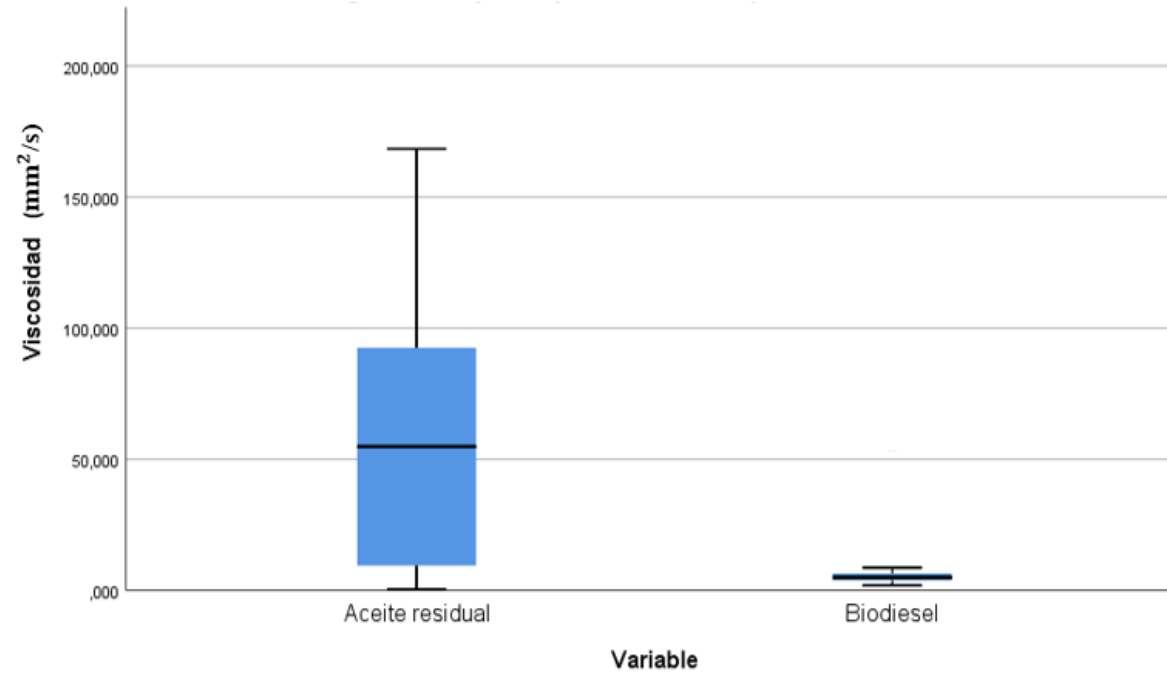


Figura 5

Viscosidad de los aceites residuales de cocina y del biodiésel



Por otra parte, se logró comparar los alcoholes empleados en la producción de biodiésel a partir de aceite residual de cocina en las provincias de Lima y Trujillo, siendo el metanol y el etanol los únicos utilizados. En esta ocasión, las gráficas de cajas fueron para dos variables que, a la vez, se compraban con los parámetros físico-químicos de índice de acidez, densidad, viscosidad y rendimiento representados por las figuras 6, 7, 8, y 9 respectivamente.

Figura 6

Índice de acidez del biodiésel comparando los alcoholes empleados

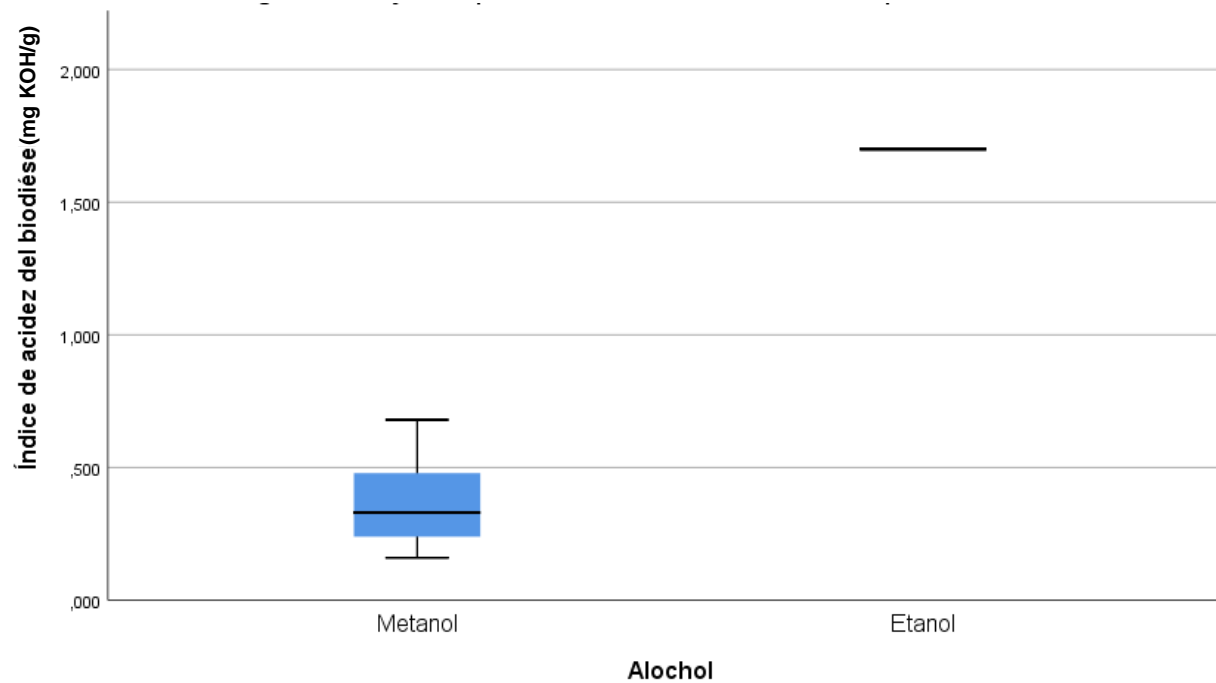


Figura 7

Densidad del biodiésel comparando los alcoholes empleados

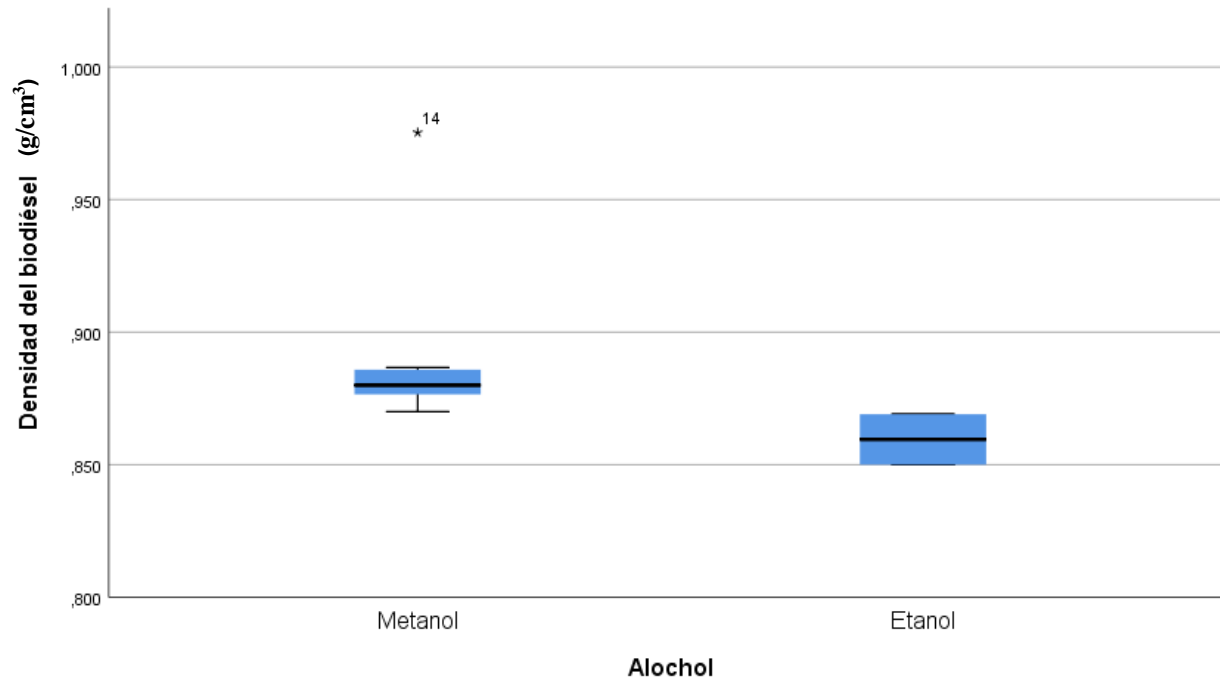


Figura 8

Viscosidad del biodiésel comparando los alcoholes empleados

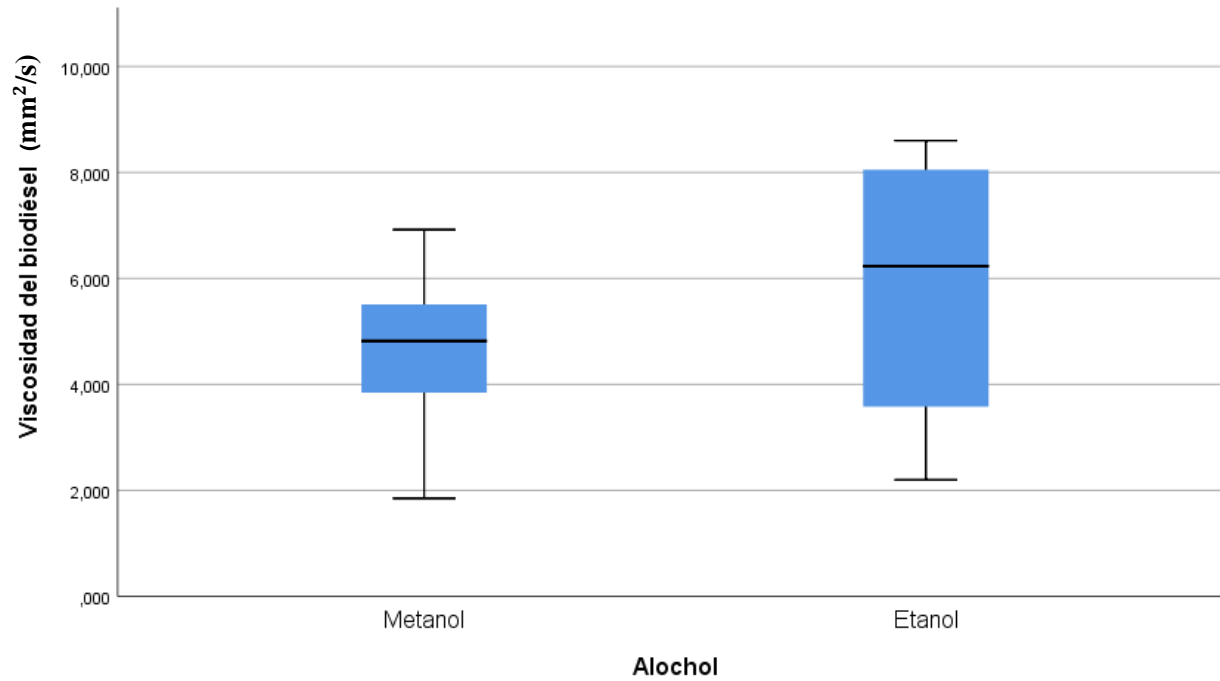
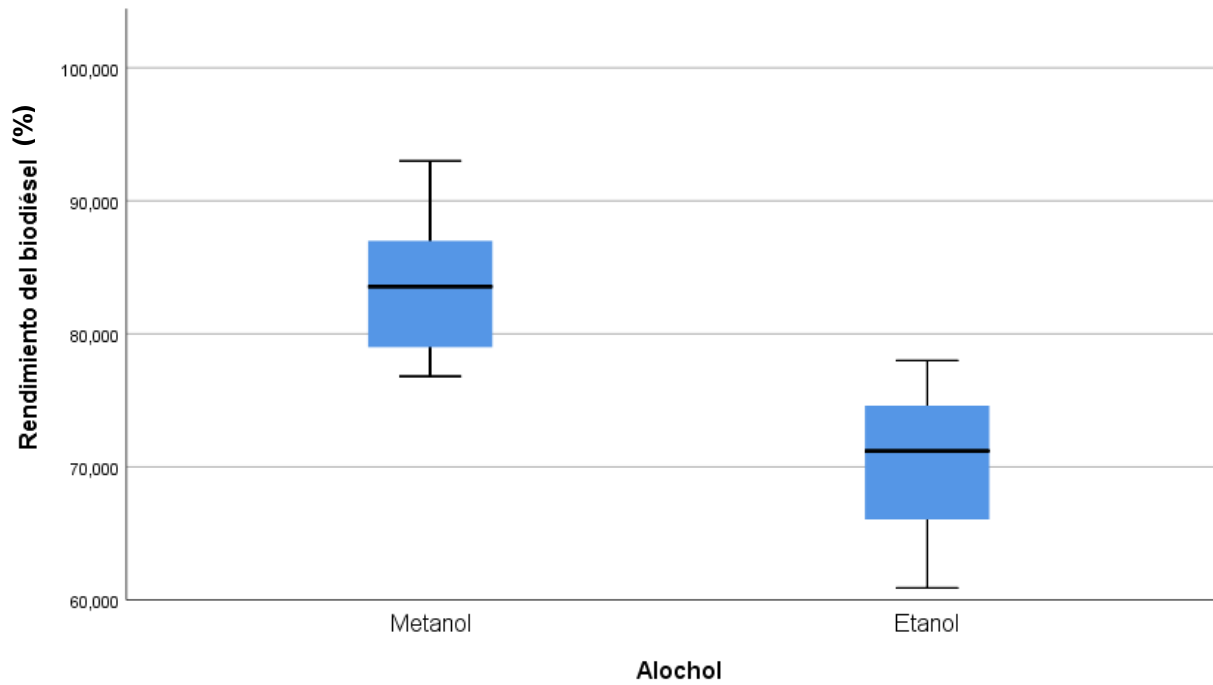


Figura 9

Rendimiento del biodiésel comparando los alcoholes empleados



Asimismo, también se compararon los catalizadores utilizados en la obtención de biodiésel a partir de aceite residual de cocina en las provincias de Lima y Trujillo, teniendo al hidróxido de sodio e hidróxido de potasio. Las gráficas de cajas fueron para dos variables representando los parámetros físico-químicos de índice de acidez (Figura 10), densidad (Figura 11), viscosidad (Figura 12) y rendimiento (Figura 13).

Figura 10

Índice de acidez del biodiésel comparando los catalizadores empleados

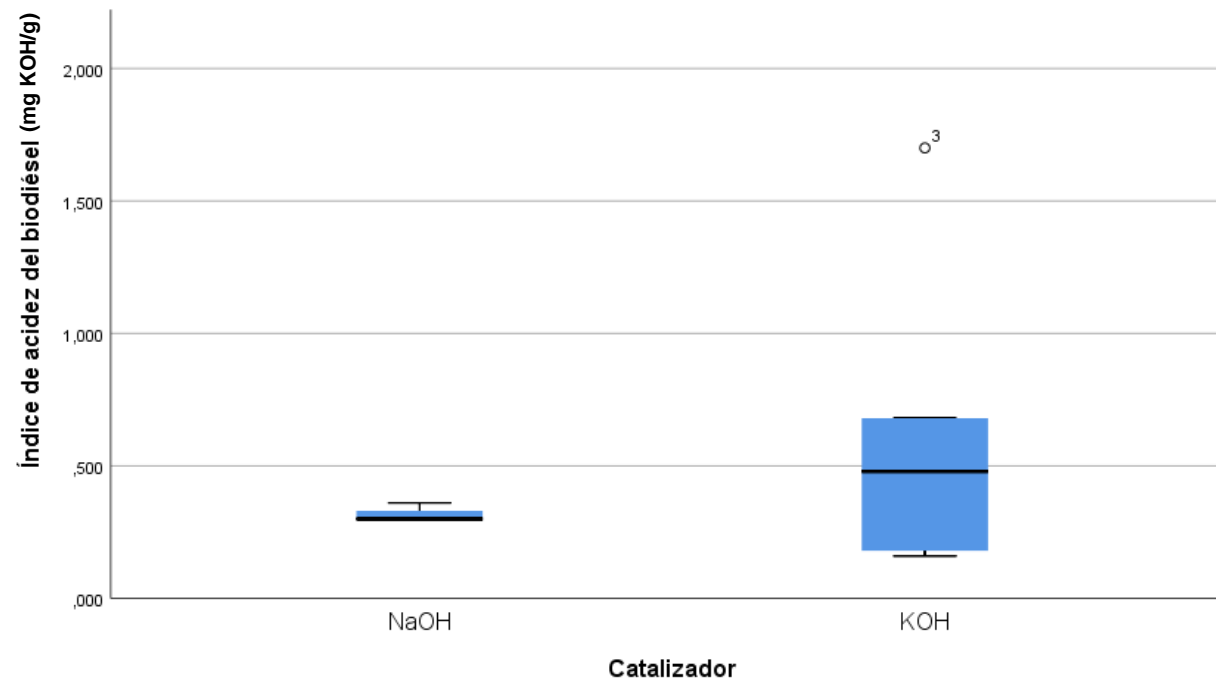


Figura 11

Densidad del biodiésel comparando los catalizadores empleados

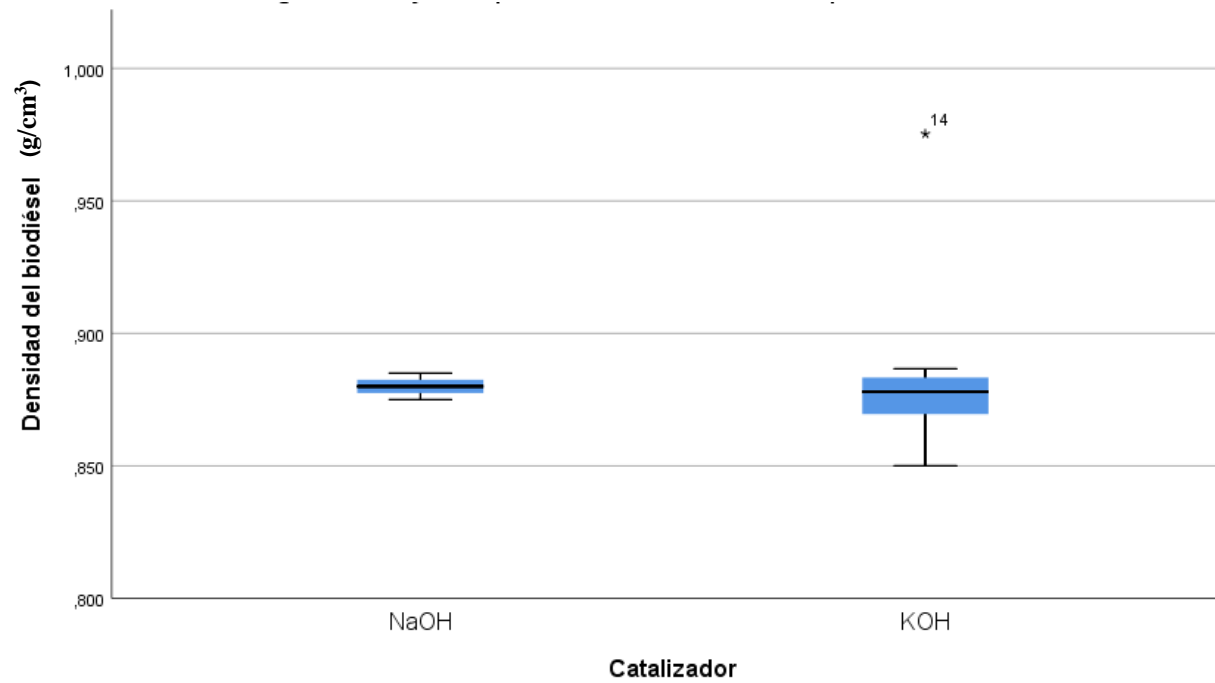


Figura 12

Viscosidad del biodiésel comparando los catalizadores empleados

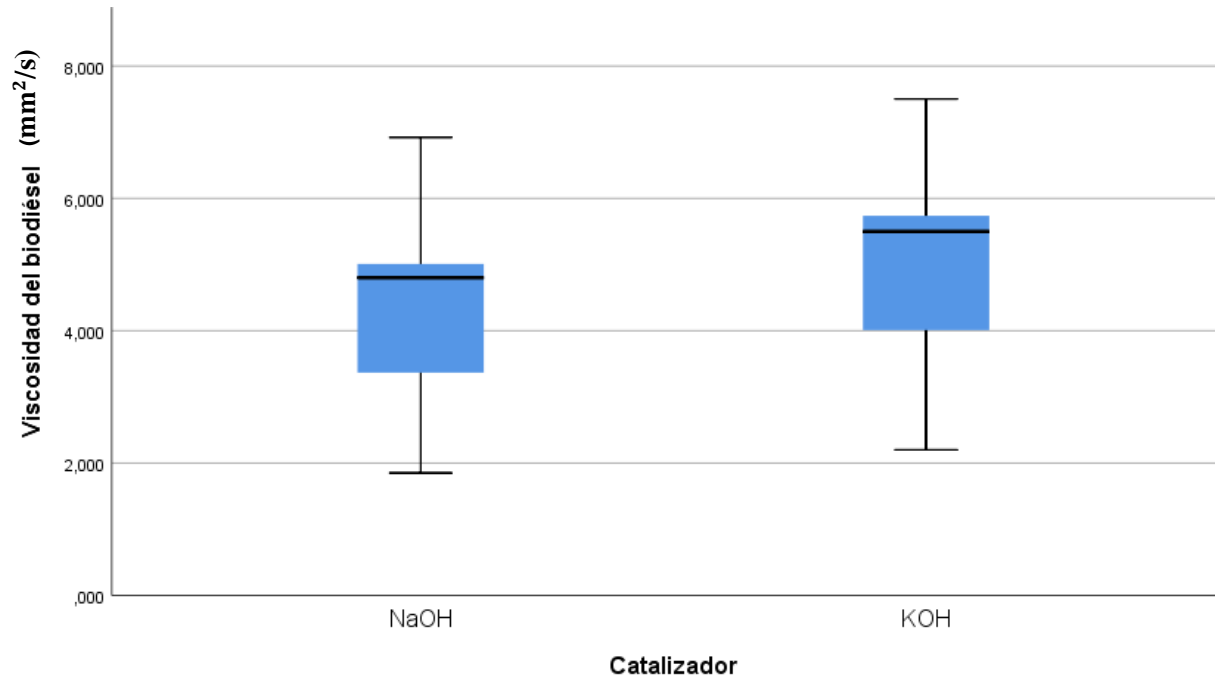
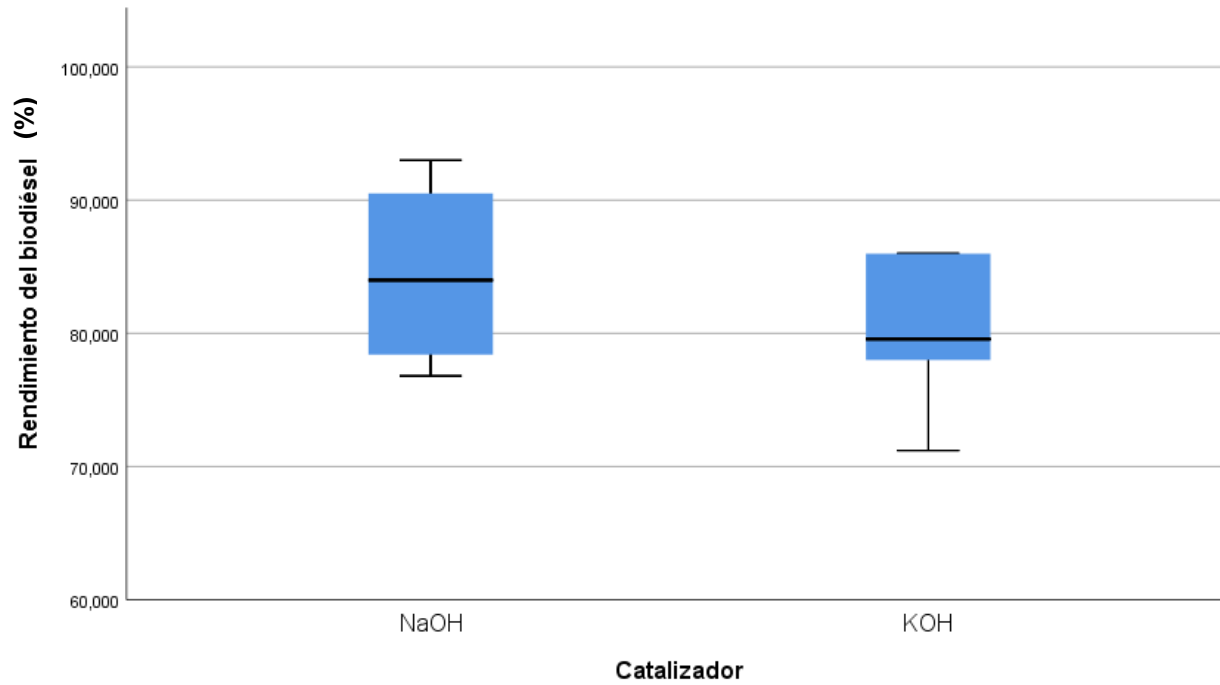


Figura 13

Rendimiento del biodiésel comparando los catalizadores empleados



Para tener un contexto más claro sobre la importancia de los parámetros de las variables, se realizó una comparación de la normativa del aceite vegetal nacional con diferentes países como Colombia, Ecuador y Venezuela ya que no existe una normativa del aceite residual de cocina.

Tabla 1

Comparación de la Normativa Peruana de Aceite vegetal a Nivel Sudamericano

		Comparación de la normativa del Aceite vegetal			
Parámetros	Unidades	Colombia	Ecuador	Perú	Venezuela
		Resolución Ministerial 0002154	NTE INEN 34:2012	NTP 209.001.1983	CONVENIN 30:1997
Humedad y materia volátil (105°C)	%	0.2	-	0.1	0.05
Impurezas insolubles	%	0.05	-	-	0.05
Contenido de jabón	mg/kg	Negativo	-	-	3
Índice de peróxido	meq O ₂ /Kg	5	10	5	5
Acidez	%	0.1	<0.2	<0.2	0.1
Índice de refracción (25°C)	-	-	1.476	-	1.463 - 1.476
Pérdida por calentamiento	%	-	0.05	-	-
Densidad Relativa (20°C)	-				0.8969 - 0.926

Nota. La tabla representa la comparación de parámetros que se consideran en las normativas para los aceites vegetales en los países de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

De igual forma, se procedió a comparar los diferentes parámetros del biodiésel tanto a nivel nacional, así como internacional.

Tabla 2

Comparación de la normativa del biodiésel a nivel nacional e internacional

		Normativa del Biodiésel alrededor del mundo					
		Sudamérica			América	Europa	
Parámetros	Unidades	Colombia	Ecuador	Perú	Vene zuela	Estados Unidos	EN
		NTC 544	NTE INEN 2482:2009/ ENMIENDA	NTP 321.12 5:2008	-	ASTM D6751	14214
Viscosidad cinemática a 40°C	mm ² /s	1.9 - 6	3.5-5	1.9-6		1.9 - 6	3.5 - 5
Número de acidez	mgKOH/ g	0.5 Máx	0.5 Máx	0.5 Máx		0.5 Máx	0.5 Máx
Glicerina total	%masa	0.25 Máx	0.25 Máx	0.24 Máx	*	0.24 Máx	0.25 Máx
Contenido de agua	ug/g o mg/kg	500 Máx	500 Máx	500 Máx		-	500 Máx
Densidad a 15°C	Kg/m ³	860-900	860- 900	Reportar		870-890	860- 900

Nota. La tabla representa la comparación de parámetros que se consideran en las normativas del biodiesel en Colombia, Ecuador, Perú, Estados Unidos y Europa.

Venezuela adapta la normativa ASTM D6751 o EN 14214*

Para determinar los trabajos con mayor eficiencia, se contrastaron las metodologías de las diferentes investigaciones relacionadas a la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina en las provincias de Lima y Trujillo, para así saber cuál es la más adecuada, comparando las cantidades de insumos empleados y las diferentes temperaturas en el método de transesterificación, así como los rendimientos.

Tabla 3

Comparación de la metodología en la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina en las provincias de Lima y Trujillo

Trabajo de investigación	Aceite	Catalizador	Temperatura	Alcohol	Rendimiento
Sanaguano, H	600 ml	1% NaOH	180 °C	Relación molar 9:1 metanol/aceite	93.06%
Toledo, M.	100 g	0.5% de NaOH	65°C	Relación molar 6:1 de metanol/aceite	93%
Gallegos, D y Llanos. E.	100 ml	0.68 g NaOH	50°C	15 ml metanol	88%
De la Cruz, C y Trujillo, C.	200 ml	1 g de KOH	60°C	40 ml de metanol	87%
Zavaleta, L, y Suavo, J.	41.1L	148 g KOH	60°C	12.3 L de metanol	85.97%
Castillo, B.	200 ml	0.885 g NaOH	60°C	40 ml metanol	81.12%
Alva, M y Cipra, P.	4 L	28 g NaOH	60°C	800 ml de metanol	80%

Cedrón, J., Moncada, A., y Mendoza, P.	150 mL	0.85 g de KOH	70°C	100 ml de etanol	78%
Rodríguez, K y Villanueva, L.	30 g	0.15 g KOH	50°C	1.38 ml de metanol	76.80%
Cabrera, M.	15 g	2.5 g de KOH	60°C	60 ml de etanol	71.20%
Rodríguez, J.	200 ml	6% de CaO	70°C	Relación molar 15:1 etanol/aceite	60.90%
Osorio, M.	40 ml	0.9 g NaOH	65°C- 70 °C	11 ml metanol	-
Santiago, M.	2 L	28 g KOH	60°C	800 ml de etanol	-
Salazar, J y Valle, F	1.5 L	6.70 g KOH	65°C	568 ml de etanol	-

Por último, se elaboró una propuesta de diseño de una planta de biodiésel a partir de aceite de cocina en un espacio delimitado, siendo esta la urbanización San Isidro, ubicada en el distrito de Trujillo.

Tabla 4

Propuesta de diseño de una planta de biodiésel en la urbanización San Isidro, Trujillo

Propuesta de diseño de una planta de biodiésel en la urbanización San Isidro, Trujillo	
Resumen	La gente no le da un manejo y disposición adecuada al aceite de cocina, debido a la falta de conocimiento sobre lo altamente contaminante y nociva que es esta práctica, así como la ausencia de sistemas de almacenamiento (puntos de acopio), recolección, transporte y disposición final de aceites de cocina usados; es por eso, que ante esta necesidad se establece una propuesta de instalación de un punto de acopio de aceite de cocina en la urbanización San Isidro, Trujillo.
Antecedentes	<p>El proyecto de Belalcazar y Rivera (2016) tuvo la finalidad de diseñar y construir una planta en el que se convierta el aceite reciclado de uso doméstico en Biodiésel. Para el funcionamiento de este, se siguió paso a paso el método del PMI® correspondiente a la Gerencia de Proyectos</p> <p>Mientras que Paredes y Vidal (2017) afirman que los residuos de aceite de las cocinas de la Universidad San Francisco de Quito pueden ser aprovechados como base para la producción de Biodiésel. En su proyecto se diseña y construye una planta de procesamiento de Biodiésel cuyo producto sea apto para el uso inmediato en el transporte universitario</p> <p>Gil (2015) realiza el estudio de viabilidad, diseño y montaje de una planta de biocombustible, a partir de aceite reciclado, teniendo en cuenta los recursos necesarios para su implantación y operación. La planta tuvo una producción semanal de 1600 litros de biodiésel que permitiría a la cooperativa la obtención de biocombustible destinado para el autoconsumo.</p>
Objetivos	<p>General Proponer el diseño de una planta de producción de Biodiésel a partir de aceite vegetal reciclado en la urbanización San Isidro</p>

Específicos	Delimitar el área de estudio mediante un mapa para identificar los restaurantes participantes. Establecer especificaciones técnicas básicas para el funcionamiento de la planta de biodiésel. Realizar un modelado geométrico de la planta en segunda y tercera dimensión.		
Localización	El proyecto estará localizado en la urbanización San Isidro ubicado en el distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento La libertad, en Perú.		
Plan de recogida del aceite	El recojo del aceite será realizado por un operario que concurrirá a los distintos puntos de recojo en la urbanización San Isidro, dependiendo del número de restaurantes con los que se pueda lograr un acuerdo. La materia prima esencial del proceso es el aceite, para ello es de vital importancia tener una cantidad de suministradores que sean estables, que abastezcan a la planta de producción de biodiésel con los litros de aceite necesarios para una generación de biocombustible continua.		
Insumos y suministros	Aceites vegetales usados Energía	Catalizadores Agua	Alcoholes
Plan de trabajo	Parámetros de diseño	La planta de biodiésel debe cumplir con ciertos procesos, es por es que para su elaboración se adaptó el diseño y la construcción de la tesis de Paredes y Vidal (2017).	
	Descripción de equipos	Tanque de químicos (T2) Tanque de procesamiento (T3)	Bombas y motores Tuberías y tablero
	Diseño de la planta de biodiésel	En base a la cantidad del aceite residual que se es capaz de recolectar de las cocinas y restaurantes de la urbanización San Isidro se realiza el criterio de diseño. El promedio que del aceite desechado por el rubro restaurantero puede alcanzar los 60 - 80 Litros/semana	
	Criterios de diseño		
	Dimensionamiento	La planta ocupa un espacio físico de 2 metros 40 centímetros de largo, 80 centímetros de ancho y 1 metro 80 centímetros de alto	
	Emplazamiento de la planta	El área requerida para la construcción de la planta de biodiésel requiere aproximadamente 9 m ²	
Pretratamiento*	Filtrado y sedimentación de partículas* Deshidratado de aceite*		

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La presente investigación se basa en la reutilización del aceite residual de cocina para la producción de biodiésel, y así emplearse como un biocombustible que reduce el grado de contaminación que dicho residuo genera. Así también, lo asevera Suazo (2017) con la teoría de la economía circular que permite la reutilización de los productos disminuyendo los residuos, la valorización energética que según Gonzales (2015) se utiliza un desecho como combustible y el desarrollo sostenible que para Gomez (2020) satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer los recursos de las futuras generaciones. Siendo fundamentado por Zavaleta y Suavo (2016) que decidieron reutilizar diferentes tipos de aceites para producir biocombustible en favor de la sociedad.

Con el objetivo de analizar el índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel se analizaron los parámetros de índice de acidez, densidad y viscosidad de los resultados de las diferentes investigaciones. La figura 3 muestra un mayor rango para el aceite residual que en el biodiésel en el parámetro de índice de acidez. El cual se encuentra fuera de los valores que brinda la NTP 209.001:1983 Aceites y vegetales comestibles, por no tener resultados inferiores a 0.2 mg KOH/g. Mientras que en la NTP 321.125:2008 Especificaciones Técnicas Biodiésel indica que deben ser menor a 0.5 mg KOH/g, de los cuales de los diferentes trabajos solo dos resultados no cumplen. Incluso, tiene un valor que sobre sale (N°18) de 1.7 que se destaca de los demás.

Por tal motivo se considera que el aceite ha sido sometido cocción intensa por periodos de tiempo más largos de lo usual, de manera similar al artículo de Tacias y

Torrestiana (2016) donde todas las muestras de los diferentes tipos de restaurantes en México superaron el rango establecido por el mismo motivo. De forma similar, Baca (2019) muestra que el aceite residual sobrepasa el límite oscilando en un rango desde 1.965 hasta 2.923 mg KOH/g. Esto indica que los aceites no son comestibles y causan un daño a la salud. Mientras que un alto índice de acidez del biodiésel para Cedrón et al. (2014) se puede deber que el aceite se empleó sin ningún tratamiento previo; por otra parte, sobrepasar el límite en el biodiésel según Castillo (2018) puede resultar corrosivo para el motor.

La figura 4 presenta un rango con más distribución en la densidad para el aceite residual con un dato atípico (Nº8) con 0.816 g/cm^3 , a diferencia del biodiésel con dos valores atípicos, tanto de manera superior (Nº29) 0.975 g/cm^3 e inferior (Nº19) de 0.85 g/cm^3 . La densidad es uno de los parámetros que se miden usualmente, confirmándose con Herrera y Velez (2008) que obtuvo una densidad inicial de 0.916 g/cm^3 de aceite residual y 0.876 g/cm^3 de biodiésel. Al igual que Villadiego et al. (2015) que obtuvieron 0.924 g/cm^3 para el aceite y 0.91 g/cm^3 como biocombustible. Si bien no existe límite en nuestra normativa peruana para este parámetro, Castillo (2018) afirma que la norma europea establece un rango entre 0.86 y 0.9 g/cm^3 para el biodiésel y su importancia es vital debido a que un valor bajo produce un aumento del consumo del carburante, teniendo solo 1 resultado (0.85 g/cm^3) que no cumplen lo recomendado. Por otra parte debido a que la densidad del aceite es inferior a la del agua, al ser desechados, se generan capas en la superficie de los reactores biológicos, perjudicando al sistema (Briones et al., 2020).

La distribución de la viscosidad puede ser observada en la figura 5, donde al igual que en los anteriores casos el aceite residual tiene un rango más amplio que el biodiésel. Villadiego et al. (2015) afirman que los valores altos del aceite residual se deben a las reacciones termolíticas y oxidativas que suceden durante el proceso de freído que pueden afectar la producción en el contacto entre las moléculas de aceite y metanol, provocando baja conversión de los triglicéridos. La normativa peruana establece un rango de es de 1.9 a 6 mm²/s para este parámetro, siendo 4 los resultados fuera del límite. A nivel europeo debe encontrarse entre 3.5 a 5 mm²/s, teniendo 6 resultados que no cumplen. La importancia de la viscosidad se debe a que, si se presenta un resultado elevado en el biodiésel, la combustión es incompleta, a diferencia de una viscosidad baja, que puede producir fugas del combustible, reduciendo la eficiencia. (Castillo, 2018)

En la comparación de los alcoholes, en la figura 6 se observa que el índice de acidez posee un rango amplio para el metanol a diferencia del etanol. Esto tiene un gran impacto al elegir entre ambos alcoholes ya que este parámetro tiene que ser menor a 0.5 mg KOH/g, siendo cumplido a través del metanol en la mayoría de casos. En el gráfico, se observa que los biodiésel hechos a partir de metanol tienen un menor índice de acidez que con el etanol. Si bien el metanol con un pka de 15.5 es ligeramente más ácido que el etanol con pka de 15.9, con una diferencia poco relevante (Delta, 2020), caso contrario sucede con las dosis requeridas ya que con el metanol se necesita una menor cantidad de alcohol en exceso, a diferencia del etanol (Caro et al., 2017), lo que ocasiona que cuando se utilice el metanol los valores sean más bajos en el índice

de acidez que el etanol. En cuanto a la densidad sucede todo lo contrario, la figura 7 muestra que el etanol presenta un rango más amplio y valores menores a diferencia del metanol. Esta diferencia mínima se debe a que el etanol es menos denso, siendo reflejado en la densidad del biodiésel que se obtiene. La densidad del metanol es de 0.792 g/cm^3 mientras que el del etanol es de 0.789 g/cm^3 (Atkins y Jones, 2012). Si se requiere una mayor densidad en el biodiésel, el metanol sería el alcohol idóneo; a diferencia que, si se necesita una menor densidad, el etanol debería ser el seleccionado.

Asimismo, la influencia de la viscosidad de los alcoholes se ve reflejada en la figura 8, el etanol posee una viscosidad que es mucho mayor que la del metanol. El primero posee un valor de $1.52 \text{ mm}^2/\text{s}$ aumentando así la viscosidad del biodiésel, caso contrario al segundo, que posee una viscosidad $0.742 \text{ mm}^2/\text{s}$ en mismas condiciones (Flottweg, 2021). A diferencia del rendimiento, se observa en la figura 9, que el metanol presenta valores más altos que el etanol. Corroborando en tesis donde el rendimiento con metanol es mayor (97%) al de etanol (95%) (Vértiz, 2009). Concluyendo que el proceso con mayor rendimiento sea aceite residual o nuevo es el metanol. Debido a que la preparación de biodiésel es más sencilla con este insumo; sin embargo, es más restringido por ser altamente tóxico. Además, la obtención del biocombustible con etanol no ha sido muy estudiado, siendo reflejado a través de los resultados donde la mayoría utiliza metanol que etanol.

Al contratar los catalizadores en la producción del biocombustible, se observa que en la figura 10, el índice de acidez el Biodiésel elaborado con hidróxido de potasio (KOH) tiene más rango. Así como valores que sobrepasan lo establecido en la norma

técnica peruana para biodiésel, a diferencia del hidróxido de sodio donde los resultados se encuentran dentro del límite establecido. En el índice de acidez se utiliza hidróxido de potasio para neutralizar ácidos grasos presentes en un gramo de aceite (Rodríguez, et al., 2016). Esto se ve reflejado al utilizar el KOH como catalizador, llegando a un rango más amplio que al utilizar NaOH. Teniendo como reincidencia una mayor dispersión para la densidad por parte del KOH en la figura 11. Si bien cierto, las densidades de ambos catalizadores son similares, al utilizarlos para elaborar el biodiésel, el que emplea KOH llega a una densidad más baja. Según Acosta et al. (2008) las densidades de ambos catalizadores presentan una leve diferencia, siendo el del NaOH 2.13 g/cm^3 y del KOH 2.12 g/cm^3 . Logrando así, al emplear hidróxido de potasio, densidades más bajas, pero no significativas.

La figura 12 que corresponde a la viscosidad, muestra que las dispersiones se encuentran casi igualadas, teniendo el NaOH como catalizador que puede llegar a valores más bajos, a diferencia del KOH que llega a valores ligeramente más altos. La viscosidad, va a tener una mayor dependencia del aceite que del catalizador; sin embargo, es preferible tener una viscosidad baja que alta, por los daños al motor se requiere una viscosidad mínima para evitar pérdidas durante la inyección del combustible ya que un combustible muy viscoso puede causar una mala atomización, que lleva a mala combustión y formación de depósitos. (Ramírez et al., 2012). En la figura 13 resalta el NaOH en el rendimiento donde obtiene valores más altos en su dispersión. Siendo confirmado por investigaciones, ya que el empleo de KOH genera

mayor existencia de jabones (reacción de saponificación) y, por ende, se muestra un menor rendimiento al contrastarlo con el hidróxido de sodio (López et al., 2015).

Por otra parte, en la tabla 1, al realizar una comparación de la Normativa Peruana de Aceite vegetal a Nivel Sudamericano, se observa que la normativa del aceite vegetal nacional no contiene varios parámetros, a diferencia de otros países. En Perú, la NTP 209.001.1983 contempla la humedad y materia volátil (105°C) con un valor de 0.1 %, sin embargo, esté límite es más estricto en Venezuela (CONVENIN 30:1997) con 0.05 % y en Colombia (Resolución Ministerial 0002154) es más permisible con 0.2, siendo Ecuador (NTE INEN 34:2012) el país que no presenta un límite. Para Rivera et al. (2015) es importante su determinación por cuestiones de calidad y salud pública, puesto que es la base de referencia que permite comparar características nutrimentales en alimento. Otro parámetro que solo contemplan Venezuela y Colombia, son las impurezas insolubles, definidas como cantidad de suciedad y otras materias extrañas obtenidas (Federación Española Para el Desarrollo de Nutrición Animal, 2012), para Colombia el límite es 0.05 %, igual que para Venezuela. Asimismo, el contenido de jabón para el país colombo debe ser negativo, mientras que para los venezolanos es de 3 mg/kg. Perú y Ecuador no presentan información sobre estos parámetros.

Un parámetro que todos los países presentan es el índice de peróxido (meq O₂/Kg) para Perú, Venezuela y Colombia debe ser de 5, siendo más permisible Ecuador con 10. Este es una medida del estado de oxidación de un aceite o grasa; y aumenta después del proceso de freído. Los peróxidos derivados de los lípidos durante la fritura

se integran en parte dentro del alimento con efectos perjudiciales para el consumidor, tales como cambios celulares irreversibles, mutación, cáncer y aterosclerosis. De igual manera, la acidez también es considerada en todas las normativas, teniendo un valor de 0.1 en Colombia y Venezuela, mientras que en Perú y Ecuador debe ser menor a 0.2. El aumento de esta sucede cuando el aceite de fritura no se renueva habitualmente, esto origina la generación de humos y sabores indeseables, y ocasiona la rancidez hidrolítica e incluso enfermedades (Santana et al., 2019).

El índice de refracción según Paucar et al. (2014) es un factor que se emplea para determinar la calidad del aceite, ya que una variación de este índice indica una adulteración del mismo. Los países que lo consideran son Ecuador con 1.476 y Venezuela, estableciendo un rango de 1.463 hasta 1.476. Asimismo, Ecuador es el único país que contempla una pérdida de calentamiento con 0.05%. La densidad relativa solo es considerada por Venezuela, imponiendo un rango de 0.8969 a 0.926. En tal sentido, después de la comparación de las normativas se puede observar un vacío en varios parámetros, ya que no son considerados dentro de la legislación peruana, contemplando solo la Humedad y materia volátil, el índice de peróxido y la acidez. Parámetros no suficientes en otros países, debido a que estos aseguran una mayor calidad en el producto y evitan enfermedades que se puedan causar posteriormente. Castillo (2017) afirma que Perú no cuenta con una norma para considerar rancio un aceite, es más ninguno de los países mencionados tiene una normativa para considerar a un aceite como residual. Es por eso que las presentes tesis comparan sus resultados con los límites establecidos por las normas técnicas.

Asimismo, en la tabla 2 se muestra la comparación de la normativa del biodiésel a nivel nacional e internacional. Cada país tiene su respectiva normativa, a nivel sudamericano se tiene las normas técnicas, siendo en Colombia la NTC 544, en Ecuador la NTE INEN 2482:2009/ENMIENDA, y en Perú la NTP 321.125:2008, en el caso de Venezuela este adapta la normativa hacia donde se pretende exportar pudiendo ser la normativa americana o europea. En estados unidos la normativa utilizada es la ASTM D6751, mientras que a nivel europeo es la EN 14214. En Colombia, Perú y Estados Unidos la viscosidad cinemática (mm^2/s) oscila entre 1.9 a 6 mientras que en Ecuador y Europa es de 3.5 a 5. La acidez tiene un límite de hasta 0.5 mg KOH/g en todas las normativas. La glicerina total que se puede encontrar en el Biodiésel puede llegar hasta 0.25, a excepción de Perú y Estados Unidos donde puede llegar hasta 0.24 como máximo. El contenido de agua que puede ser medido en $\mu\text{g/g}$ o mg/kg puede llegar hasta un máximo de 500 en todos los países. La densidad que se mide en Kg/m^3 tanto en Sudamérica puede oscilar entre 860 y 900; sin embargo, en Estados Unidos esta debe estar en 870 hasta 890.

La tabla 3 demuestra la comparación de las metodologías de las diferentes investigaciones en la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina en las provincias de Lima y Trujillo. En esta tabla se considera la cantidad de aceite que se utilizó, los catalizadores y alcoholes empleados, así como la temperatura en el proceso de transesterificación. La mayoría de investigaciones mostraron el rendimiento al que pudo llegar el biodiésel bajo estas especificaciones. Se puede observar que el alcohol idóneo es el metanol, junto al NaOH como catalizador, las temperaturas que

no exceden los 50°C -65 °C son las elegidas, la metodología más eficiente fue la que alcanzó el mejor resultado que es la de Sanaguano (2018) con un 93.06% de rendimiento de biodiésel, este realizó el método de transesterificación en metanol subcrítico (altas temperaturas), para lo cual elaboró un reactor discontinuo con recirculación. Sin embargo, este diseño tiene una máxima capacidad de 4 litros. Otro resultado que alcanzó un rendimiento similar fue el de Toledo (2012) con 93% de rendimiento, empleando equipos de laboratorio, hidróxido de sodio y metanol, empleando una temperatura que cercana a los 60°C en la transesterificación. En base a que estos resultados son eficientes con estos insumos, se deciden utilizar tanto el metanol como hidróxido de sodio en la presente propuesta de la tesis.

Por último, la tabla 4 describe la propuesta del diseño de una planta de biodiésel en la urbanización San Isidro, Trujillo. La ejecución de esta propuesta es vital para evitar el atascamiento de las redes de alcantarillado, disminuir el impacto ambiental negativo en los ecosistemas acuáticos; principalmente en las fuentes hídricas nacionales, así como disminuir la reutilización de los aceites al cocinar ya que son nocivos para la salud humana y en lugar de eso utilizarlos en la producción de biodiésel. Por tal motivo, se considera recolectar el aceite residual que los restaurantes de este distrito generan luego de los periodos de cocción. Teniendo un punto de acopio para a recolección del aceite, brindando a los centros de comida la oportunidad de convertirse en ecoamigables. La metodología se basa en la propuesta de Paredes y Vidal (2017) que es el diseño y construcción de una planta de producción de Biodiésel a partir de aceite vegetal reciclado, así como también trabaja con las metodologías de las tesis más

eficientes, escogiendo al metanol como alcohol y el hidróxido de sodio como catalizador, de tal manera que se pueda obtener biodiésel de un buen rendimiento con parámetros dentro de los límites. La capacidad de aceite que puede tratar la planta es de 80 litros debido a la realidad a la cual nos enfrentemos (COVID - 19) ayudando a reducir el nivel de contaminación en el que se encuentra la ciudad de Trujillo. De manera similar, se propone un plan de trabajo, el cual incluye el plan de recogida del aceite, los insumos y suministros necesarios, el diseño de la planta de biodiésel, así como la descripción de las etapas de la operación en la planta.

A través de la presente investigación, se concluye que el análisis del índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo muestra una mayor distribución de dispersión de datos para el aceite residual de cocina mediante la gráfica de cajas en sus diferentes parámetros de índice de acidez (0.3 mg KOH/g a 3.72 mg KOH/g), densidad (0.86 g/cm³ a 0.95 g/cm³) y viscosidad (0.4mm²/s a 168.3 mm²/s).

Al contrastar los catalizadores se observa que el que tiene un mayor rango es el hidróxido de potasio (KOH) en el índice de acidez al estar entre 0.159 y 0.68 mg KOH/g, en la densidad con 0.85 g/cm³ a 0.89 g/cm³ y en la viscosidad, que abarca desde 2.2 mm²/s hasta 7.5 mm²/s. Sin embargo, el rendimiento es mayor en el NaOH, que llega hasta 93.06%. Mientras que, en los alcoholes, el metanol presenta un amplio rango en el índice de acidez al estar entre 0.159 y 0.68 mg KOH/g, la densidad con 0.87 g/cm³ hasta 0.89 g/cm³ junto a un rendimiento más alto, abarcando desde un 76.8

% hasta un 93.06 %. A diferencia del etanol que posee una mayor viscosidad contemplada entre 2.2 mm²/s a 8.6 mm²/s

La comparación de la normativa del aceite vegetal demuestra que Perú no considera parámetros que son esenciales en otros países para el control y calidad del producto, así como para evitar perjuicios a la salud. Mientras que la normativa del biodiésel se basa en normas técnicas que consideran los mismos parámetros, teniendo por un lado a Perú, Colombia y Estados Unidos con similares valores, mientras que los otros datos idénticos son los de Ecuador y Europa.

Las investigaciones más eficientes en la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina en las provincias de Lima y Trujillo fueron las que utilizaron metanol como alcohol e hidróxido de sodio como catalizador, alcanzando un rendimiento alto, con una temperatura que cercana a los 60°C en la transesterificación.

La propuesta enmarcada en la tesis consiste en el diseño de una planta de biodiésel en la urbanización San Isidro, Trujillo; enfocada en reutilizar los aceites que se generan en los restaurantes de la zona, considerando las metodologías más eficientes de los resultados previamente analizados. Además, se explica el funcionamiento y las operaciones que se lleven a cabo.

REFERENCIAS

- Acevedo, A. Z., y Posso, F. R. (2019). Una revisión técnico-ambiental de la producción de biodiésel a partir de aceite de fritura residual en Colombia. *Desarrollo e innovación en ingeniería*, 135-143. doi: doi.org/10.5281/zenodo.3387679
- Acosta, F., Castro, P y Cortijo, E. (2008). *Manual de construcción y de reactor para la producción de biodiésel a pequeña escala*. Soluciones Prácticas – ITDG.
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2021). Unconventional Oil and Natural Gas Development. <https://www.epa.gov/uog>
- Aiello Mazzarri, C., Salazar, Y., Urribarrí, A., Arenas Dávila, E., Sánchez Fuentes, J., y Ysambertt, F. (2019). Producción de biodiésel a partir de las grasas extraídas de la borra de café: esterificación con H₂SO₄ y transesterificación con KOH. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 29(1), 53-66. <https://doi.org/10.18359/rcin.2899>
- Alva, M y Cipra, P. (2015). *Estudio comparativo de los biodiesel, obtenido a partir de metanol y etanol y su adaptación a escala piloto*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/1833>
- Amwar, M., Rasul, M., Ashwath, N y Nabi, M. (2019). The potential of utilising papaya seed oil and stone fruit kernel oil as non-edible feedstock for biodiésel production in Australia—A review. *Energy Reports*. (5), 280-297. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.02.007>
- Atkins, P. y Jones, L. (2012). *Principios de química: Los caminos del descubrimiento*. Médica Panamericana.
- Baca, A. M. (2019). *Determinación de las características fisicoquímicas del aceite residual de frituras de los establecimientos de comida del mercado municipal de Huamachuco*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo.] Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13350>

- Barboza, M. (2017). Guía para el desarrollo de una investigación descriptiva. <https://www.coursehero.com/file/54969808/Gu%C3%ADa-de-investigaci%C3%B3n-descriptivapdf/>
- Bardales, A y Casas, S. (2018). Evaluación de alternativas de financiamiento para implementar una planta procesadora de biodiésel a partir de aceites usados y grasa animal, en la provincia de Chiclayo 2017. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de tesis USAT. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2156>
- Barros, X. (2015). Obtención de biodiésel a partir de aceite de cocina usado de la ENM. [Tesis de licenciatura, Universidad de Especialidades Espíritu Santo]. <http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/handle/123456789/67/Memoria%20Barros%20Pi%C3%B1ero%20Definitiva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Belalcazar, C y Rivera, S. (2016). *Diseño y construcción de una planta de biodiésel derivado de aceites reciclados de uso doméstico*. [Tesis de licenciatura, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio UPC <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4167>
- Bilbao, J y Escobar, H. (2020). Investigación y educación superior. (2a ed.). Universidad Metropolitana.
- Briones, G., Burgos, G., Rosero, E y Moreira, C. (2020). Aplicaciones de sales inorgánicas en el tratamiento de aguas residuales industriales procedente de la refinación de aceites y grasas. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 2 (7) <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/2151282005/html/>
- Bulla-Pereira, F., Sierra, E y Guerrero, C. (2014). Diseño del proceso de producción de biodiésel a partir de aceites de fritura de la Universidad Nacional de Colombia. *Ingeniería Solidaria*, 10 (17), 61-69. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.806>
- Cabrera, M. (2017). *Obtención de biodiesel a partir de aceite residual comestible utilizando alúmina como catalizador*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jorge

- Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional Digital.
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1574>
- Canaza, F. (2019). De la educación ambiental al desarrollo sostenible: desafíos y tensiones en los tiempos del cambio climático. *Revista de Ciencias Sociales*, (165), 155-172.
<https://www.aacademica.org/franklin.americo.canazachoque/9>
- Caro, J., Castellano, L., Romero, F y Ruiz, M. (2017). Generación de Biodiesel a partir de residuos de aceites, utilizando un reactor con PLC para la automatización del proceso, *Revista de Energía Química y Física*, 4(11).
https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Energia_Quimica_y_Fisica/vol4n11/Revista_de_Energ%C3%ADa_Qu%C3%ADmica_y_F%C3%ADsica_V4_N11_3.pdf
- Castillo, B. (2017). *Aprovechamiento de los desechos de aceites vegetales generados por el comedor universitario de la U.N.T. para la producción de biodiesel*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8955>
- Castillo, K. (2018). *Caracterización teórica de parámetros del biodiésel y estudio de algunas de sus emisiones*. [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Madrid.] Repositorio Universidad Politécnica de Madrid.
http://oa.upm.es/53357/1/TFG_KEVIN_CASTILLO_FERNANDEZ.pdf
- Cedrón, J., Moncada, A., y Mendoza, P. (2014). Análisis de biodiésel preparado a partir de residuos de aceite doméstico, mediante RMN. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 80 (1), p. 1
<https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/UTEC/53/1/Cedron%2c%20Torres%2c%20Juan%20Carlos.pdf>
- Chen, C., Chitose, A., Kusadokoro., M., Nie, H., Xu, W., Yang, F y Yang, S. (2021). Sustainability and challenges in biodiésel production from waste cooking oil: An advanced bibliometric analysis. *Energy Reports* (7), 4022-4034.
<https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.06.084>

- Contreras, L., López, M., Martínez, E y Villavicencio, E. (2019). Producción de biodiésel a partir de desechos de aceites a nivel de laboratorio. *Revista científica Ingeniería y Ciencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar*, 1(17). <http://revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/riyc/article/view/984/869>
- Cortés, M., Gata, E., Pipió, A., Rodríguez, A y Sánchez, M. (2019). Biocombustibles: tipos y estrategias de producción. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, (35), 6. <https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero35/Destacado-1.pdf>
- De la Cruz, C y Trujillo, C. (2017). *Obtención de biodiésel a partir de aceite comestible residual del comedor de la UNAC*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Callao.] Repositorio Institucional Digital. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3595>
- Delta, L. (2020). *Química orgánica II con enfoque en alimentos*. Medica Panamericana.
- Díaz, S y Pérez, O. (2021). Uso del biodiésel en motores de combustión interna destinados a actividades ganaderas. *Rev Cie Téc Agr.* 30(1), http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S207100542021000100007&script=sci_arttext&lng=es
- Duhram, C. (2020). Tirar grasa o aceites por el fregadero puede causar daños al sistema de alcantarillado. *La Noticia*. <https://lanoticia.com/tirar-grasa-o-aceites-por-el-fregadero-puede-causar-danos-al-sistema-de-alcantarillado/>
- El Comercio. (2017). *Reciclaje de aceite usado: estos son los puntos de acopio para entregar botellas*. <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/reciclaje-aceite-usado-puntos-acopio-botellas-miraflores-444534-noticia/>
- El Comercio. (2018). *Reciclaje: ¿Qué hacer con el aceite de cocina usado?* <https://especial.elcomercio.pe/perusostenible/reciclaje-que-hacer-con-el-aceite-de-cocina-usado/>

El Comercio. (2019). *Solicitan a Municipalidad de Lima acciones sobre desecho de aceite quemado*. <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/ministerio-publico-solicita-municipalidad-lima-acciones-desecho-aceite-quemado-restaurantes-noticia-643620-noticia/>

El Peruano. (2015). *Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-los-estandares-nacionales-de-calidad-ambiental-par-decreto-supremo-n-015-2015-minam-1325630-1/>

El Peruano. (2017). *Declaran obligatoriedad de contar con trampas de grasa en los establecimientos comerciales del distrito*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/declaran-obligatoriedad-de-contar-con-trampas-de-grasa-en-lo-ordenanza-no-379-mds-1539785-1/>

Federación Española Para el Desarrollo de Nutrición Animal. (2012). *MIU (Moisture, impurities, Unsaponifiable) Impurezas Insolubles*. http://www.fundacionfedna.org/tecnicas_de_analisis/miu-moisture-impurities-unsaponifiable-impurezas-insolubles

Físico, M. (2019). *Economía*. Editorial Editex S.A.

Flottweg. (2021). *Viscosidad dinámica (tenacidad y coeficiente de fricción interna)*. <https://www.flottweg.com/es/wiki/tecnica-de-separacion/viscosidad-dinamica/>

Gabriel, M y Pérez, L (2019). *Diseño y propuesta de un sistema de gestión de aceites vegetales usados, para la elaboración de jabones en el distrito de Santiago de Chuco - La Libertad*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Universidad Nacional. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15984>

Gallegos, D y Llanos. E. (2013). *Simulación del proceso para la obtención de biodiesel a partir de aceites usados usando datos obtenidos a nivel de laboratorio*. [Tesis de

- licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Universidad Nacional. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3449>
- García, S., Lafargue, F., Labranda., B., Díaz, M y Sanchez, A. (2018). Propiedades fisicoquímicas del aceite y biodiésel producidos de la *Jatropha curcas* L. en la provincia de Manabí, Ecuador. *Rev Cub Quim.* 30(1), 142-158. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S222454212018000100012
- Gestión. (2021). *Reclamo de Argentina podría dejar a 48,000 familias sin trabajo, advirtió Perú Palmas.* <https://gestion.pe/economia/reclamo-de-argentina-podria-dejar-a-48000-familias-sin-trabajo-advirtio-peru-palmas-nndc-noticia/?ref=gesr>
- Gestión. (2021). *Universidad Agraria crea biodiésel a partir del aceite reciclado en casa.* [https://gestion.pe/tecnologia/universidad-agraria-crea-biodiésel-con-aceite-reciclado-en-casa-noticia/](https://gestion.pe/tecnologia/universidad-agraria-crea-biodiesel-con-aceite-reciclado-en-casa-noticia/)
- Gil, A. (2015). *Estudio de viabilidad, diseño y montaje de una planta de biocombustible para el autoabastecimiento de una comunidad rural en un país en desarrollo.* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio digital UPM. <http://oa.upm.es/43847/>
- Gomez, I. (2020). *Desarrollo sostenible.* Elearning S.L.
- Gonzales, G. (2015). Valorización energética de aceites vegetales desechados para la producción catalítica heterogénea de biodiésel. [Tesis de licenciatura, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/133214>
- Guay, R. (2020). Factibilidad técnica en la elaboración de jabones en barra a partir del aceite residual de cocina. *Revista Científica Agua, Saneamiento & Ambiente*, 15(1). <http://revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/rcasa/article/view/1468>
- Hernández, L., Benitez, M y Aguiler, B. (2017). Obtención y caracterización del biodiesel a partir de aceite de *Jatropha Curcas* L. *Ciget*, 1-11. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358269004/html/>

- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>
- Herrera, J y Velez. J. (2008). *Caracterización y aprovechamiento del aceite residual de frituras para la obtención de un combustible (biodiésel)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio digital UPM. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/1059?show=full>
- Keating, D. (2018). Biocombustibles: ¿buenos o malos para el medio ambiente? *DW noticias*. <https://www.dw.com/es/biocombustibles-buenos-o-malos-para-el-medio-ambiente/a-44396078>
- Khan, H.M., Iqbal, T., Yasin, S., Irfan, M., Kazmi, M., Fayaz, H., Mujtaba, M.A., Ali, C.H., Kalam, M.A., Soudagar, M y Ullah, N. (2021). Production and utilization aspects of waste cooking oil based biodiésel in Pakistan. *Alexandria Engineering Journal* (60), 5831-5849. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.04.043>
- La República. (2019). *¿Qué sucede cuando arrojas grasas y residuos sólidos al alcantarillado?* <https://larepublica.pe/sociedad/2019/11/04/que-sucede-cuando-arrojas-grasas-y-residuos-solidos-al-alcantarillado-agua-potable-consorcio-lima-norte-lote-3/>
- Leung, D Wu, X y Leung, M. (2010). Una revisión sobre la producción de biodiésel mediante transesterificación catalizada. *Applied Energy*, (87), 1083-1095. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261909004346>
- Loayza, A y Santillán, G. (2020). *Creación de una empresa productora y comercializadora de biodiésel a base de aceites vegetales usados*. [Tesis de licenciatura, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/10189>
- López, L., Bocanegra, J., y Malagón- Romero, D. (2015). Obtención de biodiésel por transesterificación de aceite de cocina usado. *Ingeniería y Universidad*, 19(1), 7-24. doi: 10.11144/Javeriana.iyu19-1.sprq

- Mamani, E. (2017) *Obtención y caracterización de biodiesel a partir de desechos de aceite de la cocina del comedor universitario de la UNJBG, mediante transesterificación alcalina*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional Digital. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1514>
- Marchena, A. (2019). *Producción biotecnológica de biodiésel a partir de rastrojo de piña*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica.]. Repositorio Digital Initiatives <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/10139>
- Martínez, W. (2016). *Producción De Biodiesel A Partir Del Aceite Usado En Pollerías En La Urbanización Mariscal Cáceres - Distrito De San Juan De Lurigancho -2016*. [Tesis de licenciatura, Universidad privada Cesar Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/4912>
- Ministerio Del Ambiente (2018). *Ley Marco sobre Cambio Climático*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/ley-marco-cambio-climatico>
- Mollenido, P. (2017). *Reaprovechamiento de aceites usados en pollerías para la producción de biodiésel–Juliaca*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6650>
- Monsefu, Y. (2019). *Propuesta técnica para la producción de biodiesel a pequeña escala a partir de aceites usados dentro del campus de la Universidad Nacional de Piura*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2067>
- Mundo Marítimo. (2021). *Ian Taylor atiende a empresa ecuatoriana que despacha aceite usado en Isotanks Hoyer a Europa*. <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/ian-taylor-atiende-a-empresa-ecuatoriana-que-despacha-aceite-usado-en-isotanks-hoyer-a-europa>
- Muñoz, L. (2021). Lanza campaña para reciclar aceite usado y convertirlo en biocombustible. *Caracol Radio*. https://caracol.com.co/radio/2021/03/19/nacional/1616153124_664462.html

- Nnamani, R. C., Okwu, P. N., John, B. y Abayeh, O. J. (2020). Preliminary investigation of transesterified waste cooking oil (WCO) as a biodiesel. *Journal of Chemical Society of Nigeria*, 45(5). <https://doi.org/10.46602/jcsn.v45i5.515>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017). *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) Hecho 22: Agua y los biocombustibles*. <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-22-water-biofuels/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Hecho 7: Agua y biocombustibles*. <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-7-water-biofuel/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Osorio, M. (2018). *Mejora de Procesos para optimizar los volúmenes de obtención de glicerina y biodiésel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE, 2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad privada Cesar Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24359>
- Paredes, J y Vidal, M. (2017). *Diseño y construcción de una planta de producción de Biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado*. [Tesis de licenciatura, Universidad San Francisco de Quito.] Repositorio Digital. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5994>
- Pareja, R. (2020). ¿Son los biocombustibles realmente ecológicos? *Car and driver*. <https://www.caranddriver.com/es/coches/planetamotor/a33260367/biocombustibles-ecologicos-mito-o-realidad/>

- Paucar, L., Salvador, R., Guillén, J., Capa, J y Moreno, C. (2014). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 12 (3), 279 – 290. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>
- Preciado, A. (2017). *Evaluación del Aceite Reciclado de Cocina para su Reutilización*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil.] Repositorio Digital UG. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/30240/1/TESIS%20%20ANA%20GABRIELA%20PRECIADO.pdf>
- Quimis, A. (2019). *Estudio del aceite utilizado en locales de comida rápida, para su aprovechamiento en biodiésel en el casco urbano del cantón Jipijapa*. [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal del sur de Manabí.] Repositorio Digital UNESUM. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2393>
- Ramírez, H., Arteaga, H y Sich, R. (2012). Optimización del proceso de obtención de biodiésel a partir de colza silvestre (*Brassica Campestris*). *Scientia Agropecuaria*. 35 – 44. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.01.05>
- Ramírez, T. (2018). *Evaluación de las propiedades físicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles*. [Tesis de maestría, Centro De Investigación y Desarrollo Tecnológico En Electroquímica, S.C.]. CIDETEQ Repositorio. <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/369>
- Real Academia Española. (s.f.). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/biodi%C3%A9sel>
- Rico, J. (2021). El aceite de cocina usado procedente de China es la principal materia prima del biodiésel que se consume en España. *Energías renovables*. <https://www.energias-renovables.com/biocarburantes/el-aceite-de-cocina-usado-procedente-de-20210215>
- Rivera, C., Rivera, P y Rizo, J. (2015). *Desarrollo de un método analítico alternativo para la determinación del porcentaje de humedad y materia volátil en aceite vegetal de uso comestible, periodo de marzo-julio del 2015*. [Tesis de licenciatura Universidad

- Nacional Autónoma de Nicaragua, León]. Repositorio Institucional UNAM, León.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/4224>
- Rocha, J., Salazar, P y Medrano, J. (2017). Producción e impacto del biodiesel: una revisión. *INNOVA Research Journal*, 2(7), 59-76.
<https://doi.org/10.33890/innova.v2.n7.2017.229>
- Rodríguez, J., Ruiz, L., Santoyo, M y Velásquez, L. (2016). Determinación del índice de acidez y acidez total de cinco mayonesas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1 (2), 843-849.
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/10/146.pdf>
- Rodríguez, J. (2018). *Evaluación del rendimiento de obtención de biodiesel mediante el proceso de transesterificación de aceite de soja usado por el método de Superficie de respuesta*. [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana Unión.] Repositorio Institucional Digital. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1381>
- Rodríguez, K y Villanueva, L. (2011). *Producción de Biodiesel a partir de Aceite Vegetal usado en Fritura por medio de Transesterificación de Metanol*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo.] Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3356>
- Salazar, J y Valle, F. (2018). *Optimización de la concentración de etanol e hidróxido de potasio en el rendimiento y características fisicoquímicas de biodiesel de aceite de cocina usado obtenido en un prototipo automatizado*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo.] Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. <http://www.dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11898>
- Sanaguano, H. (2018). *Conversión de los aceites residuales de la industria de alimentos en biodiésel*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional Mayor De San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7315/Sanaguano_sh.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sanaguano, H., Bayas, F. y Cabrera, J. (2019). Componentes presentes en el aceite de fritura usado y determinantes previos a su conversión en biodiésel. *Rev. del Instituto de*

Investigación de la Universidad Nacional Mayor San Marcos, 22 (44), 33-38.
<http://dx.doi.org/10.15381/iigeo.v22i44.17283>

Sanchez, N y Sarmiento, D. (2016). *Propuesta de instalación de un punto de acopio de aceite de cocina usado en la zona de comidas de la plaza de mercado de Sogamoso “Sogabastos”*. [Tesis de licenciatura, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3435>

Santana, M. E., Mendivil M., Félix L. I., Ramírez M., y Cruz C. A. (2019). Composición química y calidad de la grasa contenida en frituras de maíz elaboradas y consumidas en Navojoa, estado de Sonora, México. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 21(1), 17-26. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v21n1a02>

Santiago, M. (2008). *Preparación a escala planta piloto y estudio comparativo de los biodiesel obtenidos a partir de metanol y etanol*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Callao.] Repositorio Institucional Digital.
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/408>

Suazo, B. (2017). *Economía Circular en Chile: Alcances, problemas y desafíos en la gestión de la ley REP*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146815>

Tacias, V. G., Rosales, A. y Torrestiana, B. (2016). Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(3), 303-313.
<https://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.05>

Telesurtv.net. (2021). *Conoce el estado del Protocolo de Kioto sobre cambio climático*.
<https://www.telesurtv.net/news/protocolo-kioto-cambio-climatico-estado-actual-20210215-0082.html>

Toledo, M. (2012). *Obtención de Biodiesel a partir de aceites vegetales usados*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional Digital.
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/2065>

- Uddin, M. N., Techato, K., Rasul, M. G., Hassan, N. M y Mofijur, M. (2019). Aceite de café de desecho: una fuente prometedora para la producción de biodiésel, *Energy Procedia* (160), 677-682. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.221>
- Vértiz, L. (2009). *Análisis técnico y económico sobre producción, almacenamiento y transporte de biodiesel en Perú*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1279>
- Villadiego, M., Roa, Y y Benítez, L. (2015). Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiésel. *Luna Azul*, (40), 25-34. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.40.3>
- Yusuff, A y Owolabi, J. (2019). Synthesis and characterization of alumina supported coconut chaff catalyst for biodiésel production from waste frying oil. *South African Journal of Chemical Engineering* (30), 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2019.09.001>
- Zavaleta, L, y Suavo, J. (2016). Obtención de Biodiésel por transesterificación Alcalina a partir de Aceites Vegetales Residual en Lima. *TECNIA*, 26(1), 107- 114. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v26i1.116>

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia.

TÍTULO: “Índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo. 2020.”

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
¿Cuál es el índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo 2020?	Implícita	GENERAL: Analizar el índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel teniendo como base resultados de investigación.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Aceite residual	Tipo de investigación: Descriptiva Diseño: No experimental-transversal Técnica: Análisis documental Instrumento: Base de datos comparativa. Método de análisis de datos:	POBLACIÓN Investigaciones sobre índices de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en Perú.
		ESPECÍFICOS: Comparar los catalizadores y alcoholes empleados en la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo.	VARIABLE DEPENDIENTE: Biodiésel	Gráfico caja de bigotes, empleando el programa estadístico SPSS en su versión gratuita IBM 25	MUESTRA 15 investigaciones sobre índices de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo
		Realizar una comparación de la normativa del aceite vegetal y el biodiésel a nivel nacional e internacional.			
		Determinar las investigaciones más			

eficientes en la producción de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina en las provincias de Lima y Trujillo.

Proponer el diseño de una planta de producción de biodiésel a partir de aceite vegetal reciclado en la urbanización San Isidro.

ANEXO 2. Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: “Índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo. 2020.”					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE: Biodiésel	El biodiésel es definido como la mezcla de éster monoalquílico de ácido graso derivadas de la alimentación de lípidos reticulables, tales como aceite vegetal o grasa de animal (Sanaguano, 2018).	Se realizó una búsqueda de investigaciones del biodiésel a partir de aceite residual de cocina en repositorios de universidades y sitios web científicos como Google académico, Alicia y Scielo, teniendo como ubicación espacial las provincias de Lima y Trujillo.	Parámetros fisicoquímicos	Densidad Viscosidad Índice de acidez Rendimiento	Intervalo Intervalo Ordinal Ordinal
VARIABLE INDEPENDIENTE: Aceite Residual	Es el resultado de los complejos procesos de degradación de aceites debido a las altas temperaturas, el cual tiene un aumento de la formación de compuestos tóxicos, tales como polímeros, monómeros de ácidos grasos y compuestos polares (Sanaguano, 2018).	Se realizó una búsqueda de investigaciones del aceite residual de cocina reutilizado para producir biodiésel en repositorios de universidades y sitios web científicos como Google académico, Alicia y Scielo, teniendo como ubicación espacial las provincias de Lima y Trujillo.	Parámetros fisicoquímicos	Índice de acidez Densidad Viscosidad	Ordinal Intervalo Intervalo

ANEXO 3. Matriz de instrumento

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	OPCIÓN DE RESPUESTA				
				Nunca	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
VARIABLE DEPENDIENTE: BIODIÉSEL	Parámetros físicos-químicos	Densidad	¿Es adecuado medir la densidad en esta investigación?				X	
		Viscosidad	¿Se encuentra la viscosidad abalada por la Norma Técnica Peruana 321.125:2008?					X
		Índice de acidez	¿El índice de acidez se encuentra avalado por la Norma Técnica Peruana 321.125:2008?					X
		Rendimiento	¿Es necesario medir el rendimiento en los trabajos científicos?				X	
VARIABLE INDEPENDIENTE: ACEITE RESIDUAL	Parámetros químicos	Índice de acidez	¿El índice de acidez se encuentra avalado por la Norma Técnica Peruana 209.001:1983?				X	
		Densidad	¿Es adecuado medir la densidad en el trabajo científico?					X
		Viscosidad	¿Se adecuado medir la viscosidad en esta investigación?				X	

ANEXO 4. Índice de los parámetros fisicoquímicos del aceite residual y del biodiésel
Tabla 5
Índice de los parámetros fisicoquímicos del aceite residual y del biodiésel

N°	Autor	Alcohol	Catalizador	Año	Resultados del aceite residual			Resultados del biodiésel			
					Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (mm ² /s)	Índice de acidez (mgKOH/g)	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (mm ² /s)	Índice de acidez (mgKOH/g)	Rendimiento (%)
1	Herminda Sanaguano Salguero	Metanol	NaOH	2018	0.920	-	3.15	0.88	5.06	-	93.06
2	Zavaleta, L, y Suavo, J.	Metanol	KOH	2016	0.900	5.68	0.3	0.886	5.5	0.68	85.97
3	Cedrón, J., Moncada, A., y Mendoza, P.	Etanol	KOH	2014	0.906	168.3	-	0.869	7.5	1.7	78
4	Cabrera, M.	Etanol	KOH	2017	0.864	9.44	0.312	0.85	2.2	-	71.2
5	Toledo, M.	Metanol	NaOH	2012	0.920	-	0.445	0.875	4.49	0.298	93
6	Martínez, W	Metanol	KOH	2016	0.925	-	2.65	0.878	5.52	0.488	-
7	Osorio, M.	Metanol	NaOH	2018	0.95	0.412	1.55	0.876	1.85	0.36	-
8	De la Cruz, C y Trujillo, C.	Metanol	NaOH	2017	0.816	75.9	-	0.87	4.82	0.47	87
9	Santiago, M.	Etanol	KOH	2008	0.918	-	0.65	0.86	4.96	-	-
10	Rodríguez, J.	Etanol	CaO	2018	0.866	54.8	-	-	8.6	-	60.9

Nota. Resultados de las diferentes investigaciones empleados en la gráfica de cajas.

11	Salazar, J y Valle, F	Metanol	NaOH	2018	0.910	42.25	2.15	-	2.24	0.3	-
12	Alva, M y Cipra, P.	Metanol	NaOH	2015	0.918	-	0.65	-	4.8	-	80
13	Rodríguez, K y Villanueva, L.	Metanol	NaOH	2011	0.917	92.5	0.84	0.885	6.92	-	76.8
14	Castillo, B	Metanol	KOH	2017	0.937	-	0.35	0.975	3.2	0.18	81.12
15	Gallegos, D y Llanos. E.	Metanol	KOH	2013	0.875	92.5	3.72	0.88	5.953	0.159	88

ANEXO 5. Base de datos para el software SPSS

Nº	Variable	Índice de acidez	Densidad	Viscosidad
1	Aceite residual	3,150	0,920	-
2	Aceite residual	0,300	0,900	5,68
3	Aceite residual	-	0,906	168,3
4	Aceite residual	0,312	0,864	9,44
5	Aceite residual	0,445	0,920	-
6	Aceite residual	2,650	0,925	-
7	Aceite residual	1,550	0,95	0,412
8	Aceite residual	-	0,816	75,9
9	Aceite residual	0,650	0,918	-
10	Aceite residual	-	0,866	54,8
11	Aceite residual	2,150	0,91	42,25
12	Aceite residual	0,650	0,918	-
13	Aceite residual	0,840	0,917	92,5
14	Aceite residual	0,350	0,937	-
15	Aceite residual	3,720	0,875	92,5
16	Biodiésel	-	0,88	5,06
17	Biodiésel	0,680	0,886	5,5
18	Biodiésel	1,700	0,869	7,5
19	Biodiésel	-	0,85	2,2
20	Biodiésel	0,298	0,875	4,49
21	Biodiésel	0,488	0,878	5,52
22	Biodiésel	0,360	0,877	1,85
23	Biodiésel	0,470	0,870	4,82
24	Biodiésel	-	-	4,96
25	Biodiésel	-	-	8,6
26	Biodiésel	0,300	-	2,24
27	Biodiésel	-	-	4,8
28	Biodiésel	-	0,885	6,92
29	Biodiésel	0,180	0,975	3,2
30	Biodiésel	0,159	0,88	5,953

ANEXO 6: Norma Técnica Peruana 209.001:1983 (NTP 209.001:1983) Revisado 2012.
Aceites y vegetales comestibles. Definiciones y requisitos generales

Parámetros	Unidades	NTP 209.001.1983
Índice de acidez	%	<0.2
Índice de peróxido	meqO ₂ /kg	<5
Aceite mineral	Exento de aceite de origen mineral	
Resistencia al frío (aplicable solo para aceites winterizados)	°C	Min 5 horas a 0°C
Humedad	%	<0.1

ANEXO 7: Resolución Ministerial 0002154. Características de calidad para aceites vegetales en Colombia

Requisitos	Máximos
Humedad y Material volátil	0.20%
Impurezas insolubles	0.05%
Contenido de jabón	Negativo
Índice de peróxidos miliequivalentes de oxígeno activo / kg de aceite	
Aceites refinados en planta	1
Aceites refinados fuera de la planta	5
Aceites prensados en frío y vírgenes	<20
Acidez	0.10%

ANEXO 8: Norma Técnica Ecuatoriana Instituto Ecuatoriano de Normalización 34:2012. (NTE INEN 34:2012) Segunda revisión. Especificación de los aceites vegetales comestibles en Ecuador

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Acidez libre (como ácido oleico)	%	-	0.2	NTE INEN 38
Pérdida por calentamiento	%	-	0.05	NTE INEN 39
Índice de refracción a 25°C	-	1.454	1.476	NTE INEN 42
Índice de peróxido	meqO ₂ /kg	-	10	NTE INEN 277

ANEXO 9: Comisión Venezolana de Normas Industriales 30:1997. (COVENIN 30:1997)
Aceites Vegetales Comestibles. Norma General

Característica	Límite		Método de ensayo
	Mín.	Máx	
Densidad relativa 20°C	0.8969	0.926	COVENIN 703
25°C	1.463	1.476	
Índice de refracción	40°C	1.457	COVENIN 702
	60°C	1.441	
Índice de saponificación g KOH/kg	180	210	COVENIN 323
Índice de Yodo	56	145	COVENIN 324
Materia Insaponificable (g/kg)		20	COVENIN 326

Característica		Requerido	Método de ensayo
		Máximo	
Color	Aceites Refinados	Rojo 3 Amarillo 30 Lovibond Cubeta 13.34	COVENIN 1191
		Aceites Vírgenes	
Acidez libre	Aceites Vírgenes	2	COVENIN 325
% como ácido oleico	Aceites Refinados	0.1	
Índice de peróxido (meq O ₂ /kg)		En planta 2 En mercado 5	COVENIN 508

ANEXO 10: Norma Técnica Peruana 321.125:2008. Especificaciones Técnicas Biodiésel

Propiedad	Método de Ensayo (a)	Biodiesel B100	Unidades
Contenido de calcio y magnesio, combinado	EN 14538	5 Máx.	ppm ($\mu\text{g} / \text{g}$)
Punto de inflamación. (Copa cerrada)	ASTM D 93	93 min.	$^{\circ}\text{C}$
Control de Alcohol (uno de los siguientes debe ser cumplido:)			
1. Contenido de Metanol	EN 14110	0,2 Máx.	% volumen
2. Punto de inflamación	ASTM D 93	130,0 min.	$^{\circ}\text{C}$
Agua y sedimento	ASTM D 2709	0,050 Máx.	% volumen
Viscosidad cinemática a 40 $^{\circ}\text{C}$	ASTM D 445	1,9 – 6,0 (b)	mm^2/s
Ceniza sulfatada	ASTM D 874	0,020 Máx.	% masa
Azufre (c)	ASTM D 5453	0,0015 Máx. (15)	% masa (ppm)
Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D 130	N $^{\circ}$ 3	
Número Cetano	ASTM D 613	47 min.	
Punto nube	ASTM D 2500	Reportar (d)	$^{\circ}\text{C}$
Residuo de carbón (e)	ASTM D 4530	0,050 Máx.	% masa
Número acidez	ASTM D 664	0,50 Máx.	Mg KOH / g
Glicerina libre	ASTM D 6584	0,020 Max.	% masa
Glicerina total	ASTM D 6584	0,240 Máx.	% masa
Contenido de fósforo	ASTM D 4951	0,001 Máx	% masa
Temperatura de destilación. Temperatura del 90% de recuperado equivalente a presión atmosférica.	ASTM D 1160	360 Máx.	$^{\circ}\text{C}$
Contenido de sodio y potasio, combinado	EN 14538	5 Máx.	ppm ($\mu\text{g} / \text{g}$)
Estabilidad a la oxidación	EN 14112	3 min.	horas

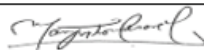
ANEXO 11: Comparación de la normativa del biodiésel a nivel nacional e internacional

		Comparación de la normativa del Biodiésel					
		Sudamérica				América	Europa
Parámetros	Unidades	Colombia	Ecuador	Perú	Venezuela	Estados Unidos	EN 14214
		NTC 544	NTE INEN 2482:2009/ ENMIENDA	NTP 321.125:2008	-	ASTM D6751	
Contenido de calcio y magnesio, combinado	Ppm (ug/g o mg/kg)	5 Máx	5 Máx	5 Máx		5 Máx	5 Máx
Punto de inflamación (Copa cerrada)	°C	-	-	93 Mín		93 Mín	-
Control de alcohol: Contenido de metanol	% m/m°C	0.2 Máx	0.2 Máx	0.2 Máx		0.2 Máx	0.2 Máx
Punto de inflamación		120 Mín	120 Mín	130 Mín		130 Mín	101 Mín
Agua y sedimentos	% volumen		0.05 Máx	0.05 Máx		0.005 Máx	0.05 Máx
Viscosidad cinemática a 40°C	mm ² /s	1.9 - 6	3.5-5	1.9-6	Norma ASTM D6751 o EN 14214	1.9 - 6	3.5 - 5
Cenizas sulfatadas	% masa	0.02 Máx	0.02 Máx	0.02 Máx		0.002 Máx	0.02 Máx
Corrosión a lámina de cobre		clase 1	3 Máx	3 Máx		3 Máx	clase 1
Número de cetano		47 Mín	49 Mín	47 Mín		47 Mín	51 Mín
Residuo de carbón	% masa	0.3 Máx	0.05 Máx	0.05 Máx		0.05 Máx	0.3 Máx
Número de acidez	mgKOH/g	0.5 Máx	0.5 Máx	0.5 Máx		0.5 Máx	0.5 Máx
Glicerina libre	% masa	0.02 Máx	0.02 Máx	0.02 Máx		0.02 Máx	0.02 Máx
Glicerina total	% masa	0.25 Máx	0.25 Máx	0.24 Máx		0.24 Máx	0.25 Máx
Contenido de fósforo	% masa	0.001 Máx	0.001 Máx	0.001 Máx		0.001 Máx	0.001 Máx
Temperatura de destilación	°C	360 Máx	360 Máx	360 Máx		360 Máx	-

Contenido de sodio y potasio, combinado	ppm (ug/g o mg/kg)	5 Máx	-	5 Máx	5 Máx	5 Máx
Estabilidad a la oxidación	Horas	6 Min	6 Min	3 Min	-	3 Min
Contenido de Ésteres métilicos de ácidos grasos (FAME)	%m/m	96.5 Min	96.5 Min	96.5 Min	-	96.5 Min
Contenido de agua	ug/g o mg/kg	500 Máx	500 Máx	500 Máx		500 Máx
Contaminación total	%m/m	24 Máx	Reportar	24 Máx	24 Máx	24 Máx
Contenido de monoglicéridos totales	%m/m	0.8 Máx	0.4 Máx	0.7 Máx	-	0.8 Máx
Contenido de diglicéridos	%m/m	0.2 Máx	0.1 Máx	0.2 Máx	-	0.2 Máx
Contenido de triglicéridos	%m/m	0.2 Máx	0.1 Máx	0.2 Máx	-	0.2 Máx
Punto de nube	°C	Reportar	Reportar	Reportar	3-12	-
Densidad a 15°C	Kg/m ³	860-900	860-900	Reportar	870-890	860-900

ANEXO 12: Formato de valoración de expertos

1. Título de la propuesta: Diseño de una planta de producción de Biodiésel a partir de aceite vegetal reciclado en la urbanización San Isidro				
2. Nombres y apellidos del estudiante o estudiantes: Jose Alfredo Zarate Gamarra				
3. Nombres y apellidos del evaluador: Mary Flor Césare Coral Especialidad: Mtra. En Química				
4. Sede: Trujillo – San Isidro	5. Carrera: Ingeniería Ambiental	6. Facultad: Ingeniería		
7. Resumen ejecutivo de la investigación: Los residuos de aceite proveniente de las cocinas de los restaurantes de San Isidro pueden ser aprovechados como base para la elaboración de Biodiésel. En esta propuesta se realiza el estudio del diseño de una planta de biocombustible, mediante el aceite residual, contemplando los recursos que se necesiten para su implantación y operación. Se utilizó la técnica de la transesterificación, cuya finalidad es transformar el aceite en biodiésel crudo empleando la mezcla de Metanol en presencia de Hidróxido de Sodio, produciendo Biodiésel y Glicerol. El proyecto cuenta con una guía con los detallada para el adecuado funcionamiento de la planta de biodiésel y un plan de reciclaje del aceite utilizado de los restaurantes, provocando un impacto positivo en el medioambiente.				
8. Criterios a valorar de la propuesta				
CRITERIOS	INDICADORES	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		Si	No	
Alcance	Objetivos	Si		
	Localización	Si		
Plan de trabajo	Insumos y suministros	Si		
	Diseño de la planta de biodiésel	Si		
	Etapas de la operación de la planta	Si		
	Tiempos de operación	Si		
Tabla de Costos	Modelamiento 3D de la planta	Si		
	Costos de equipos	Si		
	Costos de insumos	Si		
	Costos de los servicios	Si		
EVALUACIÓN: resultados, comentarios, recomendaciones, etc. (párrafo máximo de 200 palabras)				
La propuesta, está bien fundamentada. Cumple con todos los ítems requeridos.				



Firma y Sello del evaluador.

ANEXO 13: Propuesta del diseño de una planta de producción de Biodiésel a partir de aceite vegetal reciclado en la urbanización San Isidro

1. Resumen

Los residuos de aceite proveniente de las cocinas de los restaurantes de San Isidro pueden ser aprovechados como base para la elaboración de Biodiésel. En esta propuesta se realiza el estudio del diseño de una planta de biocombustible, mediante el aceite residual, contemplando los recursos que se necesiten para su implantación y operación. Se utilizó la técnica de la transesterificación, cuya finalidad es transformar el aceite en biodiésel crudo empleando la mezcla de Metanol en presencia de Hidróxido de Sodio, produciendo Biodiésel y Glicerol. El proyecto cuenta con una guía con los detallada para el adecuado funcionamiento de la planta de biodiésel y un plan de reciclaje del aceite utilizado de los restaurantes, provocando un impacto positivo en el medioambiente.

2. Antecedentes

El proyecto de Belalcazar y Rivera (2016) tuvo la finalidad de diseñar y construir una planta en el que se convierta el aceite reciclado de uso doméstico en Biodiésel. Para el funcionamiento de este, se siguió paso a paso el método del PMI® correspondiente a la Gerencia de Proyectos. Para poder reducir el impacto que ocasiona el desecho de aceite utilizado de las casas y restaurantes en el alcantarillado, se busca transformar este elemento en combustible de origen vegetal mediante el diseño de la planta objeto de este proyecto.

Mientras que Paredes y Vidal (2017) afirman que los residuos de aceite de las cocinas de la Universidad San Francisco de Quito pueden ser aprovechados como base para la producción de Biodiésel. En su proyecto se diseña y construye una planta de procesamiento de Biodiésel cuyo producto sea apto para el uso inmediato en el transporte universitario. La transesterificación, es el proceso químico base que transforma el aceite en biodiésel crudo utilizando la mezcla de Metanol en presencia de Hidróxido de Sodio, produciendo Biodiésel y Glicerol. La planta posee tanques

construidos en acero rolado en frío y acero inoxidable 304, acompañados de un tablero eléctrico desde donde se controla la temperatura y procesamiento de cada lote. El análisis del producto final se lleva a cabo mediante cromatografía de capa fina, donde se obtiene un coeficiente de 0.835 demostrando la existencia de Biodiésel en la muestra. La capacidad energética del biocombustible producido es de 40.05 [MJ/kg]. Al final se define una productividad de 93% de la planta, concluyendo que la planta posee un desempeño óptimo durante el procesamiento. Se realiza un análisis económico local y a nivel mundial, en el cual se demuestra el beneficio de utilizar el biodiésel, reemplazando al combustible a base de materia fósil.

Por último, Gil (2015) realiza el estudio de viabilidad, diseño y montaje de una planta de biocombustible, a partir de aceite reciclado, teniendo en cuenta los recursos necesarios para su implantación y operación. La idea de construir una planta de biodiésel incluye varios objetivos: en primer lugar, los biocombustibles son un gran ayudar a la creciente demanda de energía y la dependencia de los combustibles fósiles, el segundo El objetivo es dar otra forma de desarrollo para las personas más pobres, más específicamente una Cooperativa rural de Guatemala. Además, los biocombustibles son un beneficio ambiental. El método de elaboración de biodiésel consiste en la transesterificación de aceite vegetal reciclado. La planta tendrá una producción semanal de 1600 litros de biodiésel que permitiría a la cooperativa la obtención de biocombustible destinado para el autoconsumo. Los resultados sugieren que la planta de biocombustible tendrá una gran rentabilidad para los siguientes 10 años de producción previstos, con más de 14000 € ahorros por año.

3. Marco legal

El Perú cuenta con la siguiente base legal en relación a los biocombustibles:

- Ley N° 28054 - Ley de Promoción del mercado de Biocombustibles
- Reglamento de la Ley N° 28054, aprobado por Decreto Supremo N° 013 2005- EM
- Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, aprobado mediante Decreto Supremo N° 021-2007-EM

- Resolución Ministerial N° 165-2008-MEM-DM
- Resolución del Director Ejecutivo N° 014-2007
- Resolución Directoral N° 243-2008-EM/DGH
- Resolución Ministerial N° 515-2009-MEM-DM

4. Objetivos

4.1.Objetivo general

- Proponer el diseño de una planta de producción de Biodiésel a partir de aceite vegetal reciclado en la urbanización San Isidro

4.2.Objetivos específicos

- Delimitar el área de estudio mediante un mapa para identificar los restaurantes participantes.
- Establecer especificaciones técnicas básicas para el funcionamiento de la planta de biodiésel.
- Realizar un modelado geométrico de la planta en segunda y tercera dimensión.

5. Localización

El proyecto estará localizado en la urbanización San Isidro ubicado en el distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento La libertad, en Perú. El objetivo de establecer la propuesta en este lugar, es porque la materia prima se obtendrá de restaurantes ubicados en esta zona, el transporte de materia prima y la distribución del producto será más económica y además se puede contar con los respectivos permisos para la producción.

6. Plan de trabajo

6.1.Plan de recogida del aceite

El recojo del aceite será realizado por un operario que concurrirá a los distintos puntos de recojo en la urbanización San Isidro, dependiendo del número

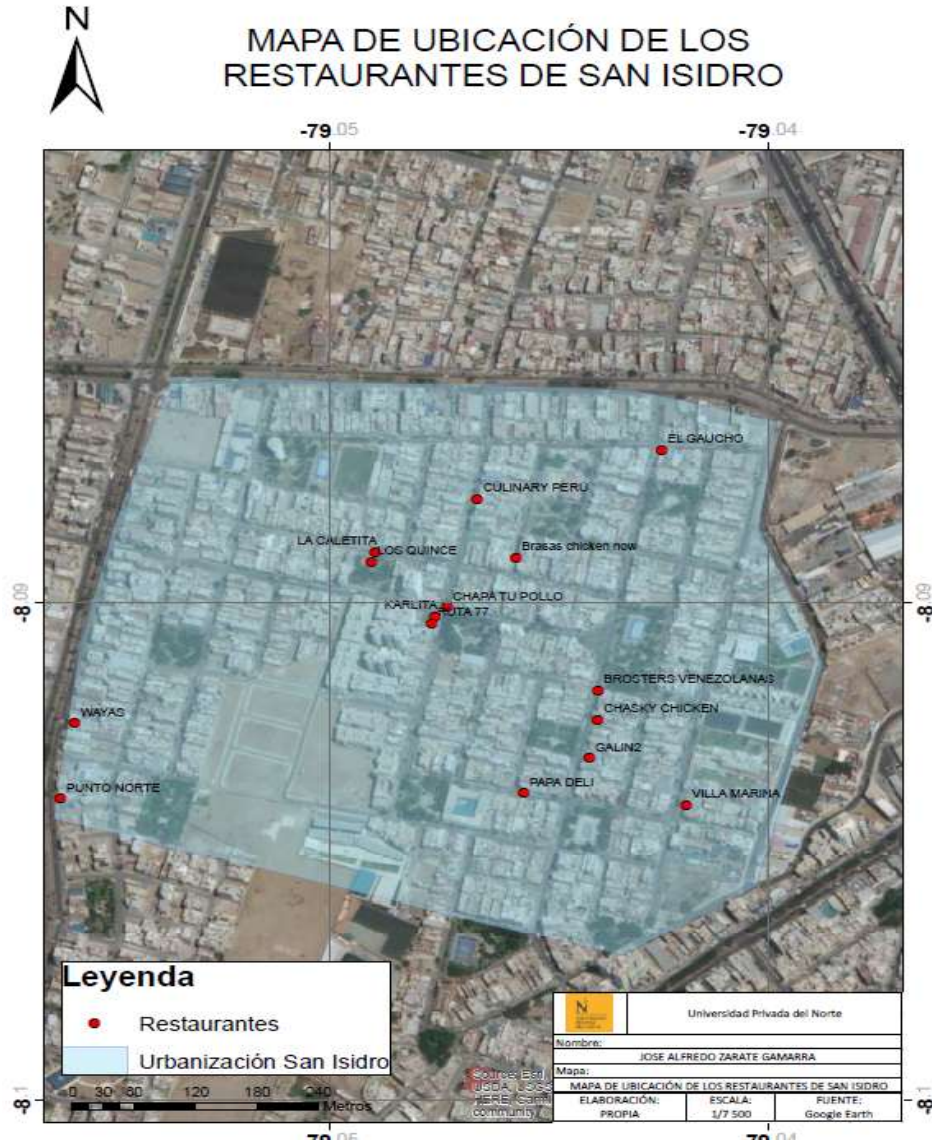
de restaurantes con los que se pueda lograr un acuerdo. La materia prima esencial del proceso es el aceite, para ello es de vital importancia tener una cantidad de suministradores que sean estables, que abastezcan a la planta de producción de biodiésel con los litros de aceite necesarios para una generación de biocombustible continua.

Los abastecedores principales de la mayor parte de aceite son los restaurantes, de la ciudad de San Isidro, el método de recogida de aceite es por medio de contenedores situados en los locales para así lograr tener un acceso a la entrega del aceite usado. En principio esto genera un escenario benéfico debido a que los restaurantes se logran desprender del residuo sin arrojarlo al alcantarillado o trasladarlo a algún centro de acopio que no existe en zonas aledañas (Gil, 2015).

Dentro de la urbanización San Isidro en un área de 0.38 km², existen alrededor de 15 restaurantes, representados en la siguiente figura:

Figura 14

Mapa de ubicación de los restaurantes de San Isidro



Esta cantidad viene a ser los restaurantes registrados, en los que se emplean cantidades considerables de aceite. El recojo de los contenedores de aceite se lleva a cabo durante un periodo determinado, teniendo en cuenta el local y las cantidades de aceite que se utilicen. Para efectuar el itinerario de recogida de este residuo, se necesitará la disponibilidad de un vehículo, de preferencia camioneta, que puede ser alquilado. (Gil, 2015).

Asimismo, se busca el diseño de contenedores rotulados individuales para cada restaurante, así como un contenedor principal para recoger el aceite del rubro restaurantero. Los contenedores individuales: Debe tener un embudo para filtrar el aceite, capacidad mínima de 2 litros y ser transparente para observar el volumen. Mientras que el contenedor principal tendrá forma cilíndrica y contará con una capacidad de 0.098 m³ el equivalente a 98,17 litros y una masa de 89,76 kilogramos (Caneca de 100 litros), tener un filtro, agarradera, llave con diámetro de una pulgada y un fondo falso para retención de partículas (Sanchez y Sarmiento, 2016). Después de recoger el aceite en el contenedor principal, se procederá a llevarlo a la planta de producción de biodiésel.

6.2. Insumos y suministros

6.2.1. Aceites vegetales usados

Según Sanaguano (2018) el aceite residual es el resultado de los complejos procesos de degradación de aceites debido a las altas temperaturas, el cual tiene un aumento de la formación de compuestos tóxicos, tales como polímeros, monómeros de ácidos grasos y compuestos polares. Mientras, que, para López et al. (2015) este residuo es una sustancia obtenida de material vegetal empleado en la preparación de alimentos siendo el mayor generador las cadenas de restaurantes. Actualmente, la reutilización de aceites está en apogeo por ser considerado un residuo como materia prima de bajo costo que al usarse evita una degradación ambiental (Acevedo y Posso, 2019).

6.2.2. Catalizadores

En base a la excesiva lentitud de la reacción de la transesterificación, es obligatorio la aplicación de un catalizador que ocasione una mayor velocidad en la reacción: posibilitando la transformación de los

triglicéridos presentes en el aceite residual en ésteres alquílicos. Los catalizadores que mayormente son empleados son: homogéneos básicos, homogéneos ácidos, heterogéneos o enzimáticos

A nivel industrial los catalizadores homogéneos básicos son los más utilizados ya que permiten alcanzar velocidades de reacción altas operando bajo condiciones moderadas de presión y temperatura. Dentro de los catalizadores básicos homogéneos más utilizados se encuentran el hidróxido de potasio (KOH) y el hidróxido de sodio (NaOH).

Tanto el NaOH como el KOH pueden ser utilizados indistintamente en el proceso de obtención de biodiésel que será descrito a continuación, siendo el NaOH más económico de los dos, más puro y por lo tanto se requiere menos cantidad de catalizador en comparación con el KOH. Escogiéndose al hidróxido de sodio como catalizador (Paredes y Vidal, 2017).

6.2.3. Alcoholes

Los alcoholes que más han sido empleados son el metanol y el etanol (en menor medida), aunque también existen otros alcoholes que se pueden utilizar como los de cadena larga (propanol, butanol e isopropanol). Sin embargo, el inconveniente que presentan es un costo mucho mayor.

En el momento de elegir entre metanol y etanol se debe contemplar algunos aspectos. Ambos alcoholes son de carácter tóxico, por lo tanto, se deben tomar las prevenciones necesarias para su adecuada manipulación.

Una de las ventajas del metanol es que tiene mejor capacidad al momento de almacenar el Biodiésel y puede reaccionar con triglicéridos de manera rápida y disolver el catalizador alcalino en el de manera rápida. Finalmente se opta por la utilización de metanol para el proceso de titulación y posteriormente para la preparación del metóxido (Paredes y Vidal, 2017).

6.2.4. Energía

El funcionamiento de bombas, paneles de control, motores, resistencias eléctricas, entre otros equipos realizan determinados procesos en los que requieren el empleo de energía eléctrica

6.2.5. Agua

El abastecimiento de agua es imprescindible para el proceso de lavado del biodiésel.

6.3. Diseño de la planta de biodiésel

6.3.1. Parámetros de diseño

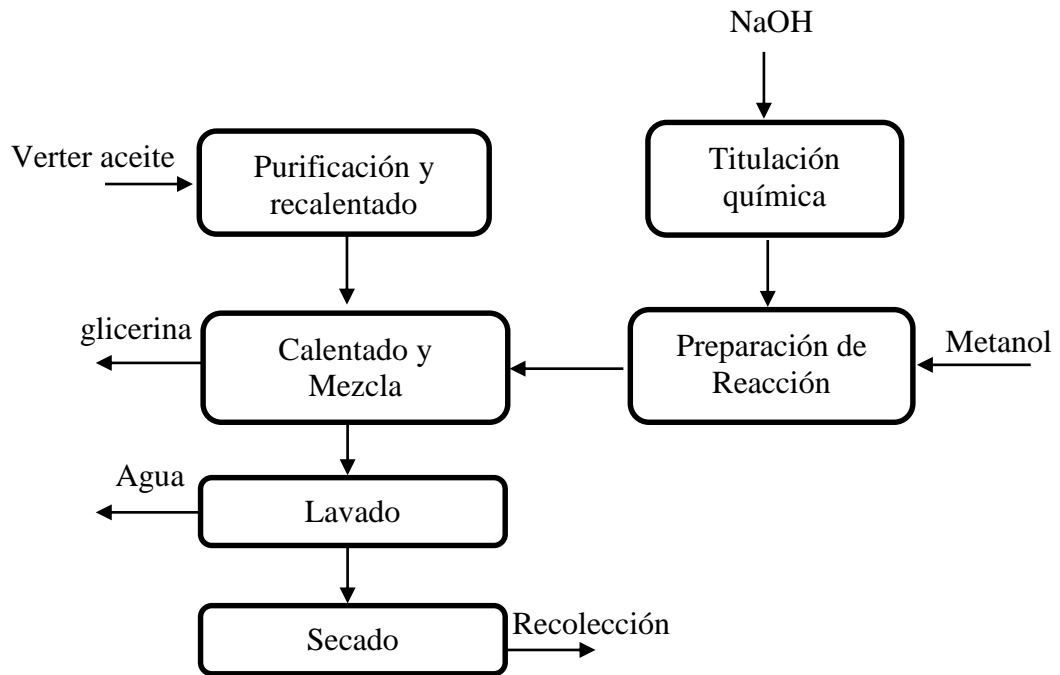
La planta de biodiésel debe cumplir con ciertos procesos, es por eso que para su elaboración se adaptó el diseño de la tesis de Paredes y Vidal (2017). En la obtención del combustible se emplean diferentes temperaturas que tienen que estar bajo control para asegurar un resultado de calidad. Es de carácter obligatorio que la planta maneje materiales que no afecten las propiedades físico químicas de la materia prima, así como del producto final.

El producto residual de la planta es el glicerol y el agua. El primero es una sustancia química que tiene la capacidad de ser reciclado en diferentes ámbitos. Mientras que, para el segundo, es obligatorio deshacerse del agua que ha estado en contacto con el biodiésel, puesto que tiene una toxicidad que no permite su reutilización.

La seguridad industrial a lo largo del proceso debe estar garantizada, ya que las sustancias que se emplean para la producción del biodiésel son tóxicas y nocivas para la salud. El siguiente diagrama define los procesos a continuación, simplificando el funcionamiento de la planta.

Figura 15

Diagrama de proceso de la Planta de Biodiésel

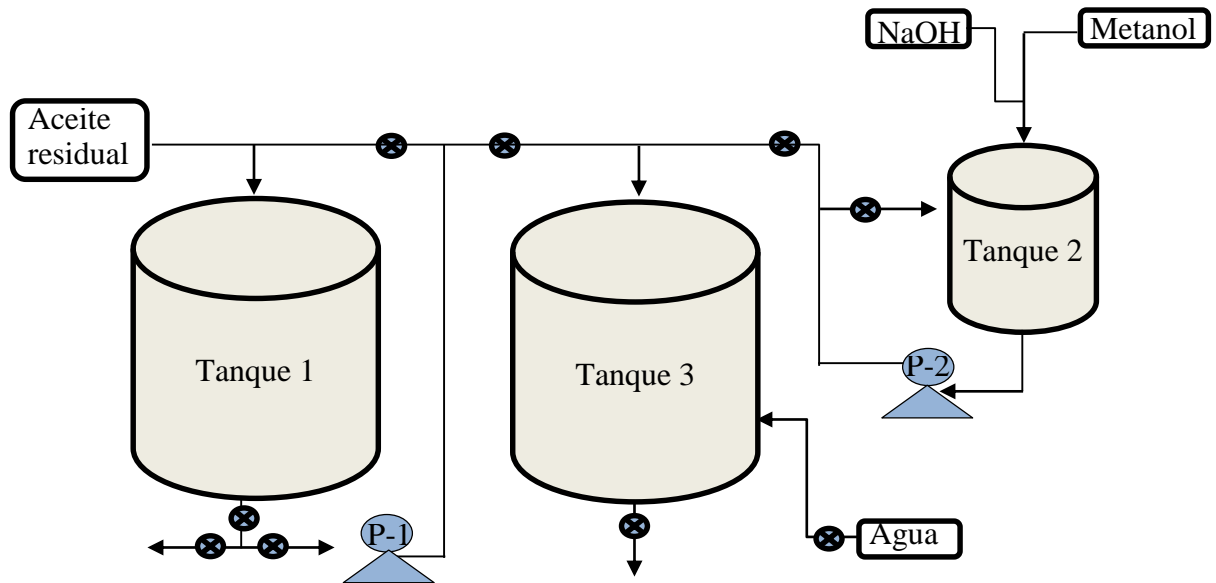


Nota. Adaptación del diagrama de proceso de la planta de biodiésel de Paredes y Vidal (2017).

En base al diagrama se establece que el diseño de la planta tiene que poseer esencialmente tanques de almacenamiento construido a partir de materiales que tengan la capacidad de mantener las propiedades iniciales de los diferentes elementos que intervienen en el proceso, en tanto, el transporte de los líquidos se llevará a cabo mediante el diseño de tuberías PVC de ½ pulgada. También, se tienen que usar bombas de transporte suficientes de soportar las temperaturas.

Figura 16

Diagrama de proceso general de la planta de Biodiésel



Nota. Adaptación del diagrama de proceso general de la planta de biodiésel de Paredes y Vidal (2017).

6.3.2. Descripción de equipos

Tanque de almacenamiento de aceite (T1): tanque al cual va directamente el aceite recolectado de los diferentes restaurantes para su pretratamiento, posee una capacidad de 100 litros.

Tanque de químicos (T2): tanque en el que se realiza la mezcla del catalizador y el alcohol. Este tanque cuenta con un motor eléctrico que permite accionar una hélice o agitador con una capacidad de 20 litros.

Tanque de procesamiento (T3): es el reactor en sí mismo donde se da lugar el proceso de transesterificación. Este tanque cuenta con un controlador de la temperatura del fluido que permite la regulación de la temperatura. Además, su capacidad es de 100 litros.

Tuberías: permiten la conexión entre los distintos equipos. Están fabricadas en PVC

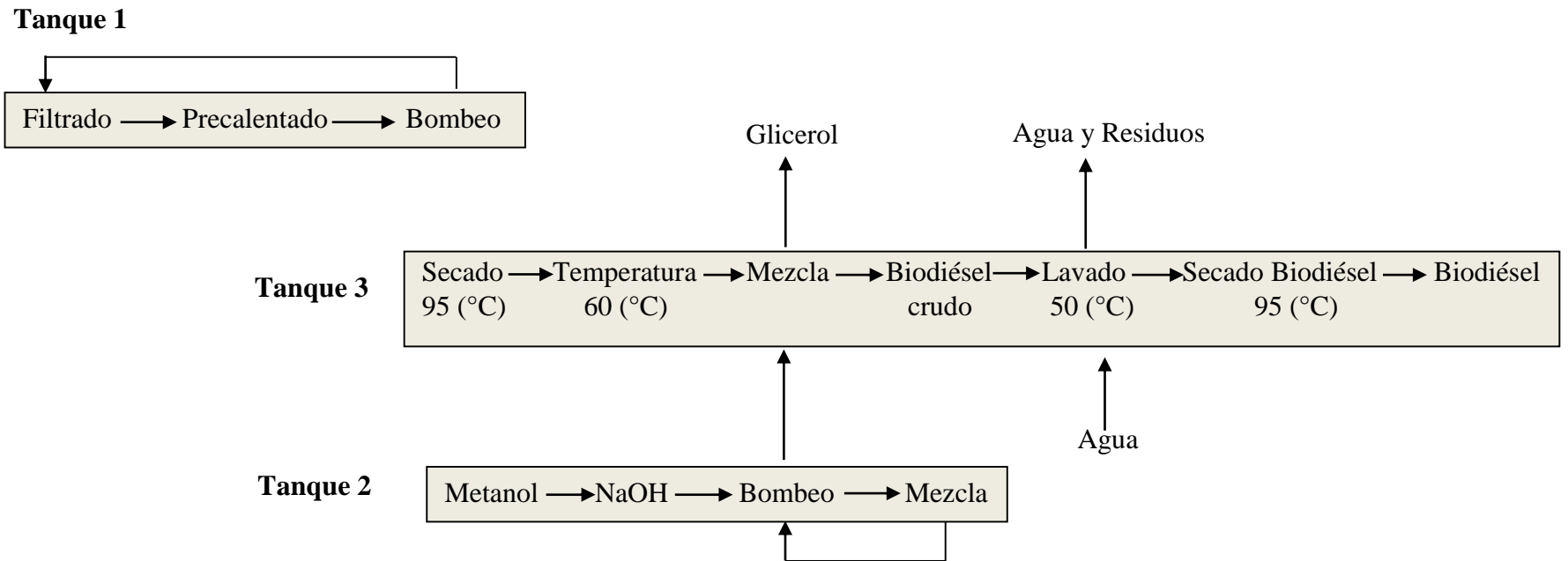
Tablero: consta de un contactor, siendo el que energiza el sistema luego de activarse a través de una llave de comando. Posee dos controladores de temperatura programables, cada una con luces de encendido (color verde) y de alarma (color rojo), los cuales están conectados a relés de estado sólido para permitir el paso de corriente a las niquelinas. Empleando un transformador, se activan dichos relés de estado sólido. La medición de la temperatura se da mediante termocuplas tipo K.

Bombas y motores: el sistema consta también de dos motores M-1 y M-2 y dos bombas, P-1 (35W >20L/Min), y bomba P-2 (35W con capacidad de 20L/Min). La bomba P-2 posee un filtro interno de acero inoxidable. Es de vital importancia esclarecer que las bombas, así como los motores tienen luz de encendido (color verde) y apagado (color rojo).

Asimismo, es necesario el esquema general de la planta, para entender su funcionamiento, así como la distribución de los equipos necesarios para el diseño de la planta de biodiésel en la urbanización San Isidro.

Figura 17

Diagrama de proceso en los tanques



6.3.3. Criterios de diseño

En base a la cantidad del aceite residual que se es capaz de recolectar de las cocinas y restaurantes de la urbanización San Isidro se realiza el criterio de diseño. El promedio que del aceite desechado por el rubro restaurantero puede alcanzar los 60 - 80 Litros/semana, que debido al contexto COVID – 19 se ha visto reducida a 30-40 Litros/semana. Sin embargo, una vez finalizada esta pandemia se espera un repunte en el ámbito restaurantero. Se lleva a cabo un sobredimensionamiento de la planta para lograr una mayor obtención de biodiésel.

6.3.4. Dimensionamiento

La capacidad de procesamiento de la planta de biodiésel es de 80 litros de materia prima cada cuatro días. Es por eso que el tanque de almacenamiento cuenta con una capacidad de 100 litros, mientras que el tanque de procesamiento tiene espacio para albergar 100 litros y el tanque de químicos, pese a ser de 20 litros, por la inclinación que posee de 15 grados, solo se puede añadir una cantidad máxima de 17 litros. La tubería es media pulgada, para la accesibilidad y fácil adquisición de válvulas y accesorios. La planta ocupa un espacio físico de 2 metros 40 centímetros de largo, 80 centímetros de ancho y 1 metro 80 centímetros de alto.

6.3.5. Emplazamiento de la planta

El área requerida para la construcción de la planta de biodiésel requiere aproximadamente 9 m² en referencia a:

Tabla 6

Emplazamiento de la planta

Planta de biodiésel	Espacio requerido	
Total de Tanques	3	m ²
Mesa para prueba	1	m ²
Almacén	2	m ²
Lavatorio	0.5	m ²
Espacio para los bidones y tránsito	2.5	m ²

Total 9 m²

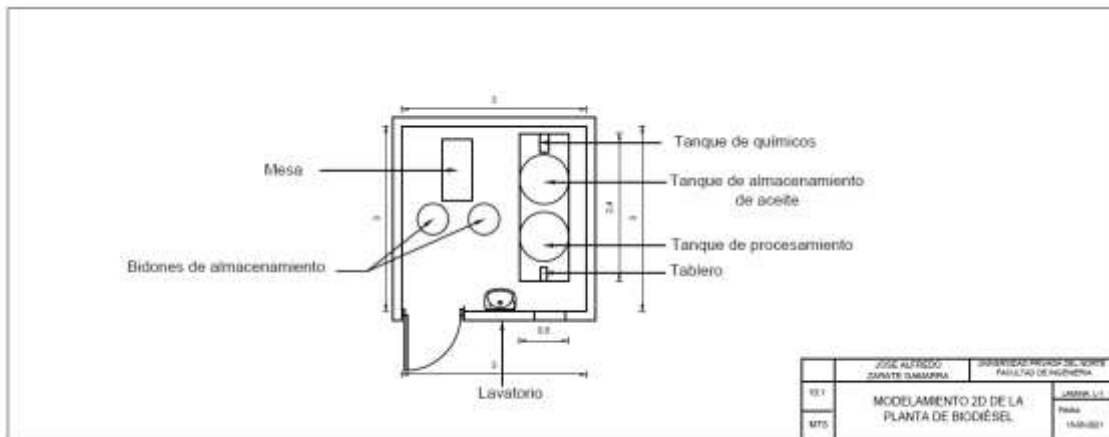
En el cálculo del volumen que abarcan los distintos equipos, se ha agregado un aumento del área, con la finalidad que el proceso de operación se realice con una mayor comodidad y seguridad. También se incorpora un pequeño almacén de 2 m² para el debido almacenamiento del contenedor principal con el aceite reciclado de los diferentes restaurantes.

Asimismo, la zona destinada a la planta de biodiésel requiere unas condiciones como la ventilación y una seguridad indispensable en la manipulación de los insumos químicos durante el transcurso de la producción, por lo cual se tiene que incluir tanto ventanas, como grifos de agua.

6.3.6. Modelado geométrico de la planta en segunda dimensión

Figura 18

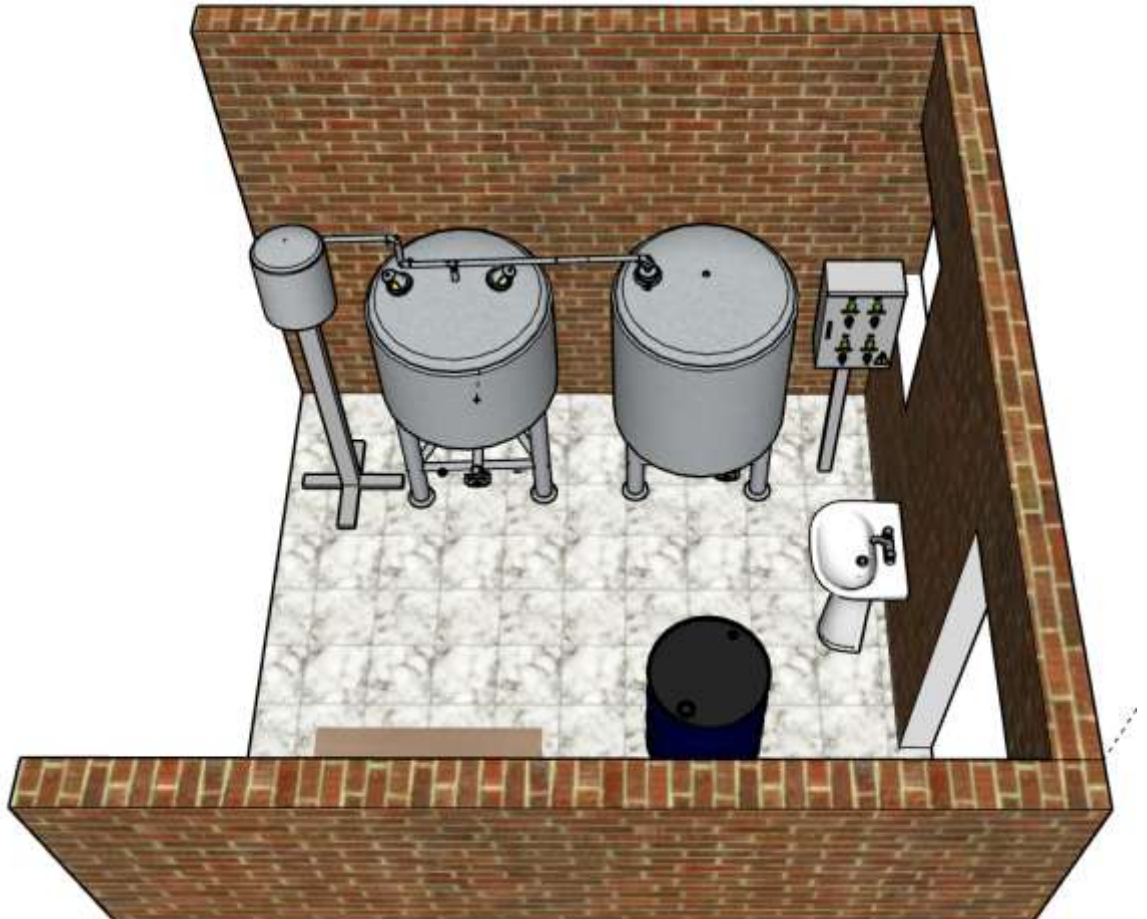
Modelado geométrico de la planta en segunda dimensión



6.3.7. Modelado geométrico de la planta en tercera dimensión

Figura 19

Modelado geométrico de la planta en tercera dimensión



6.4. Etapas de la operación de la planta

6.4.1. Pretratamiento

6.4.1.1. Filtrado y sedimentación de partículas

El aceite residual tiene en su composición sólidos en suspensión. Por lo tanto, es obligatorio efectuar una purificación el aceite antes de la producción del biodiésel (López et al., 2015).

El almacenamiento y precalentado del aceite se realiza en un tanque de acero, para que favorezca la recolección de la materia prima, recubierto en su parte interior con una pintura de aluminio, ya que es importante que el aceite se mantenga con una nula alteración de sus propiedades a lo largo del precalentamiento.

La filtración del aceite es llevada a cabo a través de una malla de 80 μm y una tela hecha de algodón con micronizado de polipropileno con la finalidad de impedir el paso de los sólidos y la mayor parte de grasa de la materia prima. El precalentamiento del aceite tiene como objetivo reducir la viscosidad para favorecer el transporte del líquido antes del procesamiento. Se emplea una niquelina de acero inoxidable situado en la parte baja del tanque.

Es obligatorio tener un control de la temperatura del tanque, es por eso que se emplea una termocupla tipo K, que se controla a través de la señal de un controlador digital. En vista de que es un proceso netamente de precalentado, se debe mantener una temperatura que se aproxime a los 30°C (Paredes y Vidal, 2017).

6.4.1.2. Deshidratado de aceite

El diseño de un tanque que tenga las características de ser inoxidable, anticorrosivo y con resistencia a las temperaturas que se operan en la planta (<115°C) es obligatorio para llevar a cabo el secado del aceite y los procedimientos que más adelante se susciten.

La fase de secado comprende el aumento de temperatura del tanque en el cual se encuentra el aceite purificado y precalentado con una temperatura cercana a los 95°C para asegurar la evaporación entera del agua. Con el fin de lograrlo se emplean dos niquelinas que se encuentran en la parte baja del cono.

Para lograr una mejora al distribuir el calor y la optimización del proceso se incluyen dos motores adaptados que contienen dos aspas fabricadas con un material idéntico al tanque.

Después del proceso es indispensable que la temperatura del aceite se reduzca hasta 60°C, siendo esta la temperatura a la que más adelante se efectúa el método de transesterificación (Paredes y Vidal, 2017).

6.4.2. Titulación del aceite usado

El proceso de titulación del aceite, tiene como objetivo obtener el grado de acidez presente en el aceite, a través de este determinar la cantidad de hidróxido de sodio que se tiene que emplear en la transesterificación. Se empleó la metodología de Gil (2015) que consta de los siguientes pasos:

- En un matraz verter 1 ml de aceite para su valoración
- En el matraz efectuar la dilución de 10 ml de alcohol isopropílico
- Agregar 6 gotas de fenolftaleína
- Adicionar gotas de NaOH al 0,1 % p/v (diluir en agua destilada)

Se agregará gotas de la disolución del hidróxido al 0,1 % a través de un gotero hasta que la mezcla varíe de color incoloro a rosa y dure alrededor de 10 segundos. El procedimiento tiene que realizarse como mínimo dos veces para comparar resultados.

Para obtener la cantidad de NaOH que se empleará se debe de añadir 1 gramo del catalizador por cada mililitro de la disolución previa de NaOH 0.1 %, conjuntamente para cada litro de aceite se adiciona 3.5 gramos de NaOH.

Por ejemplo: Si se hace lotes de 80 litros y se han utilizado 2.6 ml de NaOH al 0.1 % durante el proceso de titulación, se debe añadir:

$$\frac{3,5 \text{ gramos NaOH}}{\text{litro aceite}} \times 80 \text{ litros aceite} = 280 \text{ gramos NaOH}$$

Al utilizarse 2.6 ml de NaOH al 0.1 %, este es igual a $\frac{2.6 \text{ gramos NaOH}}{\text{litro aceite}}$. Este resultado se multiplica por los 80 litros de aceite

$$\frac{2.6 \text{ gramos NaOH}}{\text{litro aceite}} \times 80 \text{ litros aceite} = 208 \text{ gramos NaOH}$$

Teniendo las cantidades necesarias de hidróxido de sodio, se procede a sumar

$$280 \text{ gramos NaOH} + 208 \text{ gramos NaOH} = 488 \text{ gramos NaOH}$$

Concluyendo que se necesitarán 488 gramos NaOH para un lote de 80 litros

La importancia de que la cantidad empleada de NaOH deba de ser exacta radica en que, si se echa de más, el biodiésel obtenido podrá romperse molecularmente, convirtiendo a los componentes iniciales, ácidos grasos y metanol, o algo todavía peor, formar jabones. Caso contrario, al emplearse menor cantidad de catalizador, una cantidad del aceite se quedará sin reacción y solo una parte se convertirá en biodiésel. Ambas eventualidades buscan evitarse ya que un exceso de hidróxido logra arruinar un lote entero del biocombustible, o una escasez de NaOH provocará una disminución del producto por la cantidad que no se puede convertir.

Por otro lado, las proporciones de metanol son:

20% del lote de aceite, es decir, $\frac{0,2 \text{ litros de metanol}}{\text{litro aceite}}$

Una vez que se conocen las cantidades adecuadas para el lote de aceite se realiza la mezcla de ambas en T2.

6.4.3. Preparación del metóxido de sodio

Si los lotes de aceite son de 80 litros, para la preparación del metóxido de sodio se utilizará:

NaOH (titulación del aceite) = 488 gramos NaOH por cada lote de 80 litros

Siendo 6.1 gramos de NaOH por litro de aceite

Metanol (20% o superior del lote): 16 litros metanol por cada lote de 80 litros de aceite

Siendo 0,2 litros metanol por litro de aceite

La mayoría de los catalizadores usados para la reacción química se consiguen en estados sólido y no se logran disolver velozmente en

metanol. Debido a esto, se emplea un tanque de plástico (Polipropileno, alta temperatura) para el transcurso de la reacción (T2).

La agitación y mezcla del químico es realizada por una bomba plástica que permite la recirculación del metanol, entre tanto el hidróxido es añadido al tanque. La parte inferior del tanque posee una adaptación para que pueda recuperarse el residuo perdido por accesorios.

6.4.4. Transesterificación

En el momento en que la temperatura logre alcanzar los 60°C se comienza a agregar la mezcla del catalizador y alcohol al tanque de procesamiento (T3). Es importante que se regule el flujo del tanque de mezcla, de forma que el metóxido de sodio se mezcle de manera homogénea con el aceite.

El calentamiento del aceite, previo a la mezcla puede aumentar el grado y al mismo tiempo reducir la duración de la reacción. Es preciso encender los motores durante la entrada de la mezcla química al tanque que se regulariza a través de controladores de velocidad. Se tiene que efectuar la mezcla a lo largo de una duración de alrededor de 2 horas, a causa de la geometría del tanque.

Después de haber culminado la mezcla se requiere que el tanque permanezca en reposo hasta lograr la definición del proceso de transesterificación. En esta fase se obtienen dos productos, tanto ésteres (biodiésel) en la parte superior, como glicerol en la parte inferior, debido a la precipitación (Sanaguano, 2018).

La glicerina tiene la propiedad de solidificarse al alcanzar los 18 °C, ante esta situación es importante definir una temperatura mínima para el asentamiento antes del drenaje. Acorde a las situaciones climáticas, la temperatura del tanque no puede descender menos de los 40°C.

Al empezar el drenaje del tanque, se aprecia la precipitación de la glicerina con un color café lóbrego y viscoso, que a continuación,

permitirá dar cabida al biodiésel. Una vez culminado el proceso, es obligatorio el reposo del tanque para que las partículas restantes de glicerina que no pudieron ser drenadas se logren sedimentar. El tiempo que se requiere es alrededor de 12 horas de reposo.

Pese a la precipitación de la glicerina, el biocombustible comprende en su interior partículas del catalizador, alcohol que no tuvo reacción, agua, glicerol libre y jabones producto de la transesterificación. La obtención de esta etapa se define como biodiésel crudo y aún precisa de ser lavado y purificado. (Paredes y Vidal, 2017)

6.4.5. Postratamiento del biodiésel

6.4.5.1.Lavado

La finalidad de lavar el biodiésel es remover cualquier impureza procedente de la fase de transesterificación (Hernández et al., 2017). En el biocombustible también se localizan los jabones, el glicerol y alcohol restantes que son altamente solubles en agua.

La recomendación en el proceso es que se realice a una temperatura cercana a los 50°C, puesto que el agua a esta temperatura, previene precipitaciones de ésteres ácidos grasos saturados y reduce la creación de emulsiones (Leung et al, 2010).

Considerando la estructura del diseño de la planta, se emplea el lavado con agua. No obstante, Paredes y Vidal (2017) recomiendan disminuir los riesgos de emulsión y saponificación, por lo tanto, el lavado se realizará usando un nebulizador.

6.4.5.2.Secado

El biocombustible resulta turbio y muestra burbujas, por lo que se deduce la aparición de agua. El secado, o también llamado deshidratación, involucra que las moléculas de agua que están en suspensión en la muestra logren alcanzar la superficie a través de la evaporación, la existencia de agua en la muestra, disminuye el rendimiento del biodiésel.

Las altas temperaturas requeridas para el secado (95°C) pueden ser logradas gracias al diseño del tanque de procesamiento, se necesitan 3 horas para garantizar la evaporación del agua que está dentro del biodiésel. Es necesario una recirculación paulatina para asegurar una deshidratación eficaz (Paredes y Vidal, 2017).

6.4.6. Volumen de aceite reciclado

La cantidad máxima de aceite residual proveniente de los restaurantes de la urbanización San Isidro en situación normal es de 80 litros, llegando a un número mensual de 960 litros. La cantidad anual de aceite reciclado puede alcanzar los 11520 litros, ayudando a preservar el ambiente.

6.5. Subproducto (glicerina)

El subproducto que se obtiene de la producción del biodiésel es la glicerina, teniendo varios fines de uso como jabón, en biogás y combustible, e incluso como estiércol. También llamada glicerol o glicol es un líquido viscoso que tiene una gran densidad (1,26 g/cm³). Esta aparece cuando los triglicéridos en la composición de los aceites vegetales logran romperse, generando ácidos libres y a la molécula de glicerina. Asimismo, los ácidos grasos reaccionan con el metanol en la fase de transesterificación, obteniéndose el biodiésel (Gil, 2015).

6.6. Tiempos de operación

Para un mayor control de los tiempos requeridos en la planta para la producción de biodiésel a partir de aceites residuales en la urbanización San Isidro, se procedió a especificar las horas y días que demoran los diferentes procesos

Tabla 7

Tiempos de operación en la planta

Proceso	Tiempo
Pretratamiento	1 hora
Transesterificación	2 horas
Decantación	12 horas
Lavado	3 días

Secado 3 horas

7. Tablas de Costos

Tabla 8

Costos de los equipos necesarios para la producción de biodiésel

Equipos	Cantidad	Costo Unitario	Total
Tanque de almacenamiento de aceite	1	S/.1800	S/.1800
Tanque de químicos	1	S/.1000	S/.1000
Tanque de procesamiento	1	S/.2000	S/.2000
Bombas 1/2 hp	2	S/.600	S/.1200
Motores	2	S/.400	S/.800
Tuberías	3 m	S/.13	S/.39
Tablero	1	S/. 500	S/. 500
Termocupla tipo k	1	S/. 52	S/. 52
Niquelinas	3	S/. 150	S/. 150
Equipos de protección personal	2	S/.100	S/.200
Nebulizador	1	S/. 375	S/. 375

Nota. Los precios fueron obtenidos de mercado libre

Tabla 9

Costos de los insumos necesarios para la producción de biodiésel

Insumos	Unidades	Cantidad	Costo Unitario	Total
Aceite residual	-	-	-	-
Alcohol Metílico	L	16	S/.10	S/.160
Hidróxido de sodio	kg	1	S/.70	S/.70
Contenedores para restaurantes	-	32	S/. 10	S/.320
Contenedor principal	-	1	S/.50	S/. 50
Fenolftaleína	ml	100	S/.100	S/.100
Gotero	-	1	S/.5	S/.5

Nota. Los precios fueron obtenidos de mercado libre

Tabla 10

Costos de los servicios involucrados para la producción de biodiésel

Servicios	Unidades	Cantidad	Costo Unitario	Total
Costo de agua	m ³	10	S/.2.35	S/. 23.5
Costo electricidad	Kw	140.2	S/. 0.52	S/.72.90
Costo alquiler de camioneta	hora	1	S/.60	S/.60
Costo de instalación	-	-	-	S/.500

Nota. Los costos fueron adaptados de la propuesta de Paredes y Vidal (2017).

8. Resultados esperados

- Concluir que la propuesta del diseño de una planta de producción de Biodiésel para el aprovechamiento del aceite vegetal reciclado en la urbanización San Isidro sea viable, y así los propietarios de los restaurantes lo puedan reconocer como una buena alternativa para dar un manejo adecuado a sus residuos.
- Lograr la delimitación del área de estudio mediante un mapa para identificar los restaurantes participantes.
- Cumplir con el establecimiento de las especificaciones técnicas básicas para el funcionamiento de la planta de biodiésel para prevenir las obstrucciones de las redes de alcantarillado de servicio público municipal, prevenir el impacto ambiental negativo en las fuentes hídricas del país, así como evitar efectos nocivos para la salud humana.
- Culminar el modelado geométrico de la planta en segunda y tercera dimensión para una mayor comprensión de la planta.

9. Anexos

Ficha de recojo de datos

Nombre del restaurante: Ruta 77

Fecha: 15/08/20221

1. ¿Cuántas botellas de 1L de aceite utiliza a la semana actualmente y antes de la pandemia?

Antes de la pandemia: 5 botellas

En pandemia: 4 botellas

2. ¿Cuánto cree que se genera de aceite residual a la semana actualmente?

Actualmente se genera la mitad de aceite que se utiliza al freír

Nombre del restaurante: Chapa tu pollo

Fecha: 15/08/20221

- 1. ¿Cuántas botellas de 1L de aceite utiliza a la semana actualmente y antes de la pandemia?**

Antes de la pandemia: 6 botellas

En pandemia: 5 botellas

- 2. ¿Cuánto cree que se genera de aceite residual a la semana?**

Exactamente no sabe, pero el aceite que se genera debe estar entre los 3 litros.

Nombre del restaurante: Galin2

Fecha: 16/08/20221

- 1. ¿Cuántas botellas de 1L de aceite utiliza a la semana actualmente y antes de la pandemia?**

Antes de la pandemia: 6 botellas

En pandemia: 4 botellas

- 2. ¿Cuánto cree que se genera de aceite residual a la semana actualmente?**

Alrededor de la mitad de las botellas utilizadas.

Nombre del restaurante: papa deli

Fecha: 30/08/20221

- 1. ¿Cuántas botellas de 1L de aceite utiliza a la semana actualmente y antes de la pandemia?**

Antes de la pandemia: 5 botellas

En pandemia: 4 botellas

- 2. ¿Cuánto cree que se genera de aceite residual a la semana actualmente?**

Alrededor de la mitad de las botellas utilizadas.

Nombre del restaurante: Brasas chicken now

Fecha: 30/08/20221

1. ¿Cuántas botellas de 1L de aceite utiliza a la semana actualmente y antes de la pandemia?

Antes de la pandemia: 5 botellas

En pandemia: 4 botellas

2. ¿Cuánto cree que se genera de aceite residual a la semana actualmente?

Alrededor de la mitad de las botellas utilizadas.

Nombre del restaurante: EL GAUCHO

Fecha: 30/08/20221

1. ¿Cuántas botellas de 1L de aceite utiliza a la semana actualmente y antes de la pandemia?

Antes de la pandemia: 7 botellas

En pandemia: 5 botellas

2. ¿Cuánto cree que se genera de aceite residual a la semana actualmente?

Alrededor de la mitad de las botellas utilizadas.