



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

# DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA GESTIÓN DE ACEITES VEGETALES USADOS EN CAÑETE PARA PRODUCIR BIODESEL

Luis Márquez-Farfán

Lima, octubre de 2013

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

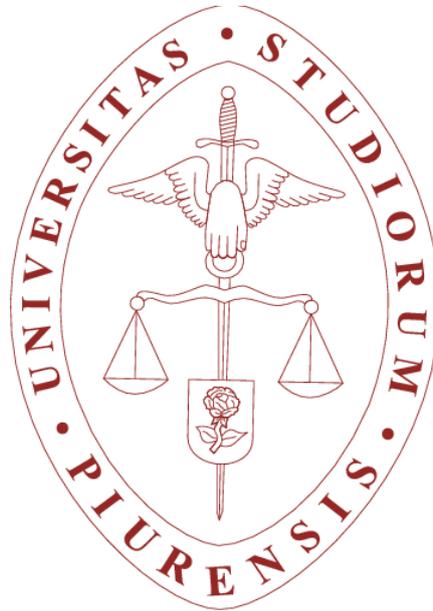
Márquez, L. (2013). *Diseño de un sistema para la gestión de aceites vegetales usados en cañete para producir biodiesel*. Tesis de pregrado no publicado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Lima, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)  
[Creative Commons Atribución-](#)  
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA GESTIÓN DE ACEITES VEGETALES  
USADOS EN CAÑETE PARA PRODUCIR BIODIESEL”

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Industrial y de Sistemas

LUIS MIGUEL MÁRQUEZ FARFÁN

ASESOR: ING. REYNALDO VILLAR GUEVARA

Lima, Octubre 2013

**Dedicatoria**

A mi padre, madre, hermana y todos aquellos que me apoyaron incondicionalmente.

## **Resumen**

La gestión de aceites de cocina usados es un problema a solucionar ya que es un serio contaminante de agua, suelo y aire, siendo necesario deshacerse de ellos. Para conseguir esto se han inventado algunos procedimientos de control que tienen ciertos efectos secundarios. Por ejemplo el desecharlos en bolsas plásticas o botellas destinados a rellenos sanitarios contamina suelos y agua. Por otro lado, almacenándolo en depósitos para alimento de animales elevan el colesterol malo en ellos y al ser ingeridos luego por humanos acarrea serios problemas de salud.

Debemos tener en cuenta que la composición y el índice de generación de AVU (Aceite Vegetal Usado) varían según diferencias culturales, climáticas y geográficas. Según los resultados de las encuestas aplicadas en los centros de consumo de alimentos de Cañete, los AVU tienen condiciones óptimas de reciclaje comparado con el resto de ciudades de Perú.

Una adecuada forma de aprovechar los AVU es convertirlo en biodiesel para ser utilizado en las unidades el Municipio, consiguiendo así ahorrar y poder brindar un servicio rentable y beneficioso para la población.

## Índice

<b>Dedicatoria .....</b>	<b>3</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Índice.....</b>	<b>7</b>
<b>Relación de tablas .....</b>	<b>10</b>
<b>Relación de figuras .....</b>	<b>11</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Capítulo 1 Elementos introductorios .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1.1 Identificación del problema .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1.2 Formulación del problema.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1.3 Antecedentes del problema.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1.4 Justificación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2 Objetivos de la investigación .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2.1 Objetivo general .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2.2 Objetivos específicos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3 Diagnóstico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.1 Necesidades .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.2 Factores causales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.3 Pronóstico de la situación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.4 Recursos y medios de acción.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.5 Prioridades .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.6 Viabilidad .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.7 Estrategias.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.8 Plan de contingencia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.9 Formulación de la hipótesis.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.10 Identificación y clasificación de variables	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Capítulo 2 Marco teórico .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1 Aceite vegetal (AV) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.1 Fuentes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.2 Modos de Uso.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.3 Aceite vegetal comestible.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.4 Aceites vegetales en cocina .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.5 Almacenaje y conservación del aceite .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2 Aceite Vegetal Usado (AVU) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.1 ¿Qué son los AVU de cocina?.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

2.2.2	Reciclar aceites vegetales usados .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3	Biocombustibles.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.1	¿Qué es el Biodiesel?.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.2	Alternativas de reutilización.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.3	Biodiesel de aceites vegetales usados.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.4	Requisitos de calidad del biodiesel (B100) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5	Materias primas utilizables.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4	Gestión de Aceites Usados de Cocina .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.1	Desperdicios urbanos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.2	Contribución de la población.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.3	Las 3R.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.4	Colecta selectiva.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.5	Beneficios de practicar las 3R .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.6	Disposición Final de Residuos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.7	Factores que influyen en la composición de los aceites usados de cocina	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.8	Sistema de manejo de AVU.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5	Diseño de mini planta para producción de biodiesel .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5.1	Proceso Productivo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5.2	Sistema Productivo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5.3	Seguridad e higiene en los centros de trabajo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.6	Metodología.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Capítulo 3 Diseño del sistema de gestión .....</b>		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.1	Zonificación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2	Gestión de los AVU .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2.1	Origen.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2.2	Variaciones en generación de AVU .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2.3	Reducción de la fuente .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2.4	Recolección .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2.5	Personal Responsable .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2.6	Producción estimada de biodiesel.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2.7	Marco Legal.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

3.2.8	Almacenamiento .....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.9	Transporte .....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.10	Tratamiento .....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.11	Disposición .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Capítulo 4 Diseño de planta .....</b>		¡Error! Marcador no definido.
4.1	Localización .....	¡Error! Marcador no definido.
4.2	Distribución de Planta .....	¡Error! Marcador no definido.
4.3	Definición de Capacidad .....	¡Error! Marcador no definido.
4.4	Tecnología .....	¡Error! Marcador no definido.
4.5	Proceso de Operación .....	¡Error! Marcador no definido.
4.6	Subproductos .....	¡Error! Marcador no definido.
4.7	Elección de Sistema de Producción .....	¡Error! Marcador no definido.
4.7.1	Aceite usado: pre-tratamiento .....	¡Error! Marcador no definido.
4.7.2	Transesterificación .....	¡Error! Marcador no definido.
4.7.3	Control de calidad del proceso de transesterificación .....	¡Error! Marcador no definido.
4.7.4	Tratamiento posterior del biodiesel (lavado, secado y filtrado) .....	¡Error! Marcador no definido.
4.8	Seguridad en Planta .....	¡Error! Marcador no definido.
4.8.1	Manejo de insumos químicos .....	¡Error! Marcador no definido.
4.8.2	Ropa y equipamiento de seguridad .....	¡Error! Marcador no definido.
4.8.3	Compatibilidad de materiales .....	¡Error! Marcador no definido.
4.9	Análisis de Rentabilidad .....	¡Error! Marcador no definido.
4.9.1	Costo de inversión .....	¡Error! Marcador no definido.
4.9.2	Perfil de recupero .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones .....</b>		¡Error! Marcador no definido.
5.1.	Conclusiones .....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.	Recomendaciones .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Glosario .....</b>		¡Error! Marcador no definido.
Definición de Términos: .....		¡Error! Marcador no definido.
<b>Anexo I: Cartillas de seguridad de insumos químicos utilizados en la producción de biodiesel .....</b>		¡Error! Marcador no definido.
<b>Anexo II: Cartillas de seguridad de insumos químicos utilizados en la producción de biodiesel .....</b>		¡Error! Marcador no definido.
<b>Anexo III: Resultados de pruebas de laboratorio .....</b>		¡Error! Marcador no definido.
<b>Bibliografía .....</b>		¡Error! Marcador no definido.

Documentos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Páginas de Internet.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Relación de tablas

Tabla 3.1	Clasificación de establecimientos de comida	51
Tabla 3.2	Consumo de AVV en litros, por tipo de establecimiento	52
Tabla 3.3	Consumo de AVV por tipo de establecimiento con licencia	53
Tabla 3.4	Cantidad de veces que le dan uso a los AVU	53
Tabla 3.5	Tipo de utensilio de cocina a utilizar en frituras	54
Tabla 3.6	Producción estimada de AVU por día	56
Tabla 3.7	Producción estimada de biodiesel por día	61
Tabla 3.8	Disposición final de los AVU por los establecimientos	63
Tabla 4.1	Descripción de procesos de tratamiento de los AVU	69
Tabla 4.2	Costo de maquinaria	80
Tabla 4.3	Costo de insumos mensuales	80
Tabla 4.4	Costo total de inversión	80
Tabla 4.5	Períodos de uso de mezclas de biodiesel y diesel de petróleo	81
Tabla 4.6	Consumo de combustible diesel en la unidades del municipio	82
Tabla 4.7	Costo unitario de producción de biodiesel	83
Tabla 4.8	Cantidad necesaria a producir de biodiesel, según requerimiento	83
Tabla 4.9	Costo de producción de biodiesel, según tipo y periodos	83
Tabla 4.10	Costo en valor promedio de diesel de petróleo, según periodos	84
Tabla 4.11	Ahorro generado por el uso de biodiesel producido	84

## Relación de figuras

Figura 2.1	Esquema de proceso de producción de biodiesel	36
Figura 2.2	Esquema del ciclo de los aceites vegetales usados	43
Figura 3.1	Ubicación geográfica de San Vicente de Cañete	49
Figura 3.2	Formato de encuestas aplicada a los establecimientos	50
Figura 3.3	Gráfica de tipos de establecimientos que usan aceites	51
Figura 3.4	Gráfica de cantidad consumida de AVV por establecimientos	52
Figura 3.5	Gráfica de la cantidad de veces que se usan los aceites	54
Figura 3.6	Gráfica del tipo de implemento usado en fritura	55
Figura 3.7	Ciclo del proceso de reciclaje de los AVU	58
Figura 3.8	Recorrido de unidades para recojo de AVU	59
Figura 3.9	Línea de tiempo de procesamiento de biodiesel	61
Figura 3.10	Gráfica de destino final que se le da a los AVY	63
Figura 4.1	Ubicación espacial del terreno de la planta en San Vicente	66
Figura 4.2	Localización del terreno de la planta en San Vicente	66
Figura 4.3	Ubicación de zona destinada a planta dentro de centro de acopio	67
Figura 4.4	Distribución de planta	68
Figura 4.5	Esquema de proceso de producción de biodiesel	70
Figura 4.6	Esquema de proceso de producción de biodiesel	72

**Capítulo 1**  
**Elementos introductorios**



## **1.1 Planteamiento del problema**

### **1.1.1 Identificación del problema**

La gestión de aceites residuales que se descartan de manera inadecuada, siendo causa de contaminación de agua y suelos (contaminación ambiental), representan una pérdida enorme de recursos tanto materiales como energéticos. La producción de estos residuos en la localidad de San Vicente de Cañete, es un síntoma de la ineficiencia de los procesos productivos, de la durabilidad de los productos y de unos hábitos de consumo insostenible. La cantidad de aceites vegetales residuales generados es por tanto un indicador del uso adecuado con que la sociedad utiliza los aceites vegetales y el nivel de buenas prácticas en cocina que posean. Esta gestión de aceites residuales se convierte en un problema grande e importante a solucionar hoy en día. Lo mismo se puede afirmar del tratamiento adecuado de estos aceites vegetales usados desechados diariamente en las zonas urbanas, ya sea por temas ambientales o de limpieza.

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿De qué manera se reduciría la contaminación de las zonas urbanas causadas por el mal tratamiento y disposición final de los aceites vegetales usados de cocina que éstas producen? ¿De qué manera se mejoraría la calidad de vida de estas zonas urbanas afectadas?

### **1.1.3 Antecedentes del problema**

Desde hace algún tiempo la gestión de los residuos, en general, está tomando vital importancia a nivel mundial. Las acciones tomadas aún no son suficientes para poder establecer un equilibrio medioambiental. Existen sistemas de gestión de aceites vegetales usados en muchos países, sobre todo en los desarrollados, tales como: España, Francia, Bélgica, Alemania, Costa Rica, México, Argentina, Brasil, entre otros. Estos países han establecido leyes y normas que facilitan la buena gestión de los residuos. A continuación se mencionan algunas características básicas en sus sistemas establecidos:

- Instalación de puntos limpios en diferentes puntos de la ciudad.
- Tercerización del tratamiento de los residuos, asignándolo a entidades privadas.
- Realización de potentes campañas de sensibilización y concientización de la población.

La diferencia que existe entre los distintos sistemas implantados en estos países, depende de:

- Las condiciones geográficas.
- El nivel cultural de la zona.
- El entorno social.

En Perú existen algunas plantas instaladas para producción de biodiesel, entre ellas:

- Heaven Petroleum Operators, empresa perteneciente al Grupo Herco, de capitales peruanos, inauguró la primera planta procesadora y distribuidora de Biodiesel a nivel industrial en el Perú, ubicada en el kilómetro 33.5 de la carretera Panamericana Sur, en la localidad de Lurín, iniciando de esta manera la era de los combustibles limpios en el país.
- Pure Biofuels del Perú, subsidiaria de Pure Biofuels Corporation, empresa norteamericana dedicada a la producción de energía limpia, inauguró su moderna planta productora de biodiesel y terminal de almacenamiento de líquidos, ubicada en la provincia constitucional del Callao

Cabe mencionar dos plantas de tratamiento de aceites vegetales usados, que los reaprovechen en biodiesel, pero aplicada a un sector determinado, y no en la magnitud de esta propuesta.

- AMPCO PERU es una empresa perteneciente al GRUPO COPETROL que se dedica al manejo integral de residuos oleosos. Tiene por objeto la recolección, transporte, segregación, almacenamiento y comercialización de residuos sólidos no peligrosos y peligrosos del ámbito municipal y no municipal que se generan en los sectores industrial, agropecuario, comercial, actividades de la construcción, establecimientos hospitalarios y de instalaciones de actividades especiales. La empresa también se dedica al tratamiento y reciclaje del aceite usado mineral, sintético y vegetal, grasas usadas mineral y vegetal así como de hidrocarburos contaminados, productos derivados de hidrocarburos contaminados y bases oleosas.
- BIOCUSCO, empresa peruana establecida, que produce biodiesel generado en un 100% a partir de aceites vegetales reciclados. Los reactores usados en este proceso fueron diseñados con tecnología propia asociada a sus sistemas informáticos de control de procesos. Esto le proporciona una alta probabilidad de obtener el mismo estándar de biodiesel.

En San Vicente de Cañete no existe ningún sistema establecido de gestión de estos residuos. En nuestro país existen proyectos ya ejecutados y relacionados con el tema, tales como:

- Proyecto "Fomento de la Gestión Ambiental de Aceites Residuales en Grifos, Lubricentos, Pollerías y Restaurantes", desarrollado el año 2001 en el Distrito de Villa El Salvador, provincia de Lima, departamento de Lima. Participaron 35 pollerías y restaurantes (generadores de aceite vegetal usado). De otro lado participaron 25 grifos y lubricentos (generadores de aceite mineral usado), 22 empresas generadoras de aceite usado fuera de Villa El Salvador y 1 empresa recicladora de aceite usado. El proyecto fue ejecutado por la ONG IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible, teniendo como objetivo la sensibilización

y concientización de los establecimientos mencionados para fomentar la buena gestión de los aceites residuales. La meta era proporcionar una buena gestión de los aceites residuales, dándoles un adecuado tratamiento. El proyecto se ejecutó con éxito ante la respuesta favorable de los participantes y la colaboración de la Municipalidad, destinando los residuos de aceites lubricantes para su tratamiento y reutilización, así como los residuos de aceites vegetales para la elaboración de jabones (SANET).

- Entre mayo y junio del 2004, la Universidad Agraria de la Molina, apoyado por Soluciones Prácticas-ITDG, lanzó el primer bus ecológico alimentado con biodiesel en el Perú. El propósito fue perfeccionar la tecnología para la transformación de aceites vegetales usados en biodiesel, y probar la calidad y eficiencia del combustible obtenido. Este proyecto se llevó a cabo teniendo como beneficiarios a los estudiantes y docentes de la Universidad Agraria La Molina (UNALM). Sirvió como punto de partida para el desarrollo de un tema de tesis. El proyecto aún sigue en ejecución manteniendo una mejora continua del proceso de transformación de aceites vegetales usados en biodiesel.

#### **1.1.4 Justificación**

En la actualidad la disposición final de los aceites vegetales usados en los establecimientos de comida en San Vicente de Cañete, no es adecuada, dado que los pobladores, en su mayoría, desechan sus residuos por la alcantarilla o lo vierten en los basureros sin tomar las precauciones del caso. Estos aceites usados constituyen un serio problema de impacto ambiental y un potente recurso que se deja de aprovechar. La recolección de estos residuos y su adecuado tratamiento son competencia de las autoridades municipales locales. El tipo y la cantidad de aceites vegetales usados que se puedan generar dependerán de las buenas prácticas en cocina de la población y del tipo de alimentos que se preparen en los diferentes establecimientos.

En nuestros días el manejo de los aceites vegetales usados viene sufriendo algunos cambios positivos que beneficiarían directamente a la sociedad causante de este problema. La implantación de un sistema de gestión de aceites vegetales usados permitiría reducir el impacto ambiental. El uso de biodiesel producido a partir de estos residuos, en reemplazo del diesel de petróleo, reduciría costos operativos logrando que la Municipalidad mejore su eficiencia. Además se lograría asegurar un reaprovechamiento óptimo de los aceites vegetales usados.

#### ***El poder contaminante de los aceites***

Los aceites usados se están eliminando por procedimientos tales como el vertido en terrenos y cauces de agua, produciendo peligrosas contaminaciones. El residuo de aceite doméstico es en la actualidad una de las principales causas de contaminación de las aguas residuales urbanas. Estos aceites una vez utilizados, se vierten por el desagüe a la red de alcantarillado de nuestros municipios, produciendo atascos y malos olores en las tuberías.

Estos vertidos hacen que la depuración de las aguas sea tremendamente costosa, además de dificultar el normal funcionamiento de las depuradoras. Sin una adecuada depuración de estos aceites, regresan al medio ambiente contaminando las cuencas internas, el mar y los acuíferos, interfiriendo en la vida natural y degradando el entorno. Por último, el aceite en el agua facilita la proliferación de microorganismos perjudiciales para la salud.

Como simples datos de referencia se sabe que:

- Un litro de aceite usado contamina mil litros de agua.
- Cinco litros de aceite usado contaminan el volumen de aire respirado por una persona por tres años.
- Verter cinco litros de aceite usado al mar, crea una película de grasa de 5000 cm<sup>2</sup> que afecta la vida marina.

### ***Salud y nutrición***

La cantidad adecuada de grasa dentro de la dieta diaria es objeto de cierta controversia. Cierta cantidad de grasa es necesaria en la dieta, además de ser también esencial en muchas técnicas culinarias. La Food and Drug Administration (FDA) recomienda que un máximo del 30% de las calorías consumidas diariamente sea en forma de grasa<sup>1</sup>. Otros nutricionistas recomiendan que no más del 10% de la ingesta diaria de calorías proceda de la grasa. En entornos extremadamente fríos, una dieta con hasta dos tercios de grasa es aceptable y puede de hecho ser crítica para la supervivencia.

Aunque el consumo de pequeñas cantidades de grasas saturadas es esencial, se ha demostrado que las cantidades excesivas de éstas están correlacionadas con las enfermedades cardiovasculares. Entre los aceites con un contenido especialmente alto de grasas saturadas están los de coco, de palma y de semilla de palma. Los aceites con menores cantidades de grasas saturadas y mayores de insaturadas (preferiblemente mono insaturadas) suelen ser más sanos.

Aunque estos principios generales pueden servir como toscas guías dietéticas, también es importante considerar las características nutricionales de cada aceite. El aceite de oliva, por ejemplo, eleva el colesterol «bueno» (HDL), un efecto saludable para el corazón que no debe limitarse a una cifra arbitraria.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Conseguir una adecuada gestión de los aceites vegetales usados de cocina que se generan en una zona determinada, San Vicente de Cañete. De esta manera se puede lograr que estos residuos dejen de ser un problema en la salud de la población y pasen a convertirse en una fuente alternativa de desarrollo para los municipios. La premisa es que no existe algún sistema que excluya el costo de la mano de obra para clasificar los Aceites Vegetales Usados.

1. Información extraída de la página oficial de la Food and Drug Administration (FDA), se puede acceder desde <http://www.fda.gov/>

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Implementar un sistema de recojo eficiente que permita aprovechar toda la materia reciclable que forman parte de los aceites vegetales usados.
- Crear fuentes alternativas de empleo con la implementación de la planta de manejo de aceites vegetales usados.
- Disminuir el impacto ambiental que generan los aceites vegetales residuales urbanos mal manejados mediante la implementación de estas tecnologías de avanzada, aportar para un desarrollo sustentable.
- Producir biodiesel reduciendo así los costos de servicios, aportar para una efectiva gestión municipal.

## 1.3 Diagnóstico

### 1.3.1 Necesidades

La disposición final que se le da a los aceites vegetales usados de cocina, viene generando problemas medioambientales y de salud pública en el valle de San Vicente de Cañete. Actualmente no existen alternativas para poder deshacerse de los AVU de cocina, siendo la alternativa más usada el arrojarlos al basurero.

#### *Naturaleza:*

La actual disposición final de los aceites vegetales usados de cocina, constituye un serio problema de contaminación ambiental, ya que los métodos utilizados son:

- Verter los AVU por el sistema de alcantarillas, contaminando el agua.
- Verter los AVU en recipientes de comida para cerdos destinados al consumo, perjudicando la salud humana.
- Verter los AVU en bolsitas o botellas para depositarlas en el basurero, contaminando suelos y agua.

Al implantarse una planta de aceites vegetales usados de cocina, la población se beneficiará directamente. En primer lugar se lograría una mejora en las condiciones de salud, y también sería posible una reducción indirecta de los costos de servicios que brinda la Municipalidad.

#### *Magnitud:*

El problema de la mala disposición que se le da a los AVU es perceptible en toda la población de San Vicente de Cañete, especialmente los establecimientos de comida que son los mayores generadores de este residuo. Se puede afirmar que el problema no ha sido abordado adecuadamente ya que no existen alternativas de solución actuales para el mismo.

**Gravedad:**

Los aceites vegetales usados de cocina, pueden traer serias consecuencias medioambientales y de salud pública, siendo éstas, entre otras:

- **Obstrucción del alcantarillado:** Al verter los AVU por los sistemas de alcantarillas, se obstruyen las tuberías solidificándose y generando malos olores. Asimismo, se convierte en un perfecto nido de fauna nociva como ratas y cucarachas principalmente. Contribuyen también en la reproducción de algunas bacterias perjudiciales para la salud.
- **Contaminación de fuentes de agua:** Al verter los AVU por los sistemas de alcantarillas, que llegan a ríos y mares, terminan afectando la fauna y flora acuática.
- **Contaminación de suelos:** Al verterlo en bolsas y/o botellas para depositarlos en los basureros, llevados a los rellenos sanitarios o los lugares destinados para dicho fin. Terminan restando fertilidad a los suelos, reduciendo la vida útil de los rellenos sanitarios, así como la contaminación de mantos acuíferos al filtrarse por los terrenos.
- **Problemas en la producción de alimentos:** Al verter los AVU en los recipientes de comida para cerdos, estos animales terminan absorbiendo gran proporción de grasas. Como son destinados para el consumo humano, asimilamos estas grasas que aumentan el mal colesterol (LDL) produciendo problemas en la salud sobre todo cardiovasculares.
- **Problemas en la salud:** Al venderlo a comerciantes informales para su reutilización, terminan afectando la salud, ya que al reutilizarse estos aceites que ya han perdido propiedades, cada vez se vuelven más dañinos, aumentando el mal colesterol (LDL) en el organismo.

Las consecuencias producidas por éste problema son reversibles. Existen métodos adecuados que contrarrestan estos efectos, tales como controles de calidad, seguimiento en la disposición final de residuos, entre otros. Este problema ha venido intensificándose, debido a que la tendencia al consumo de alimentos, sobre todo de frituras, ha aumentado año a año. (Instituto Nacional de Salud)

**1.3.2 Factores causales**

Todos estos problemas de la disposición final que se le da a los aceites vegetales usados de cocina, son causados principalmente por dos motivos:

- Por la falta de alternativas para la adecuada disposición final de los AVU.
- Por la insensibilidad y desconocimiento de la población, con respecto al tema.

Las causas del incremento exponencial en el volumen de los AVU se debe a:

- El aumento progresivo de la población y su concentración en determinadas áreas.

- Crecimiento progresivo de la generación per cápita de AVU.
- Escasos programas educativos a la comunidad sobre la temática.
- Sistemas de tratamiento y/o disposición final inadecuados/inexistentes.
- Falta de una evaluación integral de costos y asignación de recursos.

### **1.3.3 Pronóstico de la situación**

Parte de la población de San Vicente de Cañete es conciente que la disposición final que le dan a sus aceites vegetales usados de cocina no es la adecuada. Lamentablemente no cuenta con alguna alternativa capaz de resolver esta situación. Es por ello que al instalar una planta de tratamiento de AVU, se reduciría la contaminación producida por el destino final de estos residuos.

### **1.3.4 Recursos y medios de acción**

La Municipalidad San Vicente de Cañete viene ejecutando un proyecto de recolección selectiva de residuos inorgánicos, desarrollándola en conjunto con IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible, iniciado a mediados de febrero del 2009. Existe la posibilidad de adherir a este proyecto, el tema de la presente tesis, brindando de este modo todas las facilidades del caso, por parte de la Municipalidad.

De esta manera la Municipalidad podría apoyar para el desarrollo del proyecto con:

- Un centro de acopio
- Personal encargado de la recolección
- Medios de transporte para la recolección
- Indumentaria adecuada.
- Ambientes para capacitación o alguna otra actividad

### **1.3.5 Prioridades**

Teniendo en cuenta el análisis previo realizado se determina que la primera acción a realizar es la de sensibilizar y concientizar los establecimientos de comida (restaurantes, chifas y pollerías). De este modo se puede poner en marcha el trabajo desarrollado.

### **1.3.6 Viabilidad**

En Perú no existe información oficial sobre el destino de los aceites de cocina de cocina. Pero a pesar de ello extraoficialmente se sabe que en todo Lima se vende el aceite quemado a otros restaurantes más pequeños que a su vez lo venderán a los puestos de la calle. Una leyenda urbana cuenta que al final de la cadena aceitosa se limpia el líquido ya negro y se vuelve a vender a los restaurantes, y así sucesivamente, hasta que las arterias de la población exploten. Es un problema doble de contaminación ambiental y de salud pública. La regla de oro que se debe aplicar en la población es dejar de tirar el aceite usado al agua. El aceite usado se tiene que confinar en una

botella, juntar una cantidad interesante para venderla a una empresa que lo reciclaría en velas, jabón o biodiesel.

Sin embargo en San Vicente de Cañete, a pesar de la proximidad a Lima, la población opta por deshacerse de los AVU por los medios tradicionales (basureros o sistemas de alcantarillado), sin embargo durante el periodo de investigación se pudo descubrir que existen algunos recicladores informales de residuos de aceites vegetales, cuyo destino final es desconocido.

### *¿Qué hacer con el Aceite Vegetal Usado?*

En el hogar y en las industrias, no sólo alimentarias, puede generarse volúmenes relativamente importantes de aceites usados, especialmente al reemplazar el aceite de la freidora. Antes de caer en la tentación de un vertido en la red de alcantarillado podemos pensar en las posibilidades de reciclado:

- Entregar el aceite usado en los Puntos Limpios de Recogida y Reciclaje de la Ciudad.

Es fundamental que la gestión de aceites comestibles y aceites minerales esté perfectamente diferenciada, para evitar que sustancias indeseables presentes en los aceites lubricantes puedan pasar a la cadena alimentaria. Estas circunstancias son bien conocidas por los gestores autorizados.

- Fabricar jabón a partir del aceite residual, práctica tradicional para la cual no se requieren grandes condicionantes. Basta disponer de sosa o potasa, un molde y algo de perfume y/o colorante para mejorar su apariencia. No es raro encontrar en el comercio jabones artesanales elaborados exclusivamente a partir de aceite.
- Para las empresas de reciclado se abre la posibilidad de entregar los residuos para la elaboración de biodiesel a partir de los aceites y grasas usados. Actualmente se están dedicando grandes extensiones de terreno al cultivo de plantas oleaginosas para proporcionar materia prima a los productores de biodiesel. Esto último podría tener consecuencias sociales nefastas por contribuir a la presente crisis alimentaria en países subdesarrollados.

Las grasas y aceites, así como sus diversas fracciones, ofrecen multitud de aplicaciones en el sector industrial, además de los beneficios económicos y medioambientales:

- AGRICULTURA: compostaje (producción de abonos).
- INDUSTRIA: lubricantes, ceras, pinturas, barnices, sector de la destilación, jabones, cremas y otros productos de cosmética.
- INDUSTRIA ENERGÉTICA: Biodiesel.

### **1.3.7 Estrategias**

Para empezar a desarrollar el tema, se solicitará la participación voluntaria de los establecimientos de comida. Con ellos se mantendrá una relación directa para el aprovisionamiento de aceites usados de cocina, necesarios para el funcionamiento de la

planta de tratamiento. Además se promoverá la participación en el tema, indicando los beneficios del desarrollo del trabajo mediante una página web.

### **1.3.8 Plan de contingencia**

Se establece un plan de contingencia, con la finalidad de potenciar el desarrollo de la propuesta, de tal forma que se pueda asegurar la producción de biodiesel, principalmente en aquellas situaciones en las que la calidad de los aceites vegetales usados, no cumpla las especificaciones mínimas.

Se promoverá la plantación de cultivos de Piñón (*Jatropha curcas*) u algún otro cultivo como girasoles, en las áreas verdes de la ciudad de San Vicente de Cañete, con el fin de aprovechar sus frutos para la extracción de aceites, que servirían como materia prima, en la producción de biodiesel.

### **1.3.9 Formulación de la hipótesis**

Con la implementación de una planta de tratamiento de aceites vegetales usados de cocina en un sector urbano, se lograría aplicar la estrategia de las 3R, la reducción, reuso y reciclaje de los aceites residuales producidos en las zonas urbanas. Asimismo se evitaría que estos residuos vayan a los sistemas de alcantarillas, rellenos sanitarios y alimento para cerdos, reduciendo así la contaminación ambiental. Finalmente generarían beneficios económicos (laborales) con la instalación de esta planta.

### **1.3.10 Identificación y clasificación de variables**

**Variables independientes:** La clasificación de los emisores de aceites usados de cocina, ya que el tipo de aceite varía de acuerdo a esta clasificación.

**Variables dependientes:** La cantidad y el tipo de aceites vegetales usados emitido en las zonas urbanas.

**Variables intervinientes:** Programas y normas medioambientales.

## **Capítulo 2**

### **Marco teórico**



## 2.1 Aceite vegetal (AV)

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía. Algunos no son aptos para consumo humano, como el de algodón y otros.

Químicamente los aceites vegetales son esteres de ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos (radical COOH) de largas cadenas lineales. Algunos de ellos son saturados y algunos contienen uno o más dobles enlaces. El glicerol es un trioxialcohol, 1, 2, 3 - propanotriol (Mortimer, 1983).

Los esteres formados de un mol de glicerol y tres moles de ácido graso se llaman triglicéridos (TAG). Los ácidos grasos al unirse con el glicerol liberan tres moléculas e agua para formar los TAG (Canakci y Van Gerpen, 2001).

El aceite natural es una mezcla de triglicéridos diferentes, los cuales a su vez pueden formarse de ácidos grasos diferentes; son líquidos a temperatura ambiente y contienen mayor porcentaje de esteres de ácidos insaturados (Mortimer, 1983).

Las diferentes propiedades de los aceites están relacionadas directamente con el número y estructura química de los ácidos grasos unidos al glicerol (diglicérido, monoglicérido y triglicérido), así como también con el grado de saturación (Hugh, 2000) y la longitud de la cadena del mismo.

Como muchas grasas, está constituido por glicerina y tres ácidos grasos.

### 2.1.1 Fuentes

El aceite vegetal puede provenir de frutos o semillas como:

- La aceituna (fruto del olivo)
- La soja
- La palma, tanto del fruto como del hueso.
- El sésamo
- El girasol
- El arroz
- El maíz
- El lino
- El cártamo
- El cáñamo
- La colza, en especial la variedad canola (**can**adian **oi**l **l**ow **a**cid) originaria de Canadá, que es una variedad apta para consumo humano.
- La almendra
- La nuez
- La avellana
- Las pepitas de uva
- Las semillas de amapola
- Las semillas de calabaza
- La higuera

- El piñón (*Jatropha Curcas*)

### **2.1.2 Modos de Uso**

La mayor parte de los aceites vegetales se usan para alimentar el ganado. El aceite vegetal más usado para consumo humano es el de girasol, seguido por el de oliva. El aceite de palma, que es sólido a temperatura ambiente, se usa especialmente para jabones y cosméticos, últimamente aprovechado para producción de biodiesel. La mayor parte del aceite de colza generado en Europa se usa para producción de biodiesel. Este combustible también puede ser producido con otros aceites, como el de girasol o el de cáñamo. Sin embargo también se ha extendido el uso de estos aceites vegetales como combustibles para los motores diesel. El aceite vegetal además se puede utilizar como combustible en vehículos híbridos o adaptados.

### **2.1.3 Aceite vegetal comestible**

Los aceites vegetales son preferibles a las grasas animales para el consumo humano. Esto se debe a que son ricos en ácidos grasos, una cualidad muy importante para la transformación de grasa en el organismo humano. En la actualidad es obligación del fabricante de productos que señale la condición del aceite vegetal, advirtiéndolo en el etiquetado. A veces esta advertencia se hace refiriéndose al tipo de aceite utilizado. Pero lo más común es que sean varios los aceites y mezclados, en cuyo caso se advierte simplemente que el producto contiene aceites vegetales, sin especificar.

#### ***Concepto de Aceite vegetal comestible***

El aceite vegetal comestible es grasa de origen animal o vegetal que permanece en estado líquido a temperatura ambiente. Por otro lado en cocina, el término genérico «aceite vegetal» se usa para etiquetar un producto compuesto por una mezcla de varios aceites a menudo basado en el de palma, maíz, soja o girasol.

El aceite puede aromatizarse sumergiendo en él hierbas frescas, pimienta, ajo y otros condimentos durante un periodo de tiempo. Sin embargo, debe tenerse cuidado cuando se almacenan aceites aromatizados para evitar el crecimiento de *Clostridium botulinum* (la bacteria que produce las toxinas que provocan el botulismo). El reservorio de esta toxina es el aire, tierra y polvo, también pueden estar en el agua; la intoxicación con conservas caseras (vegetales o animales) es más frecuente que con las conservas industriales.

#### ***Tipos de aceite comestibles***

La perfecta armonía entre color, olor y sabor indica que la elaboración del aceite se ha hecho de forma correcta y que el producto es de calidad. El consumo de aceite está muy generalizado en todo el mundo. En el mercado existen dos tipos de aceites comestibles, ambos de origen vegetal.

- El aceite de los frutos, obtenido directamente del prensado, donde el aceite de oliva es el único de uso alimentario,
- El aceite de las semillas, cuya obtención no es directa del prensado sino que pasa por una etapa de extracción con disolventes.

#### 2.1.4 Aceites vegetales en cocina

Calentar un aceite cambia sus características. Algunos aceites que son saludables a temperatura ambiente pueden volverse perjudiciales cuando se calientan por encima de ciertas temperaturas. Al elegir un aceite para cocinar, es por tanto, importante tener en cuenta su tolerancia al calor, recurrir al adecuado uso que vaya a dispensársele. Entre los aceites adecuados para fritura a alta temperatura (por encima de 280 °C) están:

- Aceite de colza
- Aceite de almendra
- Aceite de semilla de albaricoque
- El aceite de cártamo o de girasol «alto-oleico» (ricos en grasas monoinsaturadas)
- Aceite de cacahuete
- Aceite de soja
- Aceite de semilla de uva

Entre los aceites adecuados para fritura a temperaturas medias (alrededor de 170 °C) están:

- Aceite de nuez
- Aceite de girasol
- Aceite de sésamo

Los aceites sin refinar deben restringirse a temperaturas inferiores a 105 °C.

#### *Aceite vegetal usado para frituras*

El principal uso del aceite en la cocina es en frituras, donde funciona como medio transmisor de calor y aporta sabor y textura a los alimentos. Uno de los requisitos del aceite de cocina es que sea estable en las condiciones verdaderamente extremas de fritura por inmersión, esto es, altas temperaturas y humedad. En general, en la fritura el aceite debe mantenerse a una temperatura máxima de 180 °C. Si se frien los alimentos a una temperatura demasiado baja, éstos atrapan más grasa. El agua, que es aportada por los alimentos que se frien en el aceite, aumenta la disociación de los ácidos grasos que se produce durante el calentamiento. La hidrólisis genera un aceite de baja calidad con un punto de humo más bajo, un color más oscuro y un sabor alterado. Durante el calentamiento, los aceites también polimerizan, generando un aceite viscoso que se absorbe fácilmente por los alimentos y que genera un producto grasiento. Cuanto más saturados (sólidos) sean los aceites, más estables son frente a la disociación oxidativa e hidrolítica, y menos fácil es que polimericen.

Los aceites ricos en ácido linolénico, como el de soja y el de canola, son particularmente susceptibles de sufrir estos cambios indeseables. Cuando el aceite de soja se hidrogena parcialmente a fin de reducir el ácido linolénico (desde

aproximadamente un 8 por ciento hasta valores inferiores al 3 por ciento), se genera un aceite de freír relativamente estable, que se utiliza en alimentos fritos elaborados, frituras en sartén y a la parrilla, y en salsas. La estabilidad puede aumentarse utilizando aceite de semilla de algodón, aceite de maíz, aceite de palma o palmoleína, o con un aceite de soja más hidrogenado.

Los alimentos que se fríen y almacenan antes de comerlos, como por ejemplo los aperitivos, requieren un aceite aún más estable. Los aceites más saturados mejoran la estabilidad, pero si la grasa de freír es sólida a temperatura ambiente se generará una desagradable superficie dura, indeseable en algunos productos fritos. Cuando los aceites se usan continuamente, como en los restaurantes, se necesita una grasa de freír que sea muy resistente. En estos casos se emplean mantecas más sólidas que maximicen la estabilidad de la grasa durante muchas horas de fritura.

Los aceites de fritura obtenidos a partir del girasol y de cártamo presentan menor estabilidad dado su alto contenido en ácidos grasos. Sin embargo, los aceites de cártamo y de girasol de plantas mejoradas genéticamente, con un alto contenido de ácido oleico, son aceites adecuados para freír.

Recapitulando, para obtener un aprovechamiento óptimo de los aceites de cocina, es necesario distinguir entre distintas condiciones de fritura. Los principales parámetros que se deben vigilar son la duración del uso y la naturaleza de los alimentos que se vayan a freír. Si en el aceite de fritura entran alimentos grasos, los componentes de estos alimentos podrían desestabilizar el aceite, y su contenido de agua podría influir en la operación de fritura. Tiene importancia el hecho de que el uso sea continuo o intermitente, ya que el uso continuado crea una capa de vapor de agua protectora frente a la oxidación. Por último, se debe tener en cuenta la temperatura porque exceder el nivel adecuado de fritura podría afectar la integridad de los aceites convirtiéndolos en perjudiciales para la salud.

Generalmente se suele vigilar satisfactoriamente el uso industrial de las grasas y de los aceites. La operación de fritura continua (que implica la adición constante de aceite fresco) y los requisitos de calidad de los productos aseguran normalmente un buen control de la calidad del aceite. En los hogares, donde los aceites se usan normalmente durante períodos de tiempo mucho más cortos y se desechan después de haberse utilizado una o dos veces, los problemas de estabilidad juegan un papel menos importante. La estabilidad de los aceites es un factor más importante en las operaciones de los servicios de comidas preparadas, donde el calentamiento es intermitente y los aceites pueden usarse durante largos períodos de tiempo.

### ***Cocción segura del aceite***

Partiendo de la base de que la comida frita es la menos saludable para el organismo, se deben tener en cuenta algunos aspectos importantes para hacer esta práctica lo más segura posible. En primer lugar, es importante escoger el aceite adecuado para su cocción. Se debe seleccionar aquel cuya temperatura de fusión sea alta, es decir, el que mejor tolera las altas temperaturas. En los procesos de cocción se alcanzan rápidamente los 180°C y la variedad que mejor soporta estas temperaturas es el

aceite de oliva. Su punto crítico es alrededor de los 210°C. Los más fácilmente degradables y, por tanto, oxidables y generadores de compuestos volátiles no deseados, son aquellos con punto de fusión bajos, por ejemplo los aceites de semillas, cuyo punto crítico se sitúa a partir de los 170°C.

La correcta temperatura de cocción también es un factor importante, es decir, cuando el aceite desprende humo indica que sus componentes se están degradando y empieza a formarse compuestos con un alto poder nocivo para la salud. La temperatura más adecuada para la cocción del aceite es alrededor de los 180°C. En esta temperatura quedan aseguradas las propiedades del aceite.

### ***¿Cuándo cambiar el aceite?***

Lo más importante es saber encontrar el punto medio. A pesar de que reutilizar el aceite es una opción sostenible en términos de ecología, un uso reiterado hace que éste pierda parte de sus propiedades beneficiosas y aparezcan las indeseadas. Por este motivo, se recomienda reutilizar el aceite de tres a cuatro veces como máximo, siempre y cuando esté limpio de impurezas y con poca viscosidad. Esta característica, la viscosidad, aumenta al perder sus propiedades, por lo tanto, un buen indicador para saber si el aceite es apto para reutilizarlo es observando su viscosidad.

### ***Las alternativas entre sartén o freidora***

Cualquiera de las dos opciones es válida. La ventaja de la freidora es que se puede regular la temperatura del aceite y no existe riesgo de quemarlo. No obstante, el aceite que se almacena en las freidoras corre el riesgo de enranciarse y proporcionar mal gusto al producto, por lo que es importante cambiarlo frecuentemente. Además, la freidora conlleva la utilización de una gran cantidad de aceite para las cocciones.

La ventaja de freír con sartén es la cantidad de aceite que se precisa: inferior a la freidora y las probabilidades de enranciarse o de reutilizarlo excesivamente son menores. El inconveniente de freír con sartén es que no se puede controlar la temperatura de cocción y el aceite puede quemarse fácilmente. Se aconseja utilizar sartenes antideslizantes o de fondo grueso ya que guardan mejor el calor y lo distribuyen uniformemente.

### **2.1.5 Almacenaje y conservación del aceite**

Refinados o no, todos los aceites son sensibles al calor, la luz y la exposición al oxígeno. El aceite rancio tiene un olor desagradable y un gusto acre, y su valor nutricional queda muy menguado. Para retrasar este proceso, suele aplicarse un gas inerte, normalmente nitrógeno, al espacio restante del envase justo tras la producción. Este proceso se denomina inertización.

Lo mejor es almacenar todos los aceites en el frigorífico o en un lugar seco y fresco. Los aceites pueden espesar, pero basta con dejarlos reposar a temperatura ambiente para que recuperen la fluidez. Para evitar los efectos negativos del calor y la luz, lo ideal es sacar los aceites del frío el tiempo imprescindible para que vuelvan a

licuarse. Los aceites refinados ricos en grasas monoinsaturadas aguantan hasta un año (si son de oliva, hasta varios años), mientras los ricos en grasa poliinsaturadas se conservan unos seis meses. Los aceites de oliva virgen y extra virgen se conservan un mínimo de 9 meses tras la apertura del envase. Otros aceites monoinsaturados se conservan bien hasta ocho meses, mientras los aceites poliinsaturados sin refinar solo soportan aproximadamente la mitad.

## **2.2 Aceite Vegetal Usado (AVU)**

El desecho adecuado del aceite de cocina usado es una importante preocupación en la gestión de residuos. El aceite es más ligero que el agua y tiende a esparcirse en grandes membranas finas que dificultan la oxigenación del agua. Además, el aceite puede solidificarse en las tuberías provocando atascos.

Debido a ello, el aceite de cocina nunca debe desecharse por el fregadero o el retrete. La forma adecuada de hacerlo es depositarlo en un envase sellado no reciclable y tirarlo junto con la basura normal o bien desecharlo en un punto limpio.

El aceite de cocina puede reciclarse para producir jabón y biodiesel.

### **2.2.1 ¿Qué son los AVU de cocina?**

El ciudadano común y corriente tiene dificultades para diferenciar entre los aceites y grasas comestibles y los aceites minerales cuyo uso primordial es el de lubricantes. Las confusiones se acentúan cuando se comenta el impacto ambiental de los residuos de uno u otro tipo.

Los aceites comestibles proceden tanto del reino vegetal como animal. Se trata básicamente de triglicéridos formados por la unión de ácidos grasos y glicerina. Estas estructuras químicas están presentes en los seres vivos y son perfectamente biodegradables sin requerir ningún tipo de intervención.

Por el contrario los aceites minerales proceden del refinado del petróleo y pueden presentar estructuras químicas no lineales, no degradables por los sistemas biológicos.

Aunque el conjunto puede ser denominado genéricamente como “Aceites” la situación es radicalmente distinta.

### **2.2.2 Reciclar aceites vegetales usados**

Uno de los residuos que se generan diariamente en casa y que menos se recicla es el aceite de cocina usado. Una familia de 4 miembros genera anualmente entre 18 y 24 litros de aceite usado (Según artículo publicado por la Universidad de Salamanca - USAL). Este aceite a pesar que puede ser reciclado fácilmente suele acabar en el desagüe. El aceite usado que llega a las plantas depuradoras de agua requiere de procesos muy costosos para separarlo del agua.

Reciclar el aceite de cocina usado es muy fácil. Se guarda el aceite en un recipiente y cuando está lleno se lleva al punto de reciclaje más próximo donde lo pueden transformar en biodiesel. Por ejemplo, para conseguir biodiesel a partir de aceite

usado solo es necesario filtrarlo y añadir aditivos que mejoran su combustión en los motores diesel de nuestros vehículos.

***¿Por qué reciclar el aceite vegetal usado?***

- Porque luego de ser utilizado en forma reiterada los aceites vegetales desarrollan radicales libres y acrilamidas que son elementos cancerígenos para la salud humana. Por eso el aceite usado tiene una determinada vida útil.
- Porque facilitaría la reutilización del agua depurada.
- Porque su disposición en los desagües cloacales y pluviales obstruyen los conductos perjudicando a toda la población. Su disposición en pozos ciegos también impermeabiliza los mismos e impide la correcta absorción de líquidos.
- Porque su disposición en el sistema de alcantarillas contribuye en la proliferación de organismos perjudiciales para la salud y los malos olores.
- Porque al verterlo en las aguas residuales encarece la depuración de estas.
- Porque podemos recuperarlos y reciclarlos y a partir de ellos elaborar biocombustible que representa un beneficio de alto valor y un aporte muy significativo a toda la comunidad.
- Porque al utilizar Biodiesel producido a partir de ellos se reduciría las sustancias nocivas en la combustión respecto a la combustión de productos derivados del petróleo.
- Porque al utilizar Biodiesel producido a partir de ellos se reduciría la dependencia energética con el exterior.
- Porque al utilizar Biodiesel producido a partir de ellos reduce el “Efecto sumidero”, es decir, eliminamos menos CO<sub>2</sub> que el emitido en la combustión del diesel de petróleo.
- Porque crea puestos de trabajo en el área de gestión del aceite y fabricación de biocombustibles.

**2.3 Biocombustibles**

Los biocombustibles son alcoholes, éteres, ésteres y otros compuestos químicos (Ing. Agr. José Stratta, 2000). Son producidos a partir de biomasa, como las plantas herbáceas, oleaginosas y leñosas, residuos de la agricultura y actividad forestal. También se puede producir a partir de una gran cantidad de desechos industriales, como los desperdicios de la industria alimenticia.

El término biomasa hace referencia a toda materia que puede obtenerse a través de fotosíntesis (Ing. Agr. José Stratta, 2000). La mayoría de las especies vegetales utilizan la energía solar para sintetizar azúcares, partiendo de sustancias simples como el agua y el dióxido de carbono. Posteriormente almacenan esta energía en forma de moléculas de glucosa, almidón, aceite, etc.

Entre los biocombustibles podemos incluir al bioetanol, biodiesel, biometanol, y muchos otros. Los dos productos más desarrollados y empleados de esta clase de combustibles son el bioetanol y el biodiesel.

La sustitución de los combustibles denominados fósiles o tradicionales, derivados del petróleo, por otros de origen vegetal, cobra una gran importancia en nuestros días por varias razones fundamentales. En primer lugar el hecho de provenir de una fuente renovable, luego por ser un instrumento de lucha contra el deterioro medioambiental, además por el alza del precio internacional del petróleo, finalmente por ser un factor de desarrollo de la agricultura e industrias derivadas.

En nuestro país, existen leyes que regulan la comercialización de los biocombustibles, éstas son:

- Ley N° 28054, Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles.
- D.S. N° 013-2005 EM Reglamento de la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles.
- D.S. N° 021-2007-EM Reglamento de Comercialización de Biocombustibles.

En cuanto a la comercialización de biocombustibles en nuestro país podemos mencionar:

- Biodiesel B100 y Diesel B20 pueden comercializarse por los Distribuidores Mayoristas a los Consumidores Directos autorizados por la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) para adquirir estos productos.
- Obligatoriedad en los Porcentajes de Mezcla
  - Alcohol Carburante (Etanol Anhidro desnaturalizado) en las gasolinas
  - 7,8% a partir del 2010 el Gasoil será de uso obligatorio en todo el país.
- Biodiesel en el Diesel
  - 2% (B2) a partir del año 2009
  - 5% (B5) a partir del año 2011 en reemplazo del B2 en el diesel.
- La Norma Técnica de Biocombustibles, viene regulada por la Instalación del Subcomité de Normas Técnicas – INDECOPI.

### **2.3.1 ¿Qué es el Biodiesel?**

En la página oficial de la American Society for Testing and Materials (ASTM) define al biodiesel como “un combustible compuesto por ésteres monoalquílicos de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores Diesel”, también se puede utilizar en calderas de calefacción.

En términos más simples: el biodiesel es un combustible de origen orgánico producido a partir de aceites vegetales o grasas animales; asimismo, puede ser utilizado como sustituto o aditivo del diesel 2 convencional. El término “bio” hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diesel tradicional derivado del petróleo; por su parte, diesel alude a su uso en motores de este tipo.

El biodiesel se puede usar puro (B100) o mezclado con gasoil en cualquier porcentaje, por ejemplo 20% de biodiesel con 80% de gasoil (B20). Es un combustible

renovable y limpio (combustible vegetal) que además contribuye a la conservación del medio ambiente, gracias a la utilización como materias primas de aceites vegetales. En comparación con el Diesel de origen fósil, el biodiesel puede producirse a partir de aceites vegetales de diferentes orígenes como colza, soja. Sin olvidar otros aceites vegetales tales como aceite para cocinar usado o incluso grasa animal.

Se debe señalar que el aceite vegetal virgen se extrae de la semilla cultivada dejando atrás la harina de semilla que puede usarse como forraje animal. El aceite es refinado antes de incorporarlo al proceso de producción de biodiesel. Aunque existen más de 300 tipos de oleaginosas, las más comunes en la producción de Biodiesel son la colza, soja, el girasol, el piñón y la palma.

Los aceites vegetales reciclados provienen de los aceites utilizados en sectores como hotelería, alimentario, cocinas domésticas, etc. Al reciclar los aceites vegetales usados evitamos su vertido, salvaguardando la contaminación de las aguas ya antes señaladas.

### ***Utilidad del biodiesel***

- El biodiesel se puede utilizar en todo tipo de vehículos que usen gasoil.
- No hace falta efectuar ningún tipo de modificación en el motor, porque su rendimiento y consumo es idéntico al del gasoil convencional.
- Por las propiedades del componente de aceite vegetal (girasol, soja, colza, oliva) se incrementa el parámetro de lubricidad y detergencia, manteniendo el motor más lubricado y limpio.

### ***Ventajas y desventajas del uso de biodiesel***

#### **Ventajas:**

- Es el único combustible alternativo que cumple con los requisitos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), bajo la sección 211(b) del “Clean Air Act”.
- Es el único combustible alternativo que funciona en cualquier motor diesel convencional, sin ser necesaria ninguna modificación.
- Puede usarse puro o mezclarse en cualquier proporción con el gasoil.
- En el balance final no hay aumento de emisiones de dióxido de carbono, ya que las reducidas emisiones en comparación con el diesel convencional, se compensan con la absorción de CO<sub>2</sub> por parte de los cultivos oleaginosos.
- Contiene 11% de oxígeno en peso y no tiene azufre. El biodiesel puede extender la vida útil de los motores porque posee mejores cualidades lubricantes que el combustible tradicional.
- Es seguro de manipular y transportar (tiene un punto de inflamación de aproximadamente 150°C, mientras que el gasoil alcanza los 50°C).
- Puede producirse a partir de cultivos que abundan en nuestro país, como lo es la soja. Por cada litro de aceite tratado se obtiene prácticamente un litro de Biodiesel. (Keith Addison, 2001)

- Se obtiene a partir de aceites vegetales usados. No sólo la fuente es renovable, sino que reduce la producción de un residuo contaminante.
- Durante la fabricación de biodiesel, se generan subproductos fácilmente utilizables como la glicerina.
- El aprovechamiento energético del biodiesel, contribuye a la diversificación energética.
- El biodiesel es un producto biodegradable.
- El biodiesel, aún usado en mezclas de solo 10% por 90% de diesel convencional, reduce notablemente las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), compuestos aldehídicos como el formaldehído y el acetaldehído y, prácticamente, elimina las emisiones de benceno, que es un peligroso compuesto cancerígeno.
- La combustión del biodiesel produce menos humo visible y menos olores desagradables que su antecesor derivado del petróleo, por lo que su uso como sustituto o complemento del diesel puede contribuir a disminuir la polución del aire y los riesgos a la salud pública relacionados con ella.

#### **Desventajas:**

- Reducción de las prestaciones del motor, entre el 3% y el 5% promedio en la potencia máxima.
- Incompatibilidad de algunos componentes de caucho y elastómeros (retenes, mangueras) del motor.
- Tendencia a aflojar cierto tipo de pinturas.
- Dilución del aceite del cárter por presencia de combustible, debiendo acortarse los períodos de cambio de aceite.
- Formación de mayores depósitos carbonosos en válvulas de admisión.
- Su producción causa potenciación de los monocultivos intensivos, con el consiguiente uso de pesticidas y herbicidas y la posible pérdida de biodiversidad.
- Causan mayores emisiones de óxidos de nitrógeno, que afecta principalmente al sistema respiratorio de las personas.

### **2.3.2 Alternativas de reutilización**

#### ***Los AVU como biocombustible***

Hay al menos tres formas de hacer funcionar un motor diesel con aceite vegetal, o con grasa de animales. Puede hacerse tanto de aceites nuevos como de aceites de cocina usados:

- Mezclar el aceite con alguno de estos productos: queroseno, diesel mineral (procedente del petróleo), biodiesel, o gasolina.
- Usarlo directamente sin mezclar con nada.
- Convertirlo en biodiesel.

Los dos primeros métodos parecen más sencillos, pero la sencillez es sólo aparente.

### ***Mezclarlo***

El aceite vegetal es mucho más viscoso que el diesel mineral y que el biodiesel. La finalidad de mezclarlo con otros combustibles es reducir su viscosidad, para que pueda fluir mejor por el sistema de combustible hasta la cámara de combustión. Si se mezcla aceite vegetal con queroseno o con diesel, todavía se consume combustible fósil. Más limpio, pero no lo suficiente. De todas formas, por cada litro de aceite vegetal se ahorra un litro de combustible fósil y se libera en la atmósfera muchos menos gases de efecto invernadero. Se hacen distintas mezclas, desde un 10% de aceite y 90% de diesel mineral, hasta 90% aceite y 10% diesel.

Las mezclas se hacen innecesarias si se instalará en el vehículo un sistema con precalentamiento para aceite vegetal, preferiblemente que requiera diesel o biodiesel para el arranque y la parada.

Las mezclas con disolventes o con gasolina sin plomo son experimentales, se sabe muy poco sobre sus efectos en las características del combustible, y sobre los efectos en el motor a largo plazo. (Keith Addison, 2001)

La mayor viscosidad no es el único problema de utilizar aceite vegetal como combustible. Las características químicas y de combustión del aceite son distintas de las del diesel mineral para el cual están diseñados los motores diesel. Estos motores necesitan que el combustible tenga ciertas características, especialmente los más modernos. Son motores resistentes, pero no es bueno maltratarlos.

Aunque no hay garantía de ello, se dice que una mezcla de 20% de aceite vegetal de buena calidad con 80% de diesel mineral es bastante segura para motores antiguos, especialmente en verano. En los demás casos haría falta una solución profesional para aceite vegetal, o biodiesel. (Keith Addison, 2001)

Las mezclas generalmente no son una buena solución, aunque tienen ventajas cuando hace frío. Como ocurre con el biodiesel, algo de queroseno o diesel mineral mezclado con el aceite baja la temperatura de congelación de la mezcla.

### ***Uso directo del aceite vegetal***

El aceite vegetal puede ser una opción eficaz, limpia y económica.

A diferencia de lo que ocurre con el biodiesel, para el aceite vegetal sí hay que modificar el motor. Lo mejor es instalar un sistema para aceite vegetal que tenga un depósito con nuevos inyectores y bujías diseñados para aceite vegetal, y con precalentamiento del combustible. Por ejemplo, el sistema Elsbett de un depósito funciona con diesel mineral, biodiesel, aceite vegetal, o cualquier mezcla entre ellos. Se puede conducir como un coche normal, sin preocuparse por el combustible.

También existen sistemas para aceite vegetal con dos depósitos y precalentamiento del aceite. Hay que arrancar con diesel mineral o biodiesel, en uno de

los depósitos, y luego cambiar al aceite cuando esté lo bastante fluido (en el otro depósito). Un poco antes de parar el motor hay que cambiar otra vez al diesel, o biodiesel, para no estropear los inyectores.

### ***¿Biodiesel o aceite vegetal?***

El biodiesel tiene algunas ventajas claras respecto al aceite vegetal: funciona en cualquier motor diesel sin tener que modificarlo. Cuando hace frío el biodiesel funciona mejor que el aceite vegetal, aunque no tan bien como el diesel mineral. A diferencia del aceite vegetal, el biodiesel está respaldado por muchos estudios realizados y en ejecución en distintos países, incluyendo millones de kilómetros en carretera. Entre estos estudios podemos señalar el “Estudio comparado entre el combustible Diesel y Biodiesel” realizado por el Gobierno argentino, o el estudio sobre el Biodiesel realizado por Ing. Carlo Muñoz López en el Estado de Jalisco, Mexico.

El biodiesel es un combustible limpio, seguro y listo para usar, mientras que muchos de los sistemas para aceite vegetal son aún experimentales y necesitan más desarrollo. Por otra parte, el biodiesel puede ser más caro, dependiendo de la escala de producción, de la materia prima y de si se compara con el precio del aceite usado (cocinado) o del aceite nuevo. Además el biodiesel hay que procesarlo más que el aceite vegetal.

No parece que esto importe a los productores domésticos de biodiesel, cuyo número aumenta rápidamente en todo el mundo. Fabrican su propio biodiesel una vez a la semana, o una vez al mes. Algunos llevan años haciéndolo (Keith Addison, 2001).

De todas formas, el aceite también hay que procesarlo, especialmente el aceite de fritura usado, que mucha gente prefiere porque es gratuito o muy barato. El aceite usado hay que filtrarlo y quitarle el agua, y a veces también hay que rebajar su acidez. Los productores de biodiesel opinan que es mejor aprovechar el tiempo haciendo biodiesel, mientras que los que usan el aceite directamente dicen que limpiar el aceite da mucho menos trabajo.

### **2.3.3 Biodiesel de aceites vegetales usados**

#### ***Insumos y suministros***

- Aceite.- El aceite es el principal insumo para la producción de biodiesel. Puede ser producido a partir de cualquier aceite o grasa de origen orgánico (animal o vegetal), incluyendo aceites residuales ya usados en frituras o recuperados de trampas de grasas, etc. Sin embargo, de la calidad de este insumo dependerá la necesidad de un previo tratamiento más o menos complejo que hará el proceso más o menos caro. No es posible elaborar biodiesel a partir de aceites minerales como los lubricantes (Fernando Acosta, 2008).
- Alcohol.- Se emplea alcohol metílico o metanol de 95% de pureza. La cantidad requerida para la elaboración de biodiesel es de aproximadamente el 15% ó 20% del volumen de aceite a procesar. Esta sustancia es tóxica cuando se ingiere, se inhala o tiene contacto con la piel, es altamente inflamable y arde con llama

incolora. Su manipulación debe hacerse tomando todas las precauciones del caso. De hecho, también se puede utilizar alcohol etílico o etanol, siempre y cuando sea anhidro o tenga una pureza de 99.5%.

- Catalizador.- El catalizador puede ser hidróxido de sodio (NaOH, soda cáustica) o hidróxido de potasio (KOH, potasa cáustica), de grado industrial, en escamas o en perlas. Se ha preferido el hidróxido de potasio pues presenta ventajas al momento de disolverlo en el alcohol, favorece una transformación más completa del aceite en biodiesel. En caso se desee purificar la glicerina para su venta; permite obtener un subproducto utilizable como fertilizante (fosfato de potasio). En caso de trabajar con grasas, la glicerina se mantiene en estado líquido al enfriar, mientras que el NaOH se solidifica y hace difícil su separación del biodiesel por decantación en el reactor.

La cantidad a aplicar de catalizador depende del nivel de acidez del aceite a tratar. Tanto el NaOH como el KOH son corrosivos para diversos materiales, y resultan irritantes para la piel y las mucosas.

- Agua.- Se requiere agua corriente para el proceso de lavado del biodiesel. El efluente resultante es alcalino y tiene un contenido significativo de jabones, grasas y trazas de metanol.
- Energía.- Se necesita energía eléctrica (monofásica o trifásica, de 220 voltios) para los motores, bombas y otros equipos utilizados en el proceso de producción.
- Insumos opcionales.- Si, de acuerdo con la normatividad nacional, fuera necesario tratar el efluente antes de descargarlo al desagüe, se requerirá de sulfato de magnesio como floculante. También se puede utilizar una trampa de grasa para separar las emulsiones formadas durante el proceso de purificación.

Asimismo, para la neutralización y parcial purificación de la glicerina se requiere ácido fosfórico. Este ácido también puede ser utilizado para facilitar y mejorar los resultados de la etapa de lavado del biodiesel, aunque no resulta imprescindible.

### ***Proceso de producción de biodiesel***

El proceso de producción del biodiesel es bien conocido. Hay tres maneras de producir biodiesel a partir de aceites y grasas:

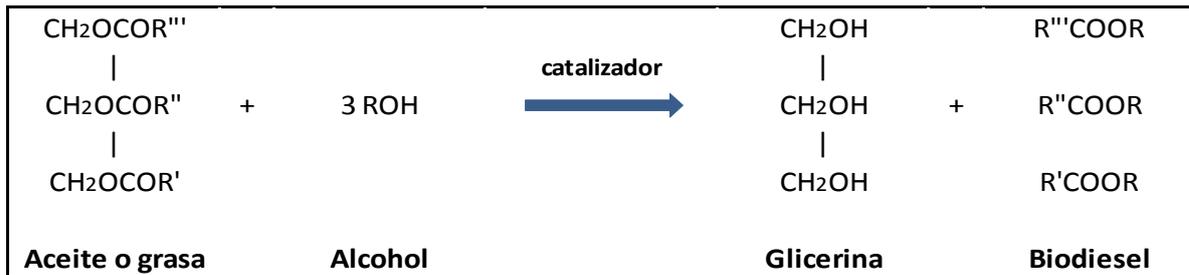
- Transesterificación del aceite catalizada por bases.
- Transesterificación del aceite catalizada por ácidos.
- Descomposición del aceite en sus ácidos grasos, y luego, obtención del biodiesel.

La mayoría del biodiesel se produce con la reacción catalizada por bases, por varias razones:

- Se utilizan presiones y temperaturas bajas.

- Tiene un alto porcentaje de conversión (98%), las reacciones secundarias son mínimas y el tiempo de reacción es muy corto.
- Es una conversión directa del aceite o grasa a biodiesel sin formación de compuestos intermedios.
- No se necesitan materiales de construcción especiales.

La reacción química para la producción de biodiesel catalizada por bases es la siguiente:



- 1 litros de grasa o aceite reaccionan con 0.2 litros de un alcohol de cadena corta (metanol o etanol), en presencia de un catalizador (KOH o NaOH), para producir 0.2 litros de glicerina y 1 litros de biodiesel.
- El alcohol se agrega en exceso para aumentar la velocidad de reacción.
- El catalizador es previamente mezclado con el alcohol.
- R', R'', y R''' indican las cadenas de ácidos grasos que componen el aceite o grasa.

El esquema del proceso de producción de biodiesel, se indica en la figura 2.1.

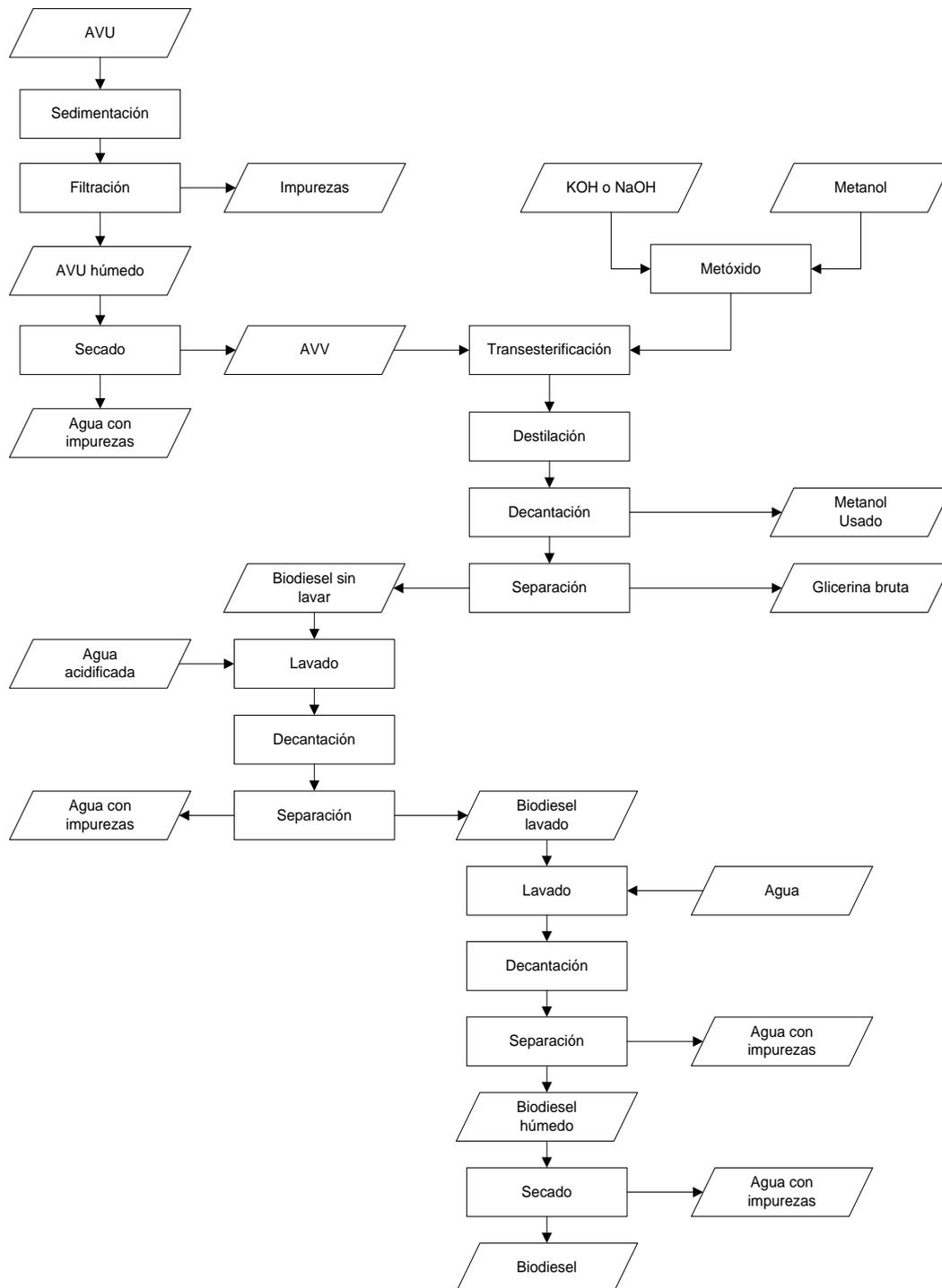
La producción de Biodiesel mediante catálisis básica consiste en los siguientes pasos:

- Mezclado de alcohol y catalizador: Los catalizadores más utilizados son hidróxido de sodio o hidróxido de potasio. La base se disuelve en metanol usando un agitador o mezclador.
- Reacción: La mezcla alcohol/catalizador (metóxido) se carga en un reactor cerrado, y se agrega el aceite o grasa.

Desde este momento el sistema permanece cerrado para evitar la pérdida de alcohol. La mezcla se mantiene a una temperatura apenas superior al punto de ebullición del metanol (alrededor de 70°C) para acelerar la reacción. El tiempo de reacción varía de 1 a 8 horas, en función de la cantidad de AVU a procesar. Se usa un exceso de alcohol para asegurar la total conversión del aceite o grasa en sus ésteres.

Se debe controlar la cantidad de agua y ácidos grasos libres en el aceite o grasa utilizado. Si las cantidades de ácidos grasos libres o de agua son muy elevadas se pueden producir dos problemas: formación de jabones y dificultades en la separación de la glicerina en la etapa siguiente.

Figura 2.1 Esquema de proceso de producción de biodiesel



Fuente: Elaboración propia.

- Separación: Una vez terminada la reacción, se obtienen dos productos principales: glicerina y biodiesel. La glicerina es mucho más densa que el biodiesel, por lo tanto las dos fases se separan por acción de la gravedad. Para acelerar la velocidad de separación se usan centrifugas. Si es necesario, la

mezcla de reacción se neutraliza. Ambas fases contienen una cantidad importante de metanol, la cual es recuperada por destilación para poder ser usada nuevamente.

Eliminación del alcohol de ambas fases y posterior recuperación. Una vez que la glicerina fue separada del biodiesel, el exceso de alcohol de cada fase es eliminado por evaporación rápida o por destilación. En otros sistemas, los procesos de eliminación del alcohol y de neutralización se realizan antes que la glicerina y el biodiesel se hayan separado en dos fases. En ambos casos el alcohol eliminado es recuperado y reutilizado. Hay que asegurarse que el alcohol recuperado no contenga agua.

- Neutralización de la glicerina: La glicerina obtenida contiene restos del catalizador sin usar y jabones, los cuales son neutralizados con ácido. Esta glicerina se almacena como glicerina cruda. En algunos casos las sales formadas se separan de la glicerina y se utilizan como fertilizantes. El agua y el alcohol se eliminan, obteniéndose así glicerina al 80-88%, la cual se vende como glicerina cruda. Usando procesos más sofisticados se puede obtener glicerina con un grado de pureza de 99% o superior, la cual es vendida a la industria farmacéutica o cosmética.
- Lavado del Biodiesel: Una vez separado de la glicerina, el biodiesel es purificado mediante un lavado cuidadoso con agua tibia para eliminar restos de catalizador y jabones, luego secado, y almacenado. En algunos procesos este paso es innecesario. Normalmente este es el fin del proceso de producción, obteniendo como producto un líquido claro, de color amarillo-ámbar con una viscosidad similar al gasoil. Algunos procesos incluyen una destilación adicional, para eliminar pequeñas cantidades de sustancias coloreadas, logrando un producto incoloro.

Los aspectos más importantes a tener en cuenta en la producción del biodiesel, para asegurar un correcto desempeño en el motor Diesel son:

- Reacción de transesterificación completa.
- Eliminación de la glicerina.
- Eliminación del catalizador.
- Eliminación del alcohol.
- Ausencia de ácidos grasos libres en el producto final.

#### **2.3.4 Requisitos de calidad del biodiesel (B100)**

La calidad del Biodiesel está dada por varios factores especificados en la Norma IRAM 6515-1 Calidad de combustibles - Combustibles líquidos para uso en automotores biodiesel, la cual establece los requisitos para biodiesel (B100).

Estas especificaciones tienen como objetivo asegurar la calidad del biodiesel que será usado puro o mezclado en un porcentaje no menor al 5% con gasoil. Están basadas en las propiedades físicas y químicas necesarias para lograr un desempeño seguro y

satisfactorio del motor diesel. No están basadas en las materias primas ni en los procesos de producción usados para la obtención del biodiesel.

En el anexo 1 se muestra una tabla de estándares de calidad del biodiesel según normas técnicas internacionales y nacionales.

### **2.3.5 Materias primas utilizables**

El Biodiesel puede producirse a partir de una gran variedad de aceites o grasas:

- Grasas animales: sebo, tocino, grasa blanca, amarilla, grasa de aves y aceites de pescados.
- Aceites vegetales: soja, maíz, canola, girasol, cártamo, semillas de algodón.
- Grasas y aceites reciclados: aceite de cocina o frituras usados.

También es posible obtener biodiesel a partir de otros tipos de materia prima, tales como aceite de palma, nueces, coco, oliva, sésamo e incluso con aceites producidos por algas, hongos y bacterias.

A diferencia de la composición química del diesel, que contiene cientos de compuestos diferentes, la composición química de las diferentes grasas y aceites utilizados para fabricar biodiesel, no varía mucho entre sí. Cada molécula de grasa o aceite contiene un esqueleto de tres carbonos, y cada uno de esos carbonos tiene acoplada una cadena de ácidos grasos. Estas cadenas son las que reaccionan con el metanol, para obtener el biodiesel.

Las grasas y aceites listados más arriba contienen diez tipos de ácidos grasos, los cuales tienen entre 12 y 22 carbonos, siendo más del 90% de ellos cadenas de entre 16 y 18 carbonos. Algunos de estos ácidos grasos son saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.

Dentro de los límites de las especificaciones, los diferentes niveles de saturación pueden afectar algunas propiedades del biodiesel como combustible. Estas características deben ser tenidas en cuenta al elegir la materia prima a utilizar.

Un biodiesel “perfecto” se obtendría sólo a partir de ácidos grasos monoinsaturados.

Estas son tendencias generales que pueden ser modificadas por otros factores, tales como el agregado de aditivos y el rendimiento obtenido con distintas materias primas.

## **2.4 Gestión de Aceites Usados de Cocina**

Existen muchos modelos para el manejo de los aceites vegetales usados de cocina a nivel municipal, pero para ello es importante realizar un censo detallado de la población, para elegir el modelo más adecuado y que presente los mejores resultados. Las mayores prioridades de la administración municipal en lo que respecta al manejo de aceites usados de cocina deben ser:

- Instalar un centro de acopio de AVU y dar un tratamiento adecuado, teniendo en cuenta aspectos ambientales y económicos.

- Promover campañas y programas educativos, orientados a concientizar a la población sobre la buena gestión de los AVU, disminución de la generación de AVU y promoción de la colecta selectiva.
- Dar un destino final adecuado a los AVU evitando desequilibrios ambientales.

#### 2.4.1 Desperdicios urbanos

Se entiende como desperdicios urbanos el complejo y heterogéneo residual producido por la actividad humana en general. Sus principales componentes son: los desperdicios del hogar, rastrojos vegetales, residuos animales, y otros provenientes de casas, instituciones, restaurantes, mercados, industrias, hoteles, camales, etc.; que tiene por su estructura de constitución, diversa naturaleza. Rosales y Miglio (1989) presentan la siguiente clasificación:

- Compostables: Fermentables y fertilizantes (Por ejemplo residuos de comida o residuos vegetales).
- Recuperables no compostables: no fermentables/ no fertilizantes.
- No recuperables.

#### 2.4.2 Contribución de la población

- Colaborar con los sistemas de limpieza en la localidad, depositando los residuos en los recipientes adecuados.
- Evita arrojar y quemar los residuos.
- Todos los municipios tienen que recoger y disponer en forma sanitaria los residuos urbanos. Nos corresponde pagar puntualmente por dichos servicios.
- Practicar e incentivar las 3R: reducir, reusar y reciclar.

#### 2.4.3 Las 3R

Se trata de un conjunto de acciones que tienen como objetivo reducir la cantidad y toxicidad de los aceites vegetales usados que producimos diariamente:

**Reduce** la mayor cantidad de residuos posibles.

**Reusa** todo lo que se es posible antes de desecharlo.

**Recicla** los residuos para elaborar nuevos productos.

#### *Reduce*

Ésta es la más importante de las 3R porque evita la generación excesiva de residuos.

Mencionamos algunas recomendaciones:

- Planificar y comprar sólo lo necesario.
- Escoger y comprar productos de mayor calidad.

- Controlar el uso del aceite, cuidando que no exceda los valores críticos de usabilidad. (Temperatura 180°C, baja densidad, color claro)

### ***Reusa***

Lo que para unos es basura, para otros es un recurso. Los aceites vegetales usados pueden ser reutilizados para su función original o para otros usos.

Mencionamos algunas recomendaciones:

- Mantener y controlar el aceite que aún se puede utilizar.
- Buscar en forma creativa, darle otro uso a los envases y materiales que contienen los aceites que ya no se utilizan.
- Aprovechar los residuos de aceite, para hacer jabones o biodiesel.

### ***Recicla***

Consiste en el aprovechamiento de los residuos para fabricar nuevos productos y, al igual que la reducción y el reuso, debe iniciarse desde el lugar de generación. Cuando se refiere al procesamiento de materia orgánica en dirección a la biometanización o compostaje recibe el nombre de reciclaje orgánico. El tratamiento se basa en la operación o conjunto de operaciones que cambian las características físicas, químicas o biológicas de un residuo para reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que pueden contener, recuperando sustancias valorizables facilitando su uso y favoreciendo su disposición.

Mencionamos algunas recomendaciones:

- Separar los aceites vegetales usados que se generan en dos grupos: los reciclables y los no reciclables, según su nivel de acidez.
- Promover la recolección selectiva de aceites vegetales usados en todo lugar.
- Elaborar compost (abono orgánico) aprovechando los residuos sólidos de comidas, etc.

#### **2.4.4 Colecta selectiva**

La colecta selectiva consiste en que la misma población separa residuos secos (materiales reciclables) de residuos húmedos (materia orgánica, aceites usados de cocina) y la administración municipal realiza la colecta en días alternados para residuos secos y húmedos. La selección de los residuos húmedos presenta las siguientes ventajas:

- Aprovechamiento al máximo del potencial de aceites usados de cocina.
- Disminución en la producción de materiales que no se pueden reciclar.
- Brinda la posibilidad de generación de empleo y mejoramiento de ingresos, con la conformación de asociaciones de recolectores y recicladores.
- Mejora el aseo en zonas públicas.
- Reduce los gastos públicos al hacer una colecta programada.

### 2.4.5 Beneficios de practicar las 3R

#### *Ambientales*

- Disminución de la cantidad de residuos y preservación de los recursos naturales.
- Disminución de los focos de contaminación ambiental.
- Empresas y ciudades más limpias.

#### *Sociales*

- Desarrollo de cultura ambiental en todas las personas.
- Mejor calidad de vida en un ambiente sano.
- Mayor participación y cambio de actitud de la población.

#### *Económicos*

- Menores costos de recolección y disposición final.
- Ingresos por la venta de residuos.
- Mayor vida útil de los rellenos sanitarios.

### 2.4.6 Disposición Final de Residuos

Según Rosales y Miglio (1989), una vez recolectados los desperdicios urbanos, deben ser eliminados sin producir efectos negativos al medio ambiente, en una operación que se denomina “Disposición de Desperdicios”. Existen varios métodos para esta disposición, como:

- Descarga sobre tierra.
- Vertimiento al mar, ríos o lagos.
- Trituración y vaciado en redes de desagüe.
- Relleno sanitario.
- Incineración.
- Industrialización por reducción.
- Industrialización por compostaje.
- Tecnología para producción de Biogas.
- Tecnología para producción de Biodiesel.
- Etc.

De ellos, los tres primeros son ampliamente rechazados, mientras que los que implican transformación van adquiriendo cada vez más relevancia en el contexto de equilibrio ecológico actual.

Los criterios que deben regir para la selección de un método de disposición son:

- Cumplir con los requisitos de higiene y proyección medio ambiental.

- Evitar contaminación, humo y malos olores.
- Eliminar totalmente los desperdicios.
- Eliminar e impedir la proliferación de roedores e insectos.
- Permitir la segregación en forma higiénica.
- Localizarse a distancia prudente de la comunidad.
- Permitir la expansión de la ciudad.
- Flexibilidad para afrontar incremento de los volúmenes.
- Aspecto estético.
- Económico en inversión y en costo de operación.
- Maximizar el uso de desperdicios.

#### **2.4.7 Factores que influyen en la composición de los aceites usados de cocina**

**El clima.** En áreas húmedas como Sao Paulo, Brasil, el contenido de humedad de los residuos sólidos es comúnmente de 50%.

**La frecuencia de recolección.** Las recolecciones más frecuentes tienden a aumentar la cantidad anual. Es por eso que la cantidad de materiales orgánicos debe ser relativamente constante.

**El uso común de contenedores domésticos para AVU.** Los contenedores controlan, pero no aseguran, la adecuada eliminación de los AVU.

**Las costumbres sociales.** Ciertos grupos étnicos consumen pocos alimentos de preparación rápida, por lo cual se producen menos AVU y más de alimentos crudos.

**El ingreso per cápita.** Las áreas de bajos ingresos producen menos residuos totales, aunque con un contenido alimenticio mayor, es decir residuos orgánicos en su mayoría.

**La aceptabilidad de alimentos empacados y de preparación rápida.** En Estados Unidos y Canadá, y en las grandes capitales, el uso generalizado de los alimentos pre-cocidos ha reducido la generación de AVU a nivel doméstico.

**El grado de urbanización e industrialización del área.** En áreas rurales y en áreas de viviendas unifamiliares es posible la conversión en abono gracias al reciclaje y la recuperación. Es por ello que los AVU de este tipo de fuentes pueden ser inferiores en cuanto a cantidad y tener distintos componentes que los de áreas metropolitanas industrializadas con viviendas multifamiliares.

En la figura 2.2 veremos el ciclo que llevan los AVU y la disposición final.

Figura 2.2 Esquema del ciclo de los aceites vegetales usados



Fuente: Internet (<http://www.biodisol.com/>)

#### 2.4.8 Sistema de manejo de AVU

Básicamente el sistema de manejo de los AVU se compone de cuatro sub sistemas:

- Generación:** Cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una organización usualmente se vuelve generadora cuando su proceso genera un residuo, o cuando lo derrama o cuando no utiliza más un material.
- Transporte:** Es cuando se traslada el residuo. El transportista puede transformarse en generador si el vehículo que transporta derrama su carga, o si acumula lodos u otros residuos del material transportado.
- Tratamiento y disposición:** El tratamiento incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Respecto a la disposición, la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario.
- Control y supervisión:** Este sub sistema se relaciona fundamentalmente con el control efectivo de los otros tres sub sistemas.

### 2.5 Diseño de mini planta para producción de biodiesel

#### 2.5.1 Proceso Productivo

En la actividad económica se debe tener en cuenta la Producción, la Circulación, la Distribución y el Consumo. La Producción se entiende genéricamente como el Proceso de obtención de bienes aptos para satisfacer las necesidades, partiendo de la transformación de los insumos.

De acuerdo a la naturaleza de las operaciones, esta planta se clasifica como secundaria o de transformación, dado que se recolectará los aceites de cocina usados (materia prima), para convertirlo en biodiesel (producto).

La planta estará ubicada en un lugar estratégico, que permita el fácil acceso de los insumos necesarios para ponerla en funcionamiento. Se iniciará con una pequeña planta de producción de 50 litros de biodiesel por día, debido a que la oferta de aceites de cocina usados se reduce a los establecimientos de comida, principalmente pollerías y chifas. Bajo este sistema se procura conseguir resultados uniformes en cuanto al procesamiento de los AVU, llevando un control del proceso hasta conseguir la automatización. Luego que el proceso se encuentre bien definido, y logre penetrar en el mercado local, se puede ampliar la pequeña planta, convirtiéndola en una industrial que cubra las necesidades de toda la provincia. Se puede trabajar con una empresa encargada de la recolección, o para mejorar la eficiencia dicha labor puede ser parte de la responsabilidad del Municipio, que según ley, es su obligación.

La planta será la única en su rubro en la zona, que producirá biodiesel, del modo planteado. A medida que se vaya desarrollando el tema aplicativo se podrá automatizar el proceso consiguiendo una mayor reducción en los gastos operativos, que la planteada inicialmente. Se menciona esto, ya que la idea es hacer autosostenible el mantenimiento de la planta.

Para definir los puntos básicos, necesarios para el diseño de planta, hacemos mención de algunos conceptos que se podrían aplicar en el desarrollo del tema de tesis.

En primer lugar la racionalización de la producción, puede entenderse a su vez como la aplicación de métodos laborales u organizativos con el fin de mejorar o aumentar la producción y/o resultados o rendimientos técnicos económicos.

Es por ello que la racionalización técnica aplica medidas tendientes a lograr mayor producción a menor costo mediante adelantos técnicos e innovaciones. La racionalización económica busca normar volúmenes y condiciones de producción para alcanzar los objetivos antedichos.

Históricamente, algunos métodos de racionalización técnica han sido:

- Taylorismo.- Estudios de tiempo y movimientos, a fin de ahorrar tiempo eliminando movimientos inútiles (Federico Taylor). Otra forma de esta propuesta es el Stajanovismo, específicamente aplicado a la minería (Alexei Stajanov).
- Fayolismo.- Estudios organizativos y jerárquicos. Un fruto de ello son los organigramas. (Henry Fayol).
- Fordismo.- Metodología de incentivos en relación con incrementos productivos.

Más reciente y específicamente, se ha definido la Administración de Operaciones como el estudio de la toma de decisiones en la función de producción; o alternativamente el manejo de los sistemas de transformación que convierten insumos en bienes o servicios (Schroeder, 1996). Estos insumos o materias primas se convierten en productos mediante la Tecnología del Proceso, que es el método particular que se utiliza para hacer la transformación (Schroeder, 1996).

Según Schroeder (1996), la tecnología es el grupo de procesos, herramientas, métodos, procedimientos y equipos para producir bienes o servicios. La selección de una tecnología debe incluir tanto variables técnicas como sociales (fijación de tareas, condiciones de trabajo, etc.) que propendan a la optimización integral.

La teoría o enfoque de la Administración de Operaciones, asume cinco grandes áreas de responsabilidad en el contexto de la toma de decisiones durante el proceso productivo que maneja, siendo ellas: el Proceso mismo, la Capacidad, Inventarios, Fuerza de trabajo y la Calidad. Estas áreas de decisión se encuentran en la mayoría de las empresas o de las unidades estratégicas de negocios que desarrollan, si es que no en todas.

Schmenner (1987), indica que el Proceso Productivo puede adoptar, en función del flujo o secuencia de operaciones, tres tipos o clases diferentes de procesos, así tenemos: Procesos de flujo en línea, de flujo Intermitente y de Proyecto específico. El primero se caracteriza por una secuencia lineal de operaciones; la intermitente por la producción de lotes a intervalos intermitentes; mientras que el tercero se usa para la producción de bienes únicos; en este último propiamente no hay un flujograma pero sí una secuencia de actividades.

La mayoría de procesos pueden mejorarse si se hace un diagrama de Flujo de éstos; la idea básica es definir cada uno de estos pasos que se incluyen en la secuencia y la relación entre ellos.

### **2.5.2 Sistema Productivo**

Los procesos productivos son una secuencia de actividades requeridas para elaborar un producto (bienes o servicios).

Generalmente existen varios caminos que se pueden tomar para producir un producto, ya sea éste un bien o un servicio. Pero la selección cuidadosa de cada uno de sus pasos y la secuencia de ellos nos ayudarán a lograr los principales objetivos de producción.

1. Costos (eficiencia)
2. Calidad
3. Confiabilidad
4. Flexibilidad

Una decisión apresurada al respecto nos puede llevar al “caos” productivo o a la ineficiencia.

Para nuestro caso el tipo de sistema de producción que aplicaremos será un proceso lineal. Se caracteriza porque se diseña para producir un determinado bien o servicio; el tipo de la maquinaria, así como la cantidad de la misma y su distribución se realiza sobre la base de un producto definido.

Al lograr altos niveles de producción debido a que se fabrica un solo producto, su maquinaria y aditamentos son los más adecuados. Cada operación del proceso y el

personal puede adquirir altos niveles de eficiencia, debido a que su trabajo es repetitivo. Su administración se enfoca a mantener funcionando todas las operaciones de la línea. Esto lo logra a través de un mantenimiento preventivo eficaz que disminuya los paros y un mantenimiento de emergencia que minimice el tiempo de reparación. No se debe olvidar que el paro de una máquina ocasiona un cuello de botella que afecta a las operaciones posteriores y en algunos casos paraliza las siguientes operaciones.

También es muy importante seleccionar y capacitar adecuadamente al personal, que debe poseer la habilidad potencial suficiente de acuerdo a la operación para la cual fue asignado.

Se le recomienda un control permanente de producción en cada etapa del proceso, para detectar a tiempo problemas que puedan paralizar la línea.

**Ventajas:**

- Altos niveles de eficiencia
- Necesidad de personal con menores destrezas, debido a que hace la misma operación

**Desventajas:**

- Dificil adaptación de la línea para fabricar otros productos
- Exige bastante cuidado para mantener balanceada la línea de producción

Se recomienda su uso cuando se fabrique un solo producto o varios productos con cambios mínimos.

**2.5.3 Seguridad e higiene en los centros de trabajo.**

El hombre a lo largo de la historia se ve acompañado por los accidentes, estos vistos como sucesos impredecibles pero si prevenibles. Al realizar actividades productivas es evidente la existencia de riesgos de trabajo que atentan contra la salud y bienestar del trabajador (Hernández, 2006).

La seguridad industrial es un concepto relativamente nuevo. Más que una situación de seguridad, actualmente es vista por las empresas como un estado de bienestar personal y una imagen de modernización y filosofía. Se le considera un hecho muy importante que forma parte de la cultura organizacional de la empresa (Ramírez, 2006).

Es por esto que la seguridad y salud de los trabajadores en los centros de trabajo debe ser vigilada constantemente. Lo que se busca es mantener un entorno agradable y cumplir al mismo tiempo lo establecido por las leyes en la materia. (Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, 1997)

Cumplir con este objetivo, requiere tomar en cuenta aspectos importantes, el primero de ellos es contar con un reglamento interno de trabajo. En segundo lugar requiere portar, siempre que sea indicado, el equipo de protección personal y mantener

las señalizaciones necesarias, estas últimas establecidas en las normas oficiales sobre seguridad e higiene (Ramírez, 2006). Vale la pena recordar que las enfermedades producidas por agentes físicos (Ruido, suciedad, temperatura, etc.) o agentes biológicos no se manifiestan de manera inmediata. Estas se presentan por la continuidad a su exposición (Meza, 1998). Finalmente, el contar con el equipo de protección personal adecuado no impedirá un accidente de trabajo. La situación es más grave si el trabajo se realiza de manera irresponsable y sin vigilar normas de seguridad que ayudan a prevenir estos eventos. (Hernández, 2006).

## **2.6 Metodología**

Para desarrollar el tema utilizamos la investigación exploratoria y así tener una visión general del tipo aproximada con respecto al impacto de los aceites vegetales usados.

La investigación fue del tipo aplicada, debido a que nos enfocamos en brindar una alternativa de solución ante el problema generado por la mala disposición final de los aceites vegetales usados. Se trata de mejorar la calidad de vida de la sociedad. Estará comprendido de aportes teóricos relacionados a la misma.

También recurrimos a realizar una investigación de campo, ya que se realizaron las pruebas, análisis y estudios en la zona de acción.

Las etapas desarrolladas en este trabajo son:

- i) Organización del tema;
- ii) Selección de establecimientos;
- iii) Desarrollo;
- iv) Diseño de un Sistema de Gestión y
- v) Documentación.

Para la organización del tema de tesis se realizaron consultas en diferentes fuentes bibliográficas, determinando los puntos de interés, para el desarrollo adecuado del mismo. Se determinó las necesidades básicas y objetivos del proyecto. Se estableció un diseño preliminar de los principales componentes para el desarrollo del tema.

En el desarrollo del tema de tesis se realizaron pruebas y análisis a aceites vegetales usados de algunos de los establecimientos seleccionados. Estos se realizaron en el laboratorio (Anexo III). Con ello se juzgó la viabilidad del tema. Se organizó y presentó a la Municipalidad de San Vicente los antecedentes y la información económica, social y técnica necesaria para sustentar el tema y facilitar así su apreciación y evaluación en términos de viabilidad.

El diseño de un sistema de gestión, comprende la gestión de los aceites vegetales usados y el diseño de la planta de tratamiento, en el nivel de ingeniería básica y su pre-evaluación económica se hizo sobre la base de los resultados obtenidos en el desarrollo del tema. Se describe en forma clara y ordenada el proceso que se seguirá para enfrentar la alternativa que se eligió. Se ordenó la información y las decisiones disponibles, conforme a la secuencia indicada por la Universidad de Piura para plasmarlas en un documento de Tesis.

**Capítulo 3**  
**Diseño del sistema de gestión**



### 3.1 Zonificación

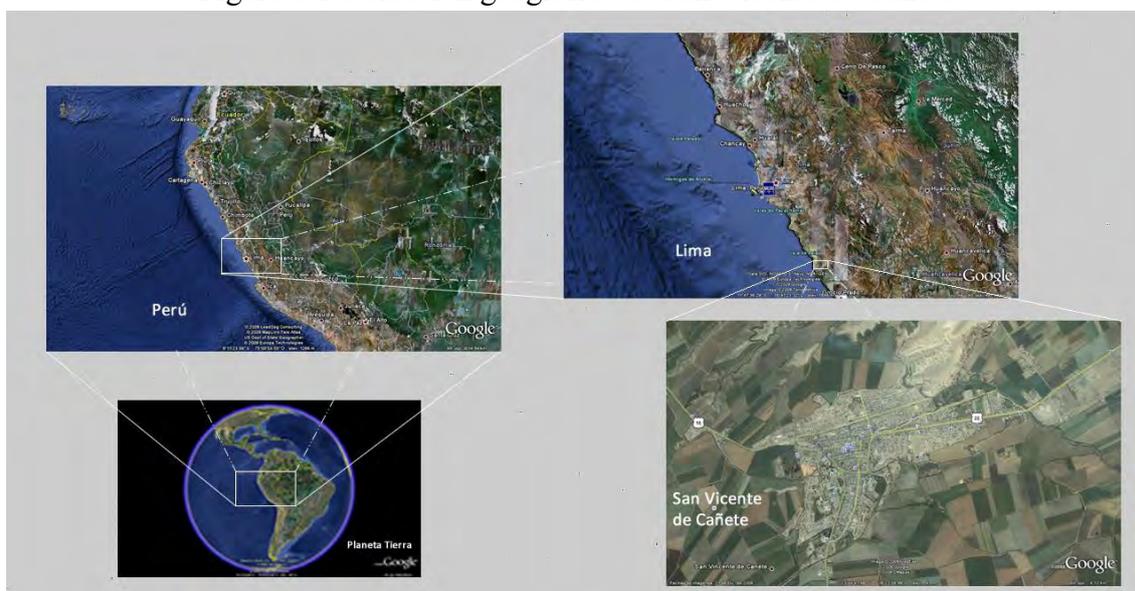
El sistema de gestión de aceites usados de cocina para producción de biodiesel será implantado en el distrito de San Vicente, Provincia de Cañete, Departamento de Lima, en Perú.

Para esquematizar la zona de aplicación, se hizo uso del aplicativo Google Earth, mostrando en la figura 3.1 la zona geográfica mencionada.

Se eligió este distrito debido a los siguientes factores:

- Facilidad de acceso.
- Alto nivel de conciencia por parte de los dueños de establecimientos de comida.
- Altos deseos de mejorar su entorno.
- Adaptabilidad a cambios.

Figura 3.1 Ubicación geográfica de San Vicente de Cañete



Fuente: Google earth.

### Levantamiento de Información

Se realizaron encuestas para conseguir información relevante en el desarrollo del tema, pudiendo determinar la cantidad de aceite y el tipo de uso que le dan a los aceites vegetales en los diferentes establecimientos de comida del distrito.

Se trabajó con una muestra de 35 establecimientos de comida, de diferentes tipos, adecuadamente clasificados.

La ficha de encuesta que se elaboró para la toma de información es la indicada en la figura 3.2.

Figura 3.2 Formato de encuesta aplicada a los establecimientos

Gestión de Aceites Usados de Cocina para su reaprovechamiento			
Levantamiento de Información		N°	
Datos de Establecimiento			
Nombre o Razon Social			
Dirección			
Horario de atención	-		
Descripción			
Datos de Consumo de Aceites			
Marca de Aceites		Costo	
Cantidad (L / Día)			
Proveedor			
Tipo de alimentos			
Tipo de cocina			
Combustible empleado			
Destino de residuos			
Observaciones			
 Cañete, ___ de _____ de 20__			

Fuente: Elaboración propia.

## 3.2 Gestión de los AVU

### 3.2.1 Origen

Se ha determinado que los establecimientos de comida son los principales proveedores de aceites usados de cocina. Por lo general provienen de los desechos de frituras.

Para efectos del tema, se considera prudente clasificar los establecimientos de comida del siguiente modo:

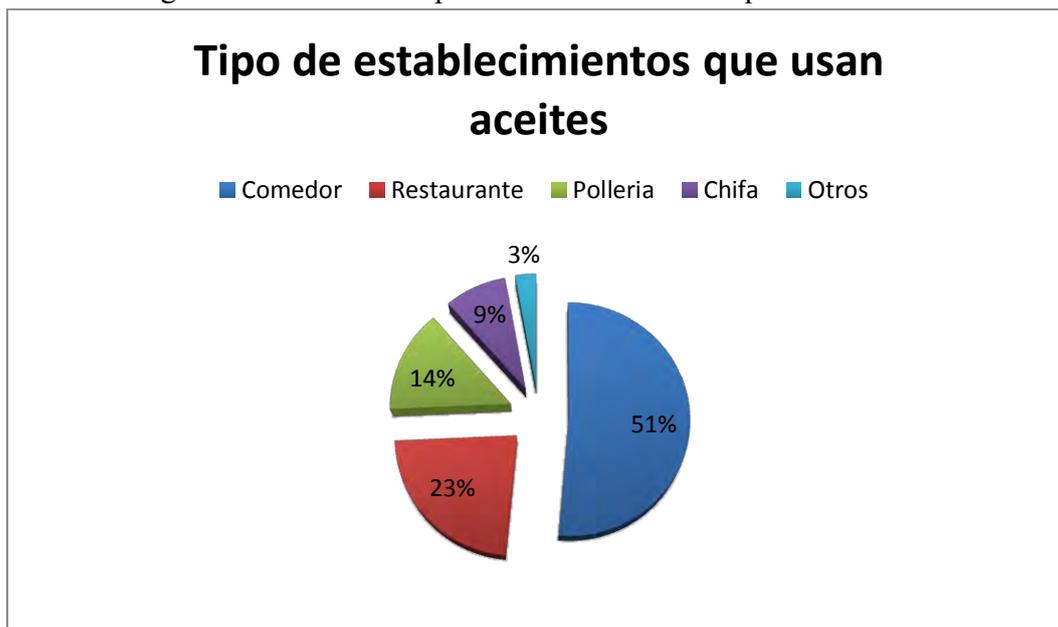
- Pollería, locales donde se ofrece el pollo a la brasa. Las pollerías abundan en todas las ciudades del Perú y es un alimento consumido por todos los estratos socio-económicos de la sociedad peruana.
- Chifa, restaurantes donde se ofrece comida de procedencia china y adaptada al paladar peruano por los inmigrantes chinos.
- Restaurante, establecimiento comercial en el mayor de los casos, público donde se paga por la comida y bebida, para ser consumidas en el mismo local o para llevar. Hoy en día existe una gran variedad de modalidades de servicio y tipos de cocina.

- Comedor, espacio o lugar especialmente equipado para la ingesta y degustación de alimentos y platos que se preparan por lo general en una cocina doméstica. Normalmente dispone de una mesa y sillas para tales efectos, pero el espacio disponible suele ser más pequeño que el de los restaurantes. A partir de esta clasificación, podemos apreciar la aplicación de las encuestas según se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Clasificación de establecimientos de comida.

N°	Valor	Frecuencia
1	Comedor	18
2	Restaurante	8
3	Pollería	5
4	Chifa	3
5	Otros	1
<b>Total</b>		<b>35</b>

Figura 3.3 Gráfica de tipos de establecimiento que usan aceites



Fuente: Elaboración propia.

El tipo de establecimiento influye en la cantidad de AVU generado. Se ha identificado, según la figura 3.4, que los establecimientos que utilizan mayor cantidad de aceite vegetal virgen (AVV), y por ende desechan mayor cantidad de AVU, son las pollerías y chifas. Dentro de la variedad de alimentos que ofrecen estos establecimientos, predominan las frituras.

### *Consumo de AVV por día*

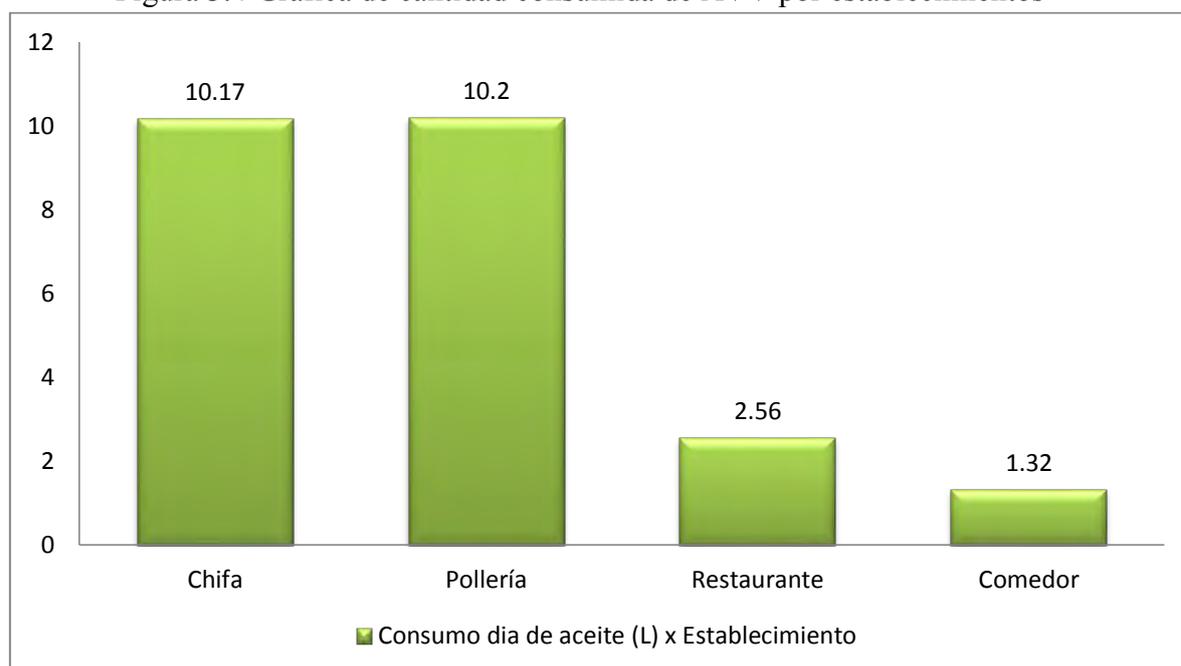
A partir del consumo de AVV, contenido en la tabla 3.2, se puede estimar la cantidad de AVU que se debería generar en cada establecimiento. Se asume que se cumplen ciertas buenas prácticas, como un buen control sobre las prácticas en cocina, y que la totalidad de los AVV es destinada a frituras.

Tabla 3.2. Consumo promedio de AVV por día en litros, por tipo de establecimiento.

Nº	Tipo	Promedio (L)
1	Chifa	10.17
2	Pollería	10.2
3	Restaurante	2.56
4	Comedor	1.32
	<b>Total</b>	<b>24.25</b>

Según la figura 3.4, podemos apreciar que los establecimientos con mayor demanda de AVV son las pollerías y los de menor demanda los comedores.

Figura 3.4 Grafica de cantidad consumida de AVV por establecimientos



Fuente: Elaboración propia.

Se determinó la cantidad de establecimientos registrados en el distrito entre el 2002 y el 2009, con licencia de funcionamiento, información que aparece en la tabla 3.3. Se ha constatado que existe un alto nivel de informalidad en el negocio de la alimentación, sobre todo en lo relacionado a comedores. Basados en estos valores estimados podemos hacer una aproximación de la cantidad de Aceite Vegetal Virgen

que se consume en el distrito de Cañete. Para esto se ha considerado únicamente a los establecimientos que podrían ser proveedores potenciales del sistema a implantar, según la clasificación anterior vista en la tabla 3.1.

Tabla 3.3. Consumo de AVV por día según tipo de establecimiento con licencia de funcionamiento.

Tipo	Cantidad	Consumo (L) x día	Consumo Total (L) x día
Chifa	4	10.16	40.64
Pollería	10	10.2	102
Restaurante	18	2.56	46.08
Comedor	8	1.32	10.56
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>-</b>	<b>199.28</b>

### *Número de Usos*

La cantidad de veces que se utiliza el aceite, ver la tabla 3.4, influye en la cantidad de aceite residual obtenido, dado que al usar y reutilizar el aceite se consume una mayor cantidad de este, comparada con la que se consumiría al ser utilizado una sola vez.

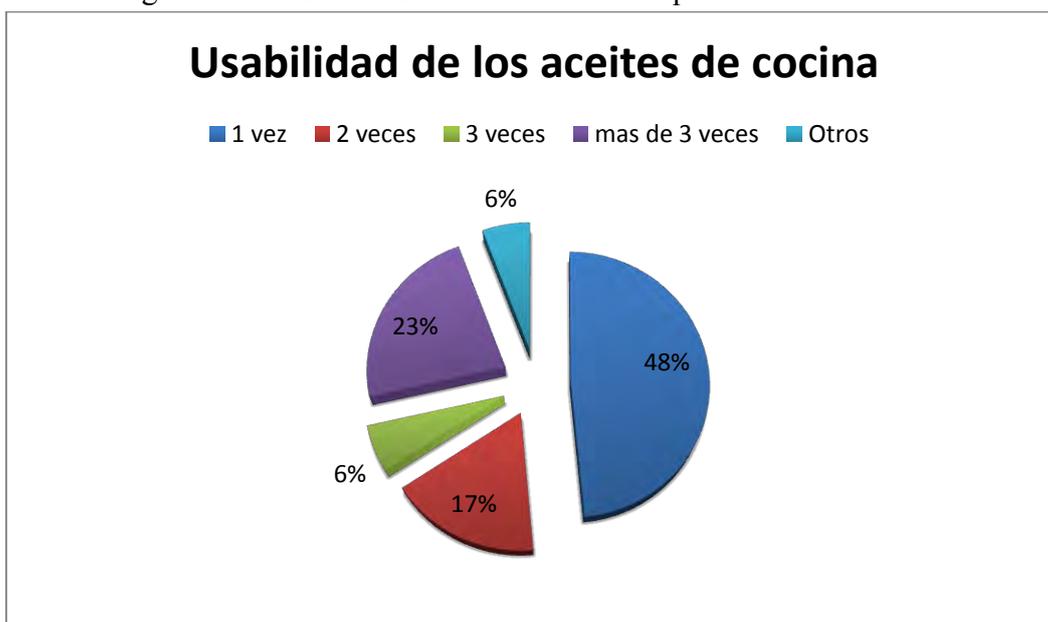
Tabla 3.4. Cantidad de veces que le dan uso a los AVV en los diferentes establecimientos de comida.

N°	Valor	Frecuencia
1	1 vez	17
2	2 veces	6
3	3 veces	2
4	más de 3 veces	8
5	Otros (*)	2
	<b>Total</b>	<b>35</b>

\* Otros: No reutilizan o consumen el 100% en su primer uso.

En cuanto al uso de los aceites, según la figura 3.5, podemos apreciar que existe adecuado conocimiento por parte de la población pues la mayoría los utiliza una sola vez. Asimismo podemos plantear que con la adecuada educación, la población podría aprender a hacer un buen uso de los aceites de cocina para reaprovecharlos de una mejor manera posible.

Figura 3.5 Grafica de la cantidad de veces que se usan los aceites



Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2 Variaciones en generación de AVU

La generación de AVU se ve afectada también por el tipo de implementos de cocina a usar, siendo estos los siguientes:

- Freidora, electrodoméstico creado para sustituir, por medios eléctricos, a la estufa como, por ejemplo, para freír papas, pollo u otro alimento que se pueda preparar por medio de aceite comestible.
- Sartén, utensilio de cocina, usado para freír, generalmente en aceite o mantequilla. Consiste en un recipiente metálico de bordes bajos y abiertos y una manija generalmente plástica para sujetarlo. Actualmente viene recubierto de teflón antiadherente, que facilita la cocción o fritura de los alimentos y evitar que se peguen los alimentos a la sartén.
- Perol, cacerola de metal de fondo plano con dos asas, apropiada para preparar alimentos en grandes cantidades.

En la tabla 3.5 vemos el tipo de utensilio utilizado por los diferentes establecimientos.

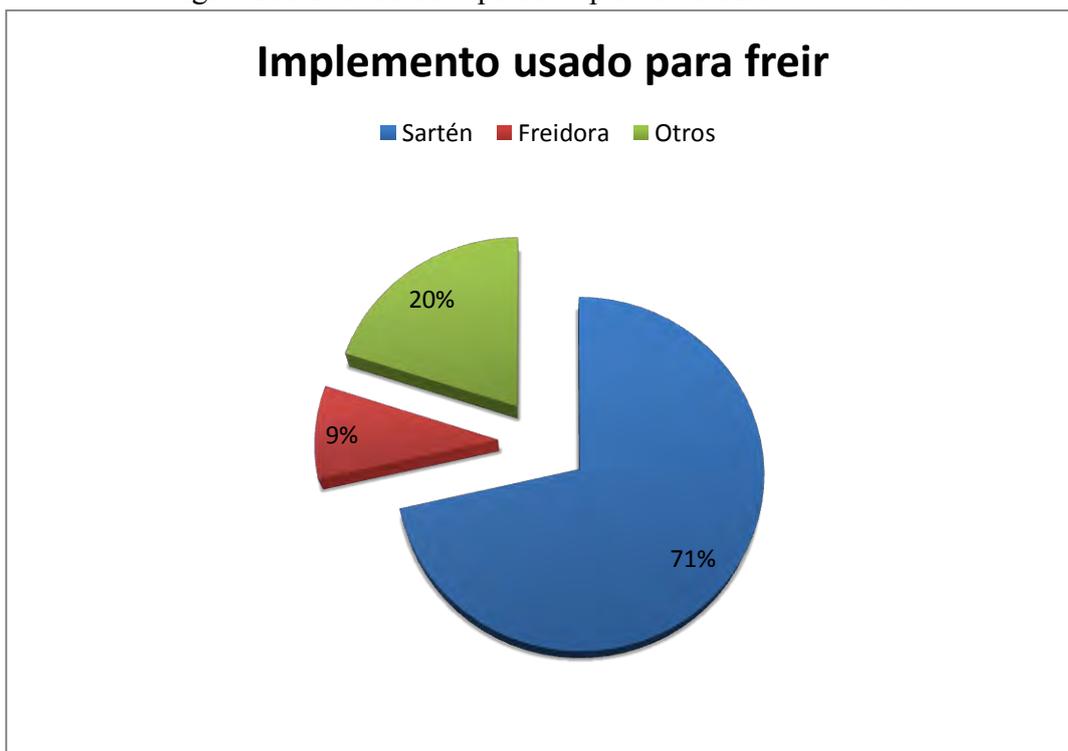
Tabla 3.5. Tipo de utensilio de cocina a utilizar en frituras.

N°	Valor	Frecuencia
1	Sartén	25
2	Freidora	3
3	Otros (*)	7
<b>Total</b>		35

\* Otros: Utilizan más de 1 utensilio para frituras. Sartén, freidora, perol y/o cacerola.

Podemos apreciar en la figura 3.6 que la mayoría de establecimientos de comida utilizan sartén para frituras. Por lo tanto podemos indicar que los residuos de aceites se van a ver afectados, dado que en una sartén no se puede controlar la temperatura de fritura. Debido a que los aceites adquieren altas temperaturas rápidamente y en algunos casos hasta pueden llegar a quemarse, el control de frituras preparados con sartenes es inestable. Es por ello que se podría sugerir el uso de sartenes revestidas con teflón para obtener un mejor control de este proceso.

Figura 3.6 Grafico del tipo de implemento usado en fritura



Fuente: Elaboración propia.

#### ***Cantidad de AVU estimado***

A partir de la cantidad de AVV podemos estimar la cantidad de AVU generado en el distrito. Esta estimación se hace basada en el supuesto de que el uso que se le da a los aceites está guiado por los siguientes criterios:

- La temperatura de fritura es de 180 °C, temperatura ideal de fritura.
- Se utilizan implementos de cocina para fritura que permita llevar un control de la temperatura.
- Todo el aceite vegetal está destinado a frituras.
- En cada establecimiento se prepara un único tipo de comidas con los aceites, principalmente papas.
- Los AVV sólo se utilizan una vez.

Basados en estos supuestos y en los datos recopilados podemos apreciar en la tabla 3.6 lo siguiente:

Tabla 3.6. Producción estimada de AVU por día.

<b>Producción Estimada x día de AVU</b>			
<b>Valor</b>	<b>AVV</b>	<b>Absorción</b>	<b>AVU</b>
Porcentaje	100%	26%	74%
Chifa	40.64	10.40	30.24
Pollería	102.00	26.11	75.89
Restaurante	46.08	11.80	34.28
Comedor	10.56	2.70	7.86
<b>Total</b>	199.28	51.02	148.26

Esta tabla indica que la cantidad de AVU que se debería generar en el distrito es de 148.26L por día aproximadamente.

### ***Cantidad de AVU real***

En la realidad la cantidad de AVU generado es menor. Esto se debe a que en los establecimientos de comida, sobre todo en chifas, restaurantes y comedores, la cantidad de frituras preparadas varía en función de la demanda de los clientes. Sin embargo en las pollerías sí se cumple esta regla, si respetan las demás restricciones. Esto se debe a que la mayoría de estos establecimientos emplean freidoras para la preparación de papas fritas.

### **3.2.3 Reducción de la fuente**

Para conseguir una reducción en la fuente generadora de AVU, prevaleciendo en este punto la preservación del medio ambiente, se puede realizar algunas acciones como la reutilización de los aceites, buenas prácticas en cocina y la adecuada concientización de la población.

#### ***El buen uso de AVV permite la reutilización***

El reutilizar los AVV es una buena práctica medioambiental, pero para ello se deben respetar algunas normas en el proceso de fritura:

- La temperatura de fritura debe ser de 180 °C, temperatura ideal. Se debe tener en cuenta que la temperatura crítica de los aceites es de 190°C, no debe excederse esa temperatura. Para ello se debe llevar un control mediante un termómetro o un termostato.
- Se debe utilizar implementos de cocina, en fritura, que permita llevar un control de la temperatura. Se recomienda usar freidora o en su defecto sartén revestido con teflón.
- Los aceites se pueden usar 3 ó 4 veces como máximo, teniendo en cuenta también el tipo de alimentos freídos. Reutilizar aceites puede influir en el resultado final de los alimentos, cambiando el sabor, la textura y hasta la apariencia de los mismos.

- Los criterios a tener en cuenta, para determinar hasta qué punto se puede reutilizar un aceite usado son: su viscosidad, nivel de rancidez, olor, sabor, color y textura.

### ***Concientización de la población***

Este punto es clave para poder ejecutar cualquier plan de acción a implantar en una zona determinada, en nuestro caso influye mucho para poder asegurar la recolección de los aceites usados. Para ello debemos tener en cuenta lo siguiente:

- La población debe crear una cultura de almacenamiento de residuos de aceites, aprendiendo a depositarlos en recipientes adecuados para tal fin o en algún otro adaptado, ya sean botellas de plástico o contenedores cerrados, principalmente botellas de plástico recicladas en buen estado.
- Fomentar una cultura para la ingesta de alimentos sanos libres de aceites, cocidos por otros medios como a la leña, parrilla, sancochado u algún otro que reduzca o elimine el uso de aceites en el proceso.

### **3.2.4 Recolección**

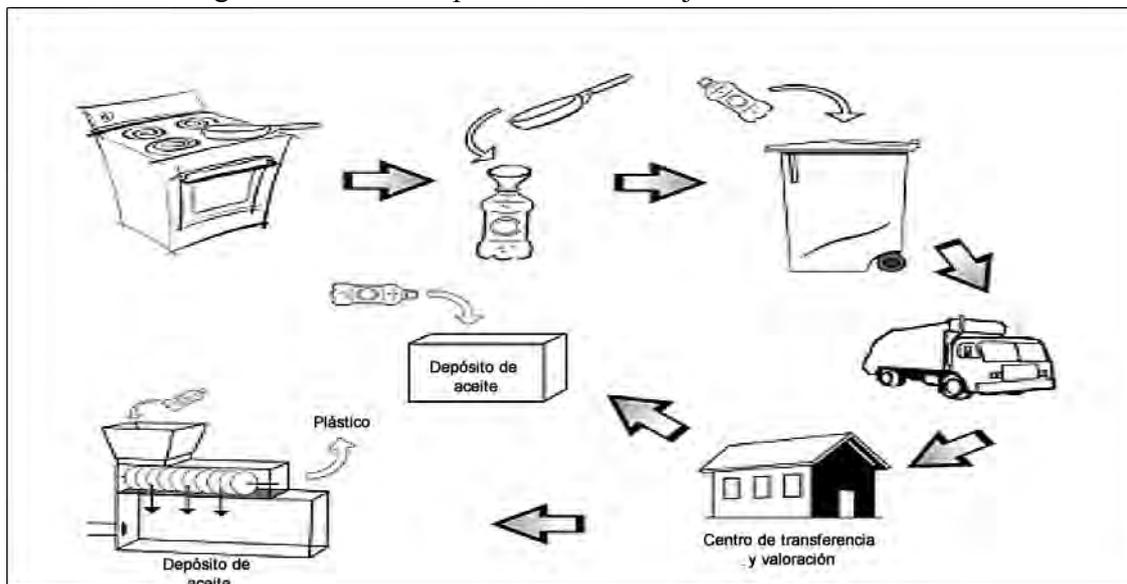
Para llevar a cabo la recolección se deben tener en cuenta ciertos puntos que garantizarán un buen servicio, y asegurarán la materia prima necesaria para poder conseguir resultados beneficiosos. Estos puntos a considerar son:

- Personal a cargo de la recolección: debe ser adiestrado en cuanto a la buena gestión de los residuos.
- Circuito de recolección: definirlo identificando los puntos de aprovisionamiento potenciales.
- Solicitud de los establecimientos: para ser parte del programa de recolección ya sea de manera voluntaria o mediante una invitación.
- Certificación de la buena gestión de los AVU como protección ambiental, favoreciendo la inspección sanitaria en establecimientos.
- Acondicionamiento del centro de acopio: guardando cuidado en que la zona de trabajo quede libre de luz solar, aire y humedad.
- Mantenimiento de una base de datos: para llevar un registro de los establecimientos que generan AVU y de todo el sistema en general.

### ***Proceso de recolección***

En el Figura 3.7, vemos la secuencia que se sigue para la adecuada recolección de los AVU, desde que se hace uso en los hogares o establecimientos, hasta que se acopia en el centro adecuado.

Figura 3.7 Ciclo del proceso de reciclaje de los AVU



Fuente: Elaboración propia.

El recojo de los AVU se realizará respetando el siguiente procedimiento:

- Se entregan recipientes de acuerdo a la capacidad para el aceite.
- Cada vez que se recoja, se preguntará cuando se desea que se vuelva.
- Si se necesitara recoger antes, se acudirá en un máximo de 48 horas.
- Las recogidas se efectuarán en los horarios que se digan.
- Se entregará una constancia en cada recogida.
- Si tiene una Inspección Sanitaria se entregará los certificados respectivos.
- Se establece un acuerdo con el fin de garantizarle el servicio.

Los planes de recogida que se establecen son:

- Semanal
- Quincenal
- Mensual
- Según la demanda
- Según zonas de trabajo.

Los documentos que se entregarán según el punto de recogida son:

- Constancia en cada recogida
- Certificado en punto de recogida
- Certificado para Sanidad
- Certificado para Municipalidad

Además el recojo programado de los aceites de cocina usados, se hará respetando el recorrido mostrado en la figura 3.8 en color rojo, el cual ha sido elaborado estratégicamente teniendo en cuenta en paso, la ubicación de los

principales generadores de este residuo, siendo estos los establecimientos de comida ya mencionados.

Figura 3.8 Recorrido de unidades para recojo de AVU



Fuente: Municipalidad Provincial de Cañete.

Para analizar los AVU que pueden ser útiles para poder reaprovecharlos en biodiesel, se realizará lo siguiente:

- Filtrado de sólidos mayores de 1,5 mm.
- Decantado inicial a 55°.
- Decantado acelerado a 60°.
- Reposo.
- Almacenado.

### 3.2.5 Personal Responsable

El equipo encargado de todo el sistema de gestión, está conformado por diversos grupos de personas, cuyas funciones se encuentran vinculadas al desarrollo del sistema propuesto. Estos grupos y sus funciones son:

#### *Área de comercialización de la Municipalidad*

Son los encargados de la supervisión del tema, basándose en alguna de sus funciones, tales como:

- Normar y controlar el saneamiento ambiental; difundiendo programas de educación ambiental así como el aseo, higiene y salubridad en todo tipo de establecimientos y lugares públicos.
- Dictar medidas de control de ruidos, transportes y de tránsito.
- Garantizar el servicio de limpieza pública, ubicar las áreas de acumulación de basura y regular el aprovechamiento industrial de desperdicios.
- Controlar la sanidad animal.

### ***Inspectores Municipales***

Son los encargados de velar el adecuado funcionamiento de los locales, haciendo respetar las normas establecidas en el ámbito de la municipalidad.

### ***Recolectores***

Son las personas encargadas del recojo de los aceites vegetales usados, quienes lo depositarán en los centros de acopio establecidos.

Se caracterizan por ser:

- Personal apropiado
- Siempre uniformados

### ***Evaluadores***

Serán los encargados de analizar los aceites vegetales usados, midiendo los niveles requeridos mínimos para poder procesarlos en biodiesel.

### ***Operarios***

Serán los encargados de llevar a cabo el proceso de transformación de aceites vegetales usados a biodiesel, siguiendo el procedimiento adecuado, previa capacitación.

### ***Vigilantes***

Serán los encargados de velar por la integridad de los materiales correspondientes al funcionamiento adecuado de proceso, delimitados en la zona asignada para dicho propósito.

### ***Grupo Informativo***

Se brindará toda la información con respecto al tema, según la soliciten los interesados:

- Resumen detallado de recogidas
- Resumen por fechas
- Consulta inmediata por teléfono
- Analítica de los residuos
- Detalle de la trazabilidad

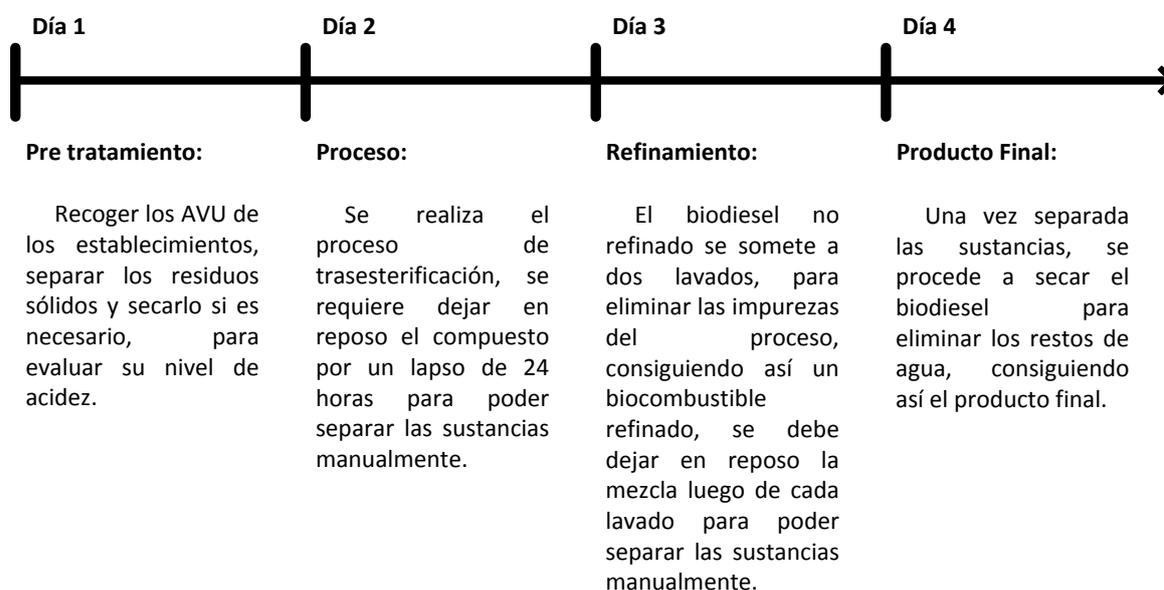
### 3.2.6 Producción estimada de biodiesel

Se estima una oferta diaria de AVU de 148.26L. Esta cantidad ofertada se traduce a 129.43L de biodiesel producido, ver la tabla 3.7; para lo cual se realiza el proceso por etapas en forma continua, según la figura 3.9.

Tabla 3.7. Producción estimada de biodiesel por día.

<b>Producción Estimada x día de Biodiesel</b>		
<b>Valor</b>	<b>AVU</b>	<b>Biodiesel</b>
Porcentaje	100% (L)	87.3% (L)
Chifa	30.24	26.40
Pollería	75.89	66.25
Restaurante	34.28	29.93
Comedor	7.86	6.86
<b>Total</b>	<b>148.26</b>	<b>129.43</b>

Figura 3.9 Línea de tiempo de procesamiento de biodiesel



Fuente: Elaboración propia.

Según los datos obtenidos por la encuesta, la generación diaria de AVU en el distrito es de 148.26 LITROS, por lo que es necesario un reactor con capacidad de 150 litros, para su elaboración tomaremos como referencia el “Manual de construcción y uso de Reactor para producción de biodiesel a pequeña escala” elaborado por Fernando Acosta. Dado que un ciclo de producción tiene una duración de 4 días, en total se separa el proceso en 4 etapas bien diferenciadas ejecutándose en paralelo. El diseño de la

planta se muestra en el siguiente capítulo, especificando los detalles de fabricación del reactor en el anexo.

### **3.2.7 Marco Legal**

El sistema de gestión de Aceites Vegetales Usados se realizará de acuerdo a las directivas de:

- Ley General de Salud N° 26842
- Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos “Ley N° 27314”
- Ley 28551 – Ley que establece la Obligación de Elaborar y Presentar Planes de Contingencia.
- Ordenanzas municipales que apoyen la ejecución del sistema propuesto.

### **3.2.8 Almacenamiento**

Se usarán recipientes especiales con malla separadora de parte sólida y líquida.

Los recipientes que emplearemos para el recojo de los residuos serán:

- Baldes de 18 litros, debidamente acondicionados.
- Bidones de 25, 35 y 50 litros.
- Contenedores de 600 y 1.000 litros.
- Depósitos especiales (Enviados a fabricar según especificaciones).

Los recipientes se cambian según la demanda de los establecimientos y se depositan en el centro de acopio.

### **3.2.9 Transporte**

La flota de vehículos:

- Todos los vehículos cuentan con la autorización de la Municipalidad provincial, para el transporte de sus residuos.
- Vehículos no motorizados preparados para el tema (tricyclos, etc).
- Vehículos motorizados preparados (camionetas, furgonetas, etc).
- Recojo de AVU según cronograma.

### **3.2.10 Tratamiento**

Los AVU se dejan en reposo obteniendo separación de sólidos y líquidos, si el AVU estuviera húmedo, se seca. Para determinar la cantidad de reactivo necesario para el proceso de transformación, se requiere realizar una titulación.

Se prepara la cantidad de metóxido requerido y se realiza la transesterificación. Se deja reposar obteniendo biodiesel y glicéridos. Se lava el biodiesel hasta en dos oportunidades, se separa, se seca y se almacena el biodiesel.

### 3.2.11 Disposición

Se analizó la disposición final actual que se le da a los aceites vegetales usados, lo vemos en la tabla 3.8, obteniendo como resultados los siguientes:

Tabla 3.8. Disposición final de los AVU por los establecimientos de comida.

N°	Valor	Frecuencia
1	Lavadero	5
2	Chancho	3
3	No Residuos	3
4	Basurero	8
5	Otros	16
<b>Total</b>		35

En la figura 3.10 se puede apreciar que el mayor porcentaje de los establecimientos no indica la disposición final que le da a los AVU, y de entre las formas conocidas se establece el disponer de los AVU en los basureros, cuyo contenido termina luego contaminado suelo y agua.

Figura 3.10 Gráfica del destino final que se le da a los AVU



Fuente: Elaboración propia.

Luego de llevar los AVU a los centros de acopio se le da tratamiento para reaprovecharlo en biodiesel y glicéridos.

**Capítulo 4**  
**Diseño de planta**



#### 4.1 Localización

La ubicación ideal de una planta será aquella en donde se logren costos de producción y distribución mínimos y donde los precios y volúmenes de venta conduzcan a la maximización de beneficios.

En muchas ocasiones, las empresas se identifican con zonas o sectores geográficos, lo que hace más fácil la comercialización de sus productos en dichas zonas. En nuestro caso particular la zona seleccionada para el establecimiento de la planta está altamente influida por la materia prima necesaria para la producción del biodiesel, como el aceite vegetal usado.

Los factores que se han tenido en cuenta para tomar la decisión de localización fueron:

- Insumos: Se analiza si la materia prima es fácilmente obtenible, teniéndose en cuenta su durabilidad y su posibilidad de almacenamiento.
- Infraestructura física: Existencia de carreteras, servicios adecuados, comunicaciones para fines industriales, etc.
- Disponibilidad de la mano de obra: Se analiza si el área cuenta con mano de obra calificada o no, si es dato es negativo obliga a las empresas a obtener recursos de zonas distantes aumentando los costos.
- Posibilidades de eliminación de desperdicios: De acuerdo a criterios ambientales y normativas aplicadas en las distintas jurisdicciones.
- Aspectos legales: Tributación, facilidad administrativa, costos legalización, etc.
- Seguridad: En todos los niveles posibles seguridad industrial, seguridad física, posibles robos, etc.
- Cercanía al mercado: Es importante la cercanía con el mercado al que se busca abastecer.

La localización puede afectar los costos de los insumos y su facilidad de obtención, el contacto con los clientes, la búsqueda de oportunidades de negocio, etc.

Una localización satisfactoria puede generar mejoras en la eficiencia en términos de: costos de transporte, facilidad en la obtención de materias primas, utilización eficiente de canales de distribución, cercanía al cliente y a sus necesidades.

Se decidió un terreno estratégicamente localizado en los alrededores del distrito de San Vicente de Cañete. Se trata de terrenos del centro de acopio perteneciente a la Municipalidad de San Vicente de Cañete ubicado en la cuadra 12 de la avenida Benavides a espaldas de la piscina Municipal. Es un local accesible durante todo el año por todo tipo de transporte rodante.

El terreno seleccionado se le puede visualizar en figura 4.1 satelital extraída del Google Earth que se colocada a continuación:

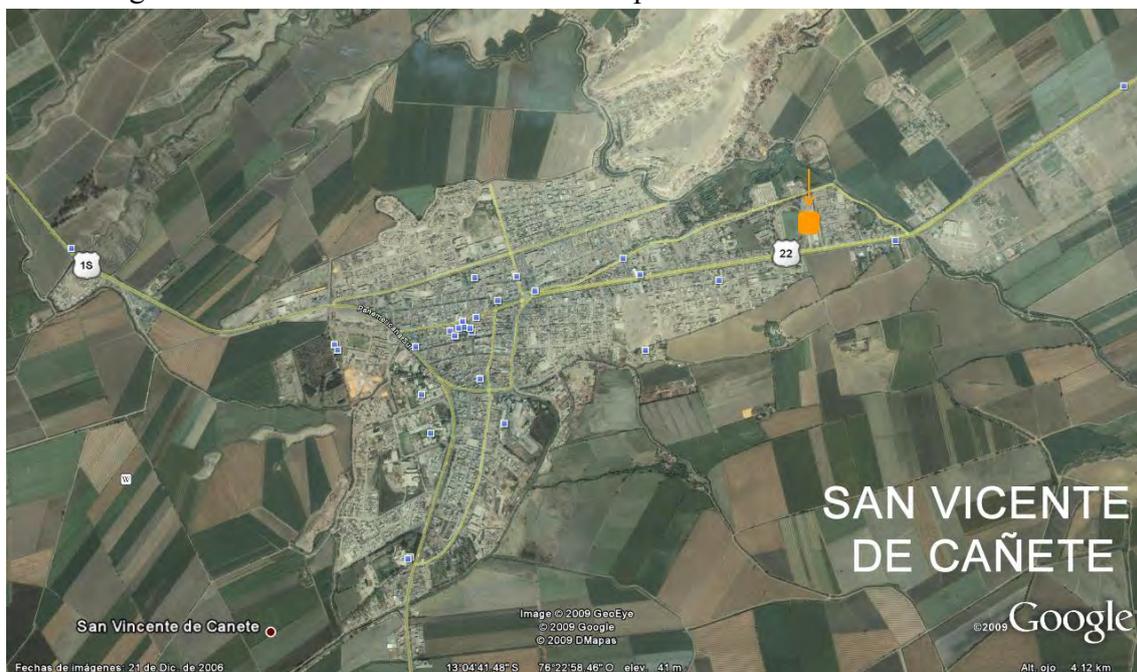
Figura 4.1 Ubicación espacial del terreno de la planta en San Vicente de Cañete



Fuente: Google earth.

Esta localización estratégica se demuestra en la figura siguiente señalada con la flecha y el recuadro, que muestra la red de accesos al distrito de San Vicente.

Figura 4.2 Localización del terreno de la planta en San Vicente de Cañete



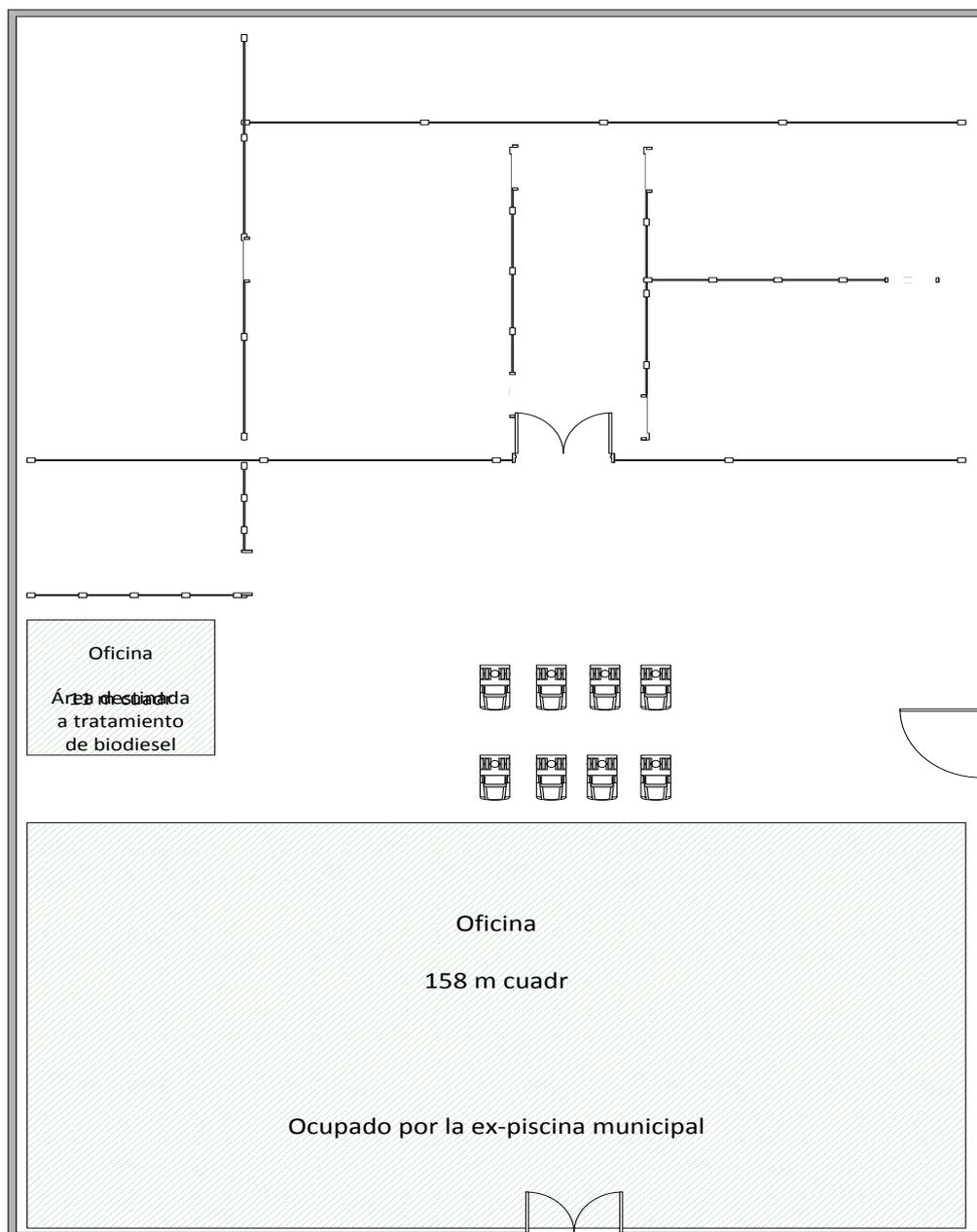
Fuente: Google earth.

Según las ordenanzas y averiguaciones realizadas respecto a la ubicación seleccionada, la ley habilita la instalación y fomenta la industria para la producción de biodiesel como la que se plantea en este proyecto.

#### 4.2 Distribución de Planta

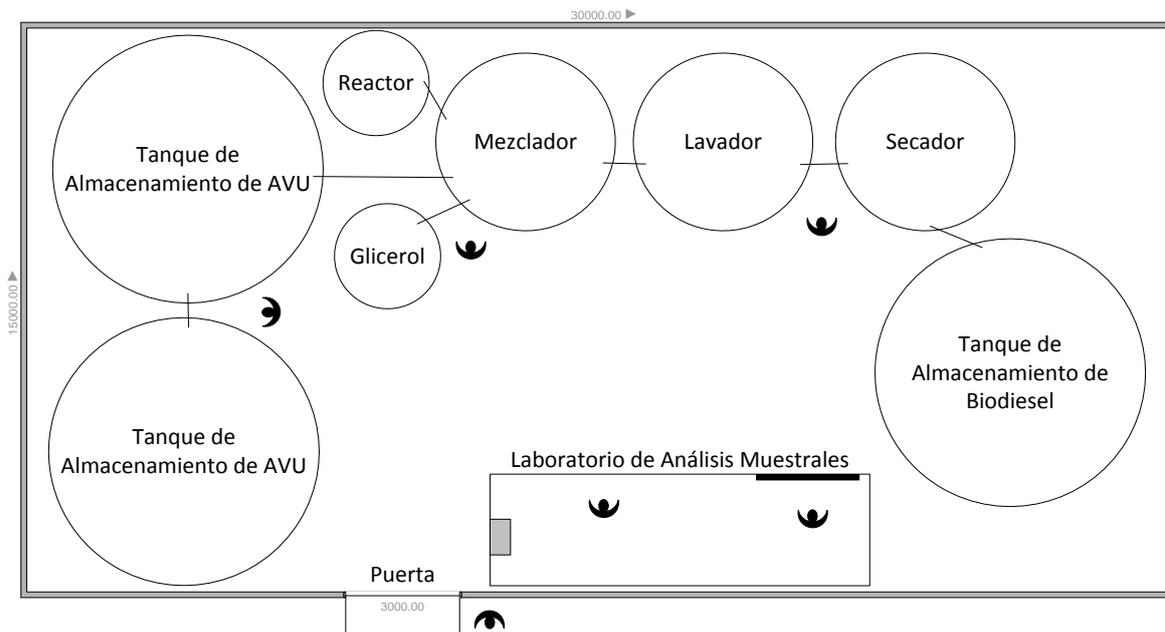
La pequeña planta a instalar será del tipo experimental, por lo cual, y para efectos del desarrollo, se trabajará según un modelo semi-artesanal de producción de biodiesel, empleando únicamente un ambiente mostrado en la figura 4.3. Se emplearán 2 tanques de almacenamiento de AVU y 1 tanque de almacenamiento de biodiesel. También se incluirá 3 tanques de procesamiento, mostrado en la figura 4.4.

Figura 4.3 Ubicación de zona destinada a planta dentro de centro de acopio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4 Distribución de planta



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Definición de Capacidad

La planta se está diseñando para soportar el procesamiento máximo de 100L de AVU por día. Que según un análisis preliminar cubre la demanda, ya que se estaría recolectando en promedio 65L de AVU por día. Con lo cual la utilización de la planta se estaría dando en un 65%, ya que inicialmente no operará a su capacidad máxima.

### 4.4 Tecnología

Se utilizarán las tecnologías que puedan o sean aptas para la producción de biodiésel, persiguiendo de esta manera satisfacer la necesidad básica del consumidor. Existen equipos para producir este combustible de forma artesanal, profesional e industrial. Por otro lado existen empresas que fabrican reactores para producción de Biodiésel en Latinoamérica. Se están analizando nuevas tecnologías de producción de biodiésel. El estudio se basa tanto en la planta transformadora, que cuenta con un tamaño menor al de las actuales, como en el mismo proceso de producción, ya que no utiliza catalizadores, por lo que no genera residuos contaminantes (Integral Bioenergies Systems (IBS)).

La tecnología semi-artesanal que se implementará para el desarrollo de esta tesis, será el reactor diseñado por Soluciones Prácticas – ITDG, en su “Manual de construcción y uso de Reactor para producción de biodiésel a pequeña escala”, el cual se adapta a la necesidad requerida en este punto, realizando algunas modificaciones mínimas.

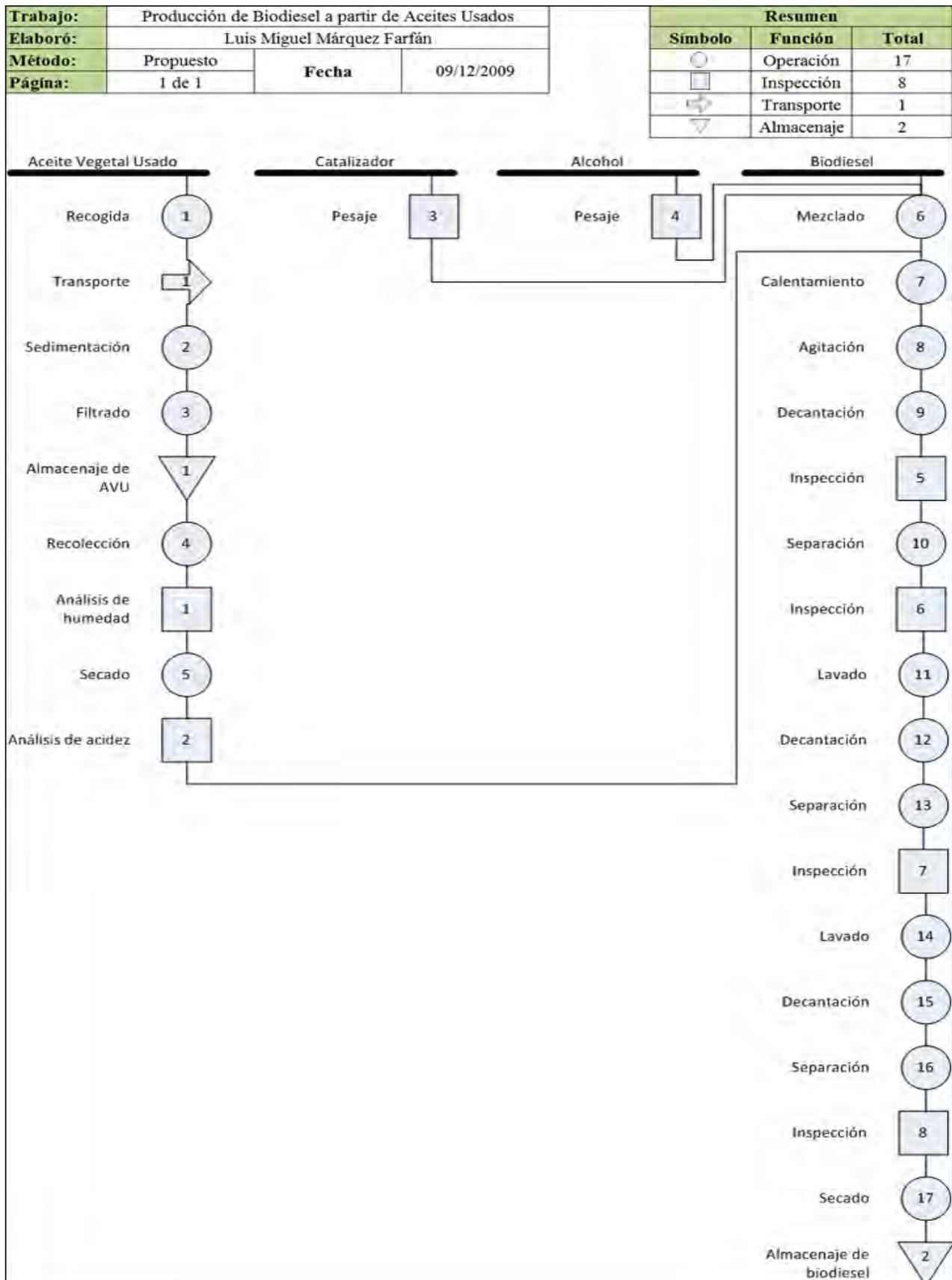
#### 4.5 Proceso de Operación

Es necesario conocer del proceso de producción que se llevará a cabo en la planta productora de biodiesel, mostramos una secuencia del proceso operativo. La figura 4.5 siguiente muestra esta secuencia, que consta de 11 operaciones y 8 inspecciones descritas en la tabla 4.1, las cuales detallamos más adelante. En la secuencia del flujo del proceso se detallan las distancias que han de recorrerse dentro de la planta y las observaciones pertinentes en cada proceso.

Tabla 4.1. Descripción de procesos de tratamiento de los AVU.

	Actividad	Descripción
Operación	Recogida	Los recolectores recogen los AVU en los establecimientos de comida
	Sedimentación	Los AVU son depositados en recipientes para sedimentar los residuos sólidos
	Filtrado	Los residuos sólidos del AVU son separados
	Recolección	Una muestra de los AVU es separada
	Secado	El agua de los AVU es separada por calentamiento
	Mezclado	El alcohol es mezclado con el catalizador, formando metóxido
	Calentamiento	Los AVU se someten a una temperatura de 50°C para procesarse
	Agitación	Los AVU son mezclados con el metóxido, mediante una vigorosa agitación constante
	Decantación	Las partes del compuesto se dejan en reposo para diferenciarlas mediante diferencia de densidades
	Separación	Los elementos de la mezcla son separados mecánicamente
	Lavado	Los AVU son mezclados con agua mediante agitación vigorosa
Inspección	Análisis de humedad	Los AVU son analizados en su contenido de agua
	Análisis de acidez	La cantidad de reactivos necesaria es determinada
	Pesaje	Los reactivos son pesados con base a las proporciones especificadas
	Inspección	La reacción es analizada para ver si se ha realizado completamente
Almacenaje	Almacenaje	Los AVU recolectados y biodiesel producidos son almacenados
Transporte	Transporte	Los AVU son llevados desde los establecimientos hasta el centro de acopio

Figura 4.5 Esquema de proceso de producción de biodiesel



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6 Subproductos

El subproducto obtenido del proceso de transesterificación, es principalmente la glicerina, la cual se puede emplear como materia prima para la elaboración de diferentes productos, como:

- Jabones
- Cosméticos

#### 4.7 Elección de Sistema de Producción

El diseño de esta planta se realiza para la producción de un determinado producto, biodiesel. El tipo de la maquinaria, así como la cantidad de la misma y su distribución se realiza sobre la base de un producto definido.

Bajo este punto, planteamos el implantar un sistema de producción lineal, lo cual permitiría mejorar el nivel productivo, así como la calidad del producto, ya que de este modo se podría evaluar cada subproceso, verificando en cada uno de ellos los resultados obtenidos, mejorando así el producto final.

La secuencia a seguir en la producción de biodiesel es:

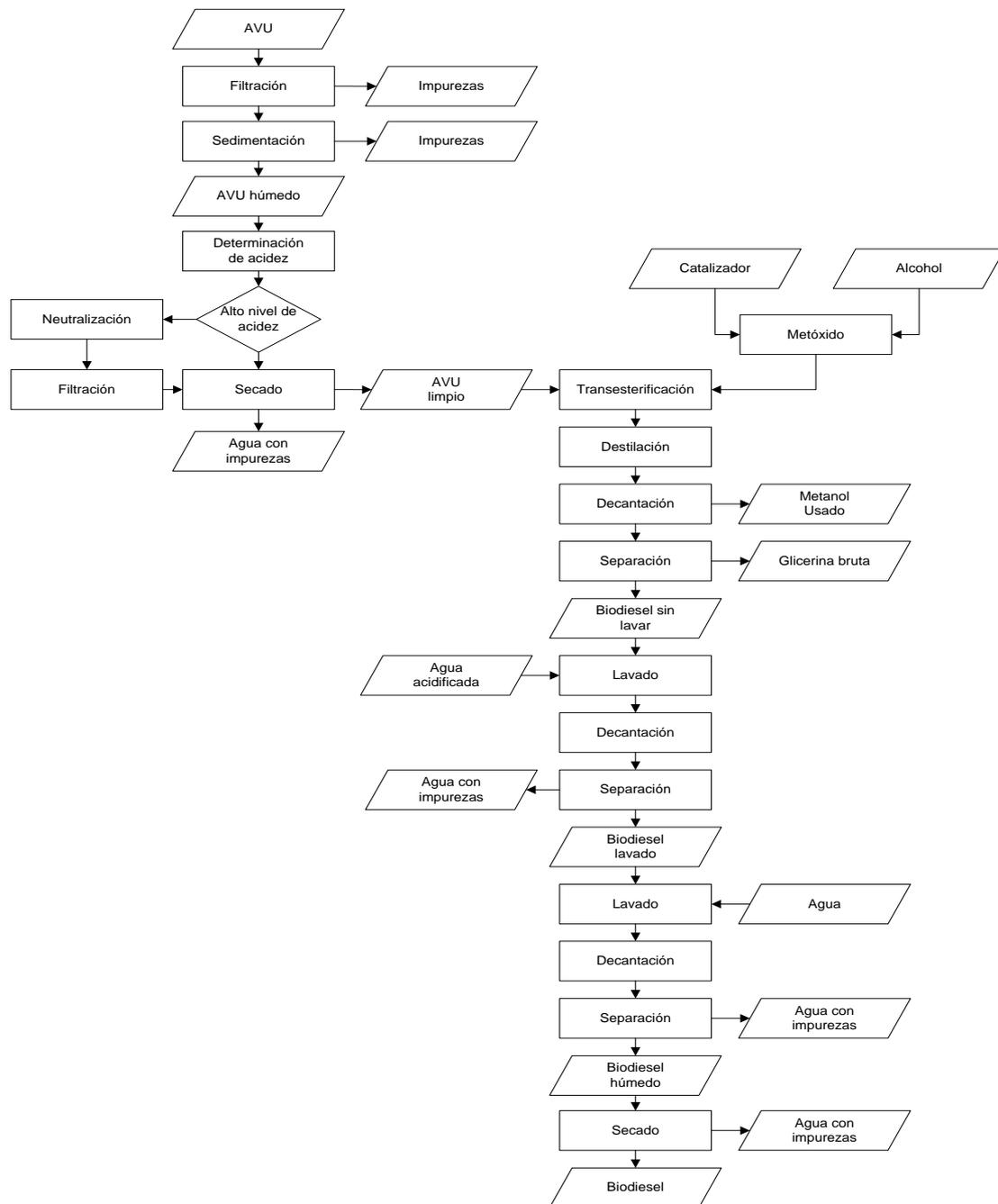
- Tratamiento de aceites de cocina usados: en el cuál se procurará eliminar al máximo los elementos residuales innecesarios para el proceso, dejando únicamente el aceite recolectado lo más limpio posible sin indicios de humedad.
- Preparación de metóxido: subproceso importante, que influirá en el proceso de transformación del aceite a biodiesel, pues se requieren medidas exactas para conseguir resultados deseables.
- Transesterificación: donde se realizará la transformación de aceite a biodiesel, siendo importante el control de los factores ambientales para el éxito de la operación, como la temperatura y la humedad.
- Purificación del biodiesel: donde finalmente se limpiará el biodiesel, buscando cumplir con los estándares de calidad para poder utilizarlo para el fin deseado.

Los procesos que comprenden este sistema de producción lineal se detallan en la figura 4.6.

##### 4.7.1 Aceite usado: pre-tratamiento

La primera operación es la purificación del aceite de cocina usado. Luego del proceso de fritura, el aceite puede venir con restos sólidos de comida, tantos gruesos (filtrables) como finos (separables más fácilmente por decantación), con agua de los alimentos y con un grado de degradación variable (según la temperatura y el tiempo que se ha usado para freír). Para cada lote de aceite, lo ideal es primero filtrarlo y luego verificar si contiene agua y determinar su índice de acidez, que indicará cuán degradado está y cuánto catalizador se deberá utilizar en la transesterificación.

Figura 4.6 Esquema de proceso de producción lineal de biodiesel



Fuente: Elaboración propia.

### Recepción

- El aceite debe ser recibido en cilindros o depósitos de plástico o metal. En caso de ser producción propia, este debe ser almacenado, preferentemente, en cilindros o baldes de 20 a 50 litros, para una fácil manipulación de estos.
- Por lo general, rápidamente se depositan en el fondo restos sólidos de comida.

- En lo posible hay que tratar de no remover los restos sólidos de comida, para no ensuciar el aceite ni dificultar el filtrado.
- Es preferible llevar un registro de la cantidad y calidad del aceite recibido, con la finalidad de poder conocer las características del aceite recibido por cada proveedor.

### ***Filtrado***

- La operación de filtrado del aceite se realiza manualmente.
- Se pasa el aceite a través de una malla metálica y un filtro grueso, lo cual sirve para separar las partículas gruesas que se encuentran en suspensión en el aceite, y se conduce el aceite filtrado al cilindro de almacenamiento.
- Si el aceite es muy viscoso, el filtrado se facilita calentándolo ligeramente.
- Luego del filtrado, se registra para cada envase la tara de sólidos remanentes y la tara del envase vacío.
- Los sólidos se almacenan en baldes o latas para destinarlos al compostaje o alimentación animal.

### ***Almacenamiento y sedimentación de sólidos finos***

- El aceite filtrado se almacena en uno de los cilindros de plástico destinados a este fin.
- Se debe mantener el cilindro tapado para evitar el ingreso de impurezas, como polvo o insectos.
- En el fondo del tanque se irán depositando sólidos finos que formarán una especie de lodo. Así, periódicamente, será necesario limpiar el tanque para descargar tal impureza.
- El lodo será separado y destinado al compostaje o alimentación animal.

### ***Determinación de la humedad***

- Se toma una muestra pequeña de aceite de no más de medio litro, se pone en una cocina o plancha eléctrica y se calienta hasta llegar a los 100 °C. Si el aceite empieza a burbujear, a crepitar o crujir, es indicador de que contiene agua; entonces habrá que secarlo antes de transformarlo en biodiesel.

### ***Secado del aceite***

Como veremos seguidamente, el secado del aceite se puede realizar de dos maneras, aunque resulta más recomendable la segunda:

- Se emplea un cilindro de 50 galones, abierto. Se calienta hasta 90°C y se deja que concluya el proceso de burbujeo y crujido; es importante un cuidadoso control de la temperatura para evitar que se quemé el aceite, se acidifique o se rancie. No se recomienda utilizar el secador de biodiesel ya que quedaría sucio con aceite; es preferible emplear un recipiente que tenga base cónica, con un desfogue en el centro del cono, con la finalidad de ir purgando el agua que se vaya separando del aceite cuando se calienta. Esto ahorra tiempo y energía.

- Empleando el mismo reactor de biodiesel, se calienta hasta aproximadamente 60 ó 70 °C y después se deja sedimentar. Por diferencia de densidades, el agua se depositará al fondo y se podrá separar manualmente por la válvula de drenaje inferior. Después de esto, el aceite está listo para la transesterificación.

### ***Determinación de la acidez***

Este paso es muy importante para saber qué cantidad de catalizador es necesaria para la reacción. Se necesita un equipamiento básico de laboratorio para medir pesos y volúmenes exactos.

Materiales necesarios:

- Equipo para titulación: bureta, soporte, vaso pequeño, matraz.
- Pipetas de 1 ml y 10 ml.
- Solución al 0.1% de KOH en agua destilada (1 gr de KOH diluido en 1 l de agua destilada).
- Fenolftaleína.
- Etanol.
- Muestra de aceite.

Procedimiento:

- Tomar 1 ml de muestra de aceite con la pipeta y ponerlo en el matraz.
- Diluir con 10 ml de etanol. Mezclar bien. Si no se diluye totalmente, calentar ligeramente.
- Aplicar 5 gotas de fenolftaleína y volver a mezclar.
- Llenar la bureta con solución de KOH 0.1%.
- Dejar caer la solución de la bureta a la mezcla de aceite y alcohol gota a gota hasta que el color se torne rosado (este procedimiento se denomina titulación).
- Anotar el gasto de KOH. Llamaremos a este valor X.
- Repetir la prueba un mínimo de tres veces para asegurar que los resultados sean exactos.

Significado de la prueba:

- La cantidad X de KOH gastado en la titulación indica la acidez del aceite, causada por la presencia de ácidos grasos libres, liberados cuando se fríe en exceso. Esta es también la cantidad de catalizador necesaria para neutralizar la acidez del aceite, la cual se expresa de esta manera: “X gramos de KOH / litro de aceite”.
- Si X es menor a 2 gr KOH/litro, entonces se puede hacer la transesterificación directamente. En este caso, la cantidad de catalizador a utilizar sería de 7+X por cada litro de aceite que se vaya a procesar.
- Si X es mayor a 2 gr KOH/litro, puede haber problemas de formación de jabones, lo cual interferiría en la producción de biodiésel. Se requerirá entonces neutralizar el aceite.

### ***Neutralización del aceite***

- Se pone el aceite en un recipiente grande, de preferencia de acero inoxidable, y nunca de aluminio, pues este se corroe de forma rápida con el KOH o el NaOH.
- Por cada litro de aceite a procesar, disolver X gramos de KOH en 20 ml de agua. Este procedimiento debe hacerse con cuidado, utilizando guantes y lentes de protección, pues el KOH es irritante y podría quemar las manos.
- Cuando la solución esté bien disuelta, ésta se debe agregar lentamente y con mucho cuidado al aceite, removiendo con constancia.
- Se verá que se empiezan a formar pequeños grumos, que son jabones producidos al reaccionar el KOH con los ácidos grasos libres.
- Después de que todo esté bien mezclado, filtrar nuevamente el aceite a fin de separar el jabón que se formó.
- Por último, volver a titular el aceite para determinar si disminuyó la acidez. Si ésta es menor a 2 gr KOH/litro, se procederá a la transesterificación.

### **4.7.2 Transesterificación**

Los siguientes pasos se deben tomar en cuenta al momento de operar el reactor:

- Asegurarse de que todas las válvulas que entran y salen del reactor están cerradas.
- Transferir el aceite desde el tanque de almacenamiento hasta el reactor, mediante la manguera de aceite, y a través de la tapa superior del reactor.
- Encender la resistencia y el motor de agitación del reactor y calentar el aceite hasta 50°C con agitación constante.
- Usar un mínimo de 40 litros de aceite o una cantidad que cubra por completo la resistencia para que esta no se malogre. Una vez lleno el reactor con la cantidad de aceite, taponarlo.
- Mezclar en el tanque de metóxido el catalizador (potasa cáustica, KOH) con el alcohol (metanol) en las proporciones calculadas con el método de la titulación. Tapar bien, encender el motor y agitar hasta que la potasa se disuelva (mínimo 15 minutos).
- Evitar respirar vapores del alcohol o la potasa, o tocarlos con las manos, ya que ambos son dañinos.
- Es preferible poner teflón en la rosca de las tapas de los tanques para evitar escape de los gases formados por el metanol y el hidróxido de potasio en los tanques.
- Evitar dejar la potasa en contacto con el aire mucho tiempo porque se humedece y carbonata, perdiendo su actividad catalítica.
- Registrar las cantidades de insumos utilizados (aceite, metanol y catalizador) y cualquier otro parámetro que afecte la reacción.
- Cuando el aceite llegue a los 50°C, se debe abrir las válvulas que comunican el tanque de metóxido con el reactor.

- Cuando se haya transferido todo el metóxido al reactor, volver a cerrar ambas válvulas.
- Dejar la mezcla en agitación por 1.5 horas manteniendo una temperatura constante.
- Apagar el equipo y dejar reposar hasta el día siguiente (mínimo 8 horas). Pasar al tanque decantador la mezcla.
- Luego del reposo, se habrán separado dos productos: el biodiesel (arriba) y la glicerina (abajo).
- Drenar primero la glicerina abriendo las válvulas (en caso se haya decantado en el reactor) o en caso se haya utilizado el decantador. Almacenar la glicerina en una galonera aparte. La glicerina se reconoce por su color marrón oscuro y porque es bastante viscosa (espesa). Al drenar, no forma espuma. Cuando el líquido se empieza a aclarar y hacer menos espeso, es que ya está saliendo una mezcla de glicerina y biodiesel. En este momento, se debe cerrar la válvula que se esté utilizando, esperar unos segundos a que el contenido del reactor se asiente y, luego, volver a abrirla ligeramente, para drenar lo último que quede de glicerina.
- En el proceso de drenaje de la glicerina, usar una máscara protectora para vapores y evitar respirar cualquier emanación, ya que la glicerina sigue conteniendo cantidades significativas de metanol. Es preciso utilizar guantes.
- Transferir el biodiesel al tanque de lavado. Para esto, cerrar y abrir las válvulas respectivas. Prender la bomba, y apagarla apenas empiece a succionar aire.
- En caso de haber usado el decantador, el biodiesel se puede lavar en el mismo tanque o se puede transferir al secador y realizar ahí el lavado. Para esto se cierran y abren las válvulas respectivas; y se hace el trasvase.

#### **4.7.3 Control de calidad del proceso de transesterificación**

Para verificar que la transesterificación se haya realizado con éxito, se deben controlar dos puntos:

- Se debe observar una separación de fases marcada de biodiesel y glicerina. Si no hay separación, entonces no ha habido reacción. En este caso se debe evaluar cuál es el motivo de este problema.
- Observar que la prueba de lavado del biodiesel sea exitosa. La prueba de lavado consiste en tomar una pequeña muestra de biodiesel (100 a 200 ml), ponerla en una botella limpia de vidrio o plástico, agregar aproximadamente la misma cantidad de agua, agitar por 10 a 15 segundos hasta que el agua y el biodiesel se mezclen completamente, y dejar reposar por algunos segundos. Si se da una separación rápida de ambos líquidos (30 minutos aproximadamente), significa que el biodiesel es de buena calidad. Si se separan, pero entre ambas fases hay una capa de espuma o jabón, se puede continuar con el lavado de todo el lote añadiendo ácido fosfórico al agua para facilitar la separación, y se debe procurar mejorar el proceso de transesterificación. Si el agua y el biodiesel no se separan

adecuadamente, sino que permanecen mezclados formando una emulsión lechosa, quiere decir que el proceso de transesterificación no ha sido completo.

#### **4.7.4 Tratamiento posterior del biodiesel (lavado, secado y filtrado)**

##### ***Lavado***

Se realizarán tres lavados durante los tres días posteriores a la transesterificación. La metodología para cada lavado es la siguiente:

- Agregar 25 litros de agua al tanque de lavado al que previamente se ha transferido el biodiesel.
- Conectar al tanque de lavado la bomba de aire con las mangueras destinadas a tal fin.
- Prender la bomba de aire y dejar funcionar por lo menos durante 6 horas.
- A última hora de la tarde o a primera hora del día siguiente desconectar la bomba de aire.
- Dejar reposar por varias horas hasta que el agua se asiente al fondo.
- Drenar el agua sucia por la válvula y desechar.
- Cuando se haya drenado toda el agua de lavado, volver a echar otros 25 litros de agua al tanque y conectar de nuevo la bomba de aire. En la tarde volver a desconectar.
- Al siguiente día drenar el agua, volver a echar 25 litros de agua limpia y conectar la bomba de aire. En la tarde volver a desconectar.
- Cuando se separa el agua de lavado, en algún momento empezará a salir una mezcla de biodiesel con agua, posiblemente en forma de emulsión (color blanco a amarillo lechoso). Colectar esta emulsión en un balde o recipiente aparte y dejar reposar por 2 a 3 días. Lentamente, se separará una capa de biodiesel en la parte superior. Recuperar este biodiesel y mezclarlo con el que se esté lavando. Desechar el agua con el jabón restante.

##### ***Secado***

El secado se realizará una vez se hayan terminado los tres lavados y se haya dejado tiempo suficiente (mínimo 6 a 8 horas) para que el agua y el biodiesel se separen completamente. En este momento se transferirá el biodiesel al tanque de secado por medio de una manguera conectada a la válvula.

- Primero verificar que salga biodiesel y no agua, y que el biodiesel esté relativamente transparente, no mezclado con agua.  
Si esto no es así, puede deberse a dos causas:
  - Demasiada agua en el tanque y por lo tanto aún estamos drenando la capa de agua en lugar de drenar la capa de biodiesel. En este caso, utilizando la válvula drenar un poco de agua de lavado (aprox. 5 litros) y descartar.
  - Una capa de emulsión, es decir mezcla de biodiesel con agua, que se produce por la presencia de impurezas. Esta emulsión (líquido de color lechoso, amarillento o blancuzco) se debe separar del biodiesel limpio. En este caso,

drenar la emulsión en un balde por la válvula hasta que empiece a salir biodiesel limpio y dejar reposar durante unos días para que el biodiesel se vaya separando en la parte de arriba. Este biodiesel se recupera y el resto se puede descartar.

- Una vez que se tenga buen biodiesel saliendo por la válvula, conectar una manguera hasta el tanque de secado; abrir las válvulas; y encender la bomba. Se debe cuidar que las demás válvulas estén cerradas.
- Después de realizar el lavado, se prende la resistencia y se calienta el biodiesel manteniendo una temperatura constante de 90 °C, evitando llegar a temperaturas mayores a 100 °C pues el biodiesel se degrada y acidifica. Mientras se va calentando, hay que purgar poco a poco el secador abriendo la válvula para eliminar el agua que se vaya acumulando en la base, con esta operación se ahorra tiempo y energía.
- El biodiésel estará totalmente seco cuando:
  - No se vea formación de burbujas ni se oigan crujidos del agua hirviendo.
  - El líquido esté totalmente translúcido (y se pueda ver el fondo). Si está un poco turbio, es que aún tiene agua o jabón.

### ***Filtrado***

- Luego del secado, el biodiesel se filtra para evitar todo tipo de impurezas.
- Asegurarse de que el biodiesel no esté demasiado caliente antes del filtrado (la temperatura no debe superar los 50 °C).
- Se abren las válvulas y se filtra el biodiesel. Una vez filtrado está listo para ser utilizado puro o mezclado con diésel 2.
- Poner una galonera o conectar la salida a un depósito de almacenamiento a la salida del filtro.
- Rotular y controlar adecuadamente la cantidad obtenida. Asimismo, llevar el registro de la cantidad de biodiesel obtenido en cada lote.

## **4.8 Seguridad en Planta**

### **4.8.1 Manejo de insumos químicos**

Es muy importante tener en cuenta que se está trabajando con insumos químicos peligrosos: el metanol es altamente inflamable y tóxico por inhalación, ingestión y contacto; el KOH es corrosivo, irritante si se inhala el polvo y quema la piel si se toca. Por ello, la adecuada selección de ropa y equipamiento de seguridad, así como de los materiales que estarán en contacto con estos químicos, es fundamental. En el anexo I se encuentran las cartillas de seguridad de los insumos químicos utilizados para la producción de biodiesel.

### **4.8.2 Ropa y equipamiento de seguridad**

- Guantes:
  - Emplear guantes de jebe (o de preferencia de nitrilo) todo el tiempo que se trabaje con metanol y con KOH o NaOH.

- Enjuagar los guantes de jebe inmediatamente con abundante agua luego de manipular el KOH o NaOH, porque estas sustancias atacan el caucho.
- Emplear guantes de cuero cuando se trabaje con superficies calientes.
- Máscara:
  - Usar máscara con respirador para gases orgánicos y para partículas.
  - Utilizarla obligatoriamente cuando se trabaje con metanol y con KOH o NaOH.
- Lentes protectores:
  - Usar lentes de protección cuando se trabaje con metanol y con KOH o NaOH.
- Mandil:
  - Uso obligatorio todo el tiempo.
- Botas:
  - Botas de jebe.
- Extintores:
  - Se debe contar con extintores de espuma o de polvo seco en todo lugar donde se almacene y/o manipule metanol, aceite y biodiesel, o mezclas de ellos.
  - Ubicarlos en lugares de fácil acceso y adecuadamente marcados.
- Saco de arena:
  - Como medida extra para casos de incendio, contar con un saco o barril lleno de arena en un lugar visible y adecuadamente marcado.
- Ducha de emergencia:
  - Contar con ducha de emergencia para casos de derrame o salpicadura con metanol o con soluciones concentradas de KOH, NaOH o ácidos.
  - Asimismo, contar con dispositivo de lavado de ojos para los mismos casos.

### **4.8.3 Compatibilidad de materiales**

En el anexo II se presenta una relación de materiales comunes, según su compatibilidad con las sustancias utilizadas en la producción de biodiesel. Se debe tener en cuenta este listado para fines de compra de repuestos y envases, ampliación de la planta, etc. para de este modo emplear los materiales adecuados y reducir las pérdidas durante el procesamiento dado que se trabajan con sustancias químicas.

## **4.9 Análisis de Rentabilidad**

### **4.9.1 Costo de inversión**

Los costos de inversión representados por la adquisición de maquinaria y equipo se desglosan en la tabla 4.2 y en la tabla 4.3 los costos por la adquisición de materia prima. Finalmente estos costos se resumen en la tabla 4.4, mostrando el costo total de la inversión.

La tabla 4.2 muestra el costo estimado del material necesario para la implementación del procesador de biodiesel en la mini planta diseñada.

Tabla 4.2 Costo de maquinaria

Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Importe
Tanque 500ml	3	S/. 500,00	S/. 1.500,00
Tanque de procesamiento	3	S/. 800,00	S/. 2.400,00
Balanza	1	S/. 320,00	S/. 320,00
Válvula	15	S/. 25,00	S/. 375,00
Manguera 100m	1	S/. 150,00	S/. 150,00
Contenedores (balde)	30	S/. 20,00	S/. 600,00
		<b>TOTAL</b>	S/. 5.345,00

La tabla 4.3 muestra el costo de los reactivos, adquiridos en cantidades industriales, necesarios para la producción de biodiesel. La inversión mensual de S/. 4.353,28 permitirá cubrir la producción de 3882 Litros de Biodiesel.

Tabla 4.3 Costo de insumos mensuales

Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Importe
Metanol	800,604 L	S/. 5,00	S/. 4.003,02
Aceite Vegetal Usado	4447,8 L	S/. -	S/. -
Hidróxido de Sodio	14,01057 Kg	S/. 25,00	S/. 350,26
		<b>TOTAL</b>	S/. 4.353,28

La tabla 4.4 muestra el costo total requerido para inicio de operación de la mini planta en el sistema de gestión planteado.

Tabla 4.4 Costo total de la inversión

Concepto	Importe
Maquinaria y equipo	S/. 5.345,00
Materia prima	S/. 4.353,28
<b>TOTAL</b>	S/. 9.698,28

## 4.9.2 Perfil de recuperero

### *Consideraciones previas*

Cabe aclarar que cuanto más nuevos sean los vehículos Diesel o Turbo Diesel, mayor preparación poseen para ser utilizados con biodiesel. En cuanto al motor en el cual se va a utilizar 100% de biodiesel (B100), no requiere ninguna modificación, salvo el cambio de los conductos de combustible hechos a base de gomas muy blandas, para los modelos anteriores al año 1998, por un material más resistente. Esto se debe al alto poder solvente del biodiesel, que con el uso reiterado, diluye dichas gomas ocasionando trastornos. Por su alto poder solvente y detergente, el biodiesel removerá toda la basura y a veces algo de pintura de los tanques y conductos, en aquellos motores que usaron siempre gasoil y de pronto comienzan a usar biodiesel, "obligando en un principio" a limpiezas periódicas de los filtros de combustible. Por lo antedicho es conveniente que se comience a utilizar biodiesel en porcentajes bajos mezclado con diesel de petróleo y paulatinamente ir incrementando el % de biocombustible en la mezcla (B10, B20, B50, B100).

En Perú desde el 2009 se viene comercializando el B2 (Mezcla de 2% de biodiesel y 98% de diesel de petróleo), a partir del 2011 será obligatoria la comercialización del B5 (Mezcla de 5% de biodiesel y 95% de diesel de petróleo) en reemplazo del B2.

A partir de esta información elaboramos un cuadro de uso de biodiesel en mezclas por periodos, los cuales son definidos arbitrariamente, tomando en cuenta la adaptabilidad de los motores de las unidades al combustible, según mantenimiento constante de los mismos. Aplicaremos estos criterios en las unidades municipales, sin hacer distinciones, dado que los principios de funcionamiento de los motores son los mismos. Los periodos que nosotros definimos para nuestro caso los mostramos en la siguiente tabla:

Tabla 4.5 Periodos de uso de mezclas de biodiesel y diesel de petróleo

<b>Mezcla</b>	<b>Biodiesel (%)</b>	<b>Diesel de petróleo (%)</b>	<b>Periodo</b>
<b>B5</b>	5	95	3 meses
<b>B10</b>	10	90	3 meses
<b>B20</b>	20	80	3 meses
<b>B50</b>	50	50	6 meses
<b>B100</b>	100	0	Indefinido

Establecemos estos periodos para poder ir adaptando los motores al uso del biodiesel paulatinamente y no generar problemas en el normal funcionamiento de las unidades. La razón, ya mencionada, es que el biodiesel por ser solvente y detergente, al ser utilizado en motores viejos donde los retenes de los inyectores son de goma, puede ocasionar un desgaste un poco mayor que el ocurrido por el uso de muchos años de diesel de petróleo. Es por ello que debe determinarse en forma muy seria el desgaste de los mencionados retenes sufridos por el correr de los años con el uso del diesel de petróleo, y el producido por el uso del biodiesel. Esto ayudará a no incurrir en

equivocaciones donde se culpa al biodiesel en los trastornos ocasionados al motor. Esto es importante considerarlo en los casos donde se utilice B100 (100% biodiesel) de un día para el otro en motores muy viejos, ya que puede incurrirse en errores de base.

La Municipalidad de San Vicente, cuenta con los siguientes vehículos de motor diesel, dentro de su flota:

- ambulancias,
- autos,
- camionetas,
- camión,
- volquete,
- cargador frontal,
- compactador,
- motoniveladora,
- rodillo vibrador,
- bombero botadero,
- caldero camal.

Entre todas estas unidades, generan un consumo mensual detallado en la tabla 4.6 proporcionada por la Municipalidad de San Vicente de Cañete.

Tabla 4.6 Consumo mensual de combustible diesel en las unidades de la Municipalidad

Mes	Consumo (galón)	Costo Unitario	Importe
<b>Enero</b>	140	S/. 10,79	S/. 1.510,60
<b>Febrero</b>	1037	S/. 10,79	S/. 11.189,23
<b>Marzo</b>	1102	S/. 10,79	S/. 11.890,58
<b>Abril</b>	1686	S/. 10,79	S/. 18.191,94
<b>Mayo</b>	1316	S/. 10,79	S/. 14.199,64
<b>Junio</b>	2670	S/. 11,19	S/. 29.877,30
<b>Julio</b>	1897	S/. 11,19	S/. 21.227,43
<b>Agosto</b>	1762	S/. 11,19	S/. 19.716,78
<b>Septiembre</b>	2774,5	S/. 11,69	S/. 32.433,91
<b>Octubre</b>	270	S/. 11,69	S/. 3.156,30

Dando un consumo promedio mensual de 1465,45 galones de diesel de petróleo. A partir de ello elaboramos los siguientes cuadros para estimar el periodo de recupero como resultado de la ejecución del presente tema de tesis.

Según la tabla 4.7 el costo por galón de producción de biodiesel al 100% es de S/. 4.24 aproximadamente.

Tabla 4.7 Costo unitario de producción de biodiesel

Valor	AVU	AVU <sub>v</sub>	Metanol	NaOH	Biodiesel	Glicerol
Porcentaje	100%	87,3%	18%	3.5gr/L	87.3%	15%
Cantidad	148,26 L	129,43 L	25,88 L	0,45 Kg	125,54 L	23,29 L
Costo/U.	S/. -	S/. -	S/. 5	S/. 25	S/. -	S/. -
Costo	S/. -	S/. -	S/. 129,43	S/. 11,32	S/. -	S/. -
	<b>Costo x Litro</b>		<b>Costo x Galón</b>			
<b>Sub Total</b>	S/. 1,12		S/. 4,24			

En la tabla 4.8 se aprecia la mejor forma de aprovechar el biodiesel generado, distribuyéndolo según la programación de uso en las unidades, es decir durante los primeros meses en que la producción excede al requerimiento se puede almacenar el sobrante hasta cuando se llegue a manejar el B100 directamente, en cuyo caso lo requerido excede a lo que se puede producir. Según este perfil el tiempo estimado en que se equilibrará el proceso productivo con el requerimiento será de 35 meses aproximadamente.

Tabla 4.8 Cantidad necesaria a producir de biodiesel, según requerimiento

Mezcla	Se puede producir (galón)	Se requiere (galón)	Saldo B100 (galón)	Acumulativo (galón)	Periodo
<b>B5</b>	60573	4396,35	2808,8325	2808,8325	3 meses
<b>B10</b>	30286,5	4396,35	2589,015	5397,8475	3 meses
<b>B20</b>	15143,25	4396,35	2149,38	7547,2275	3 meses
<b>B50</b>	12114,6	8792,7	1660,95	9208,1775	6 meses
<b>B100</b>	20191	29309	-9118	90,1775	20 meses
<b>B100</b>	1009,55	1465,45	-455,9	-365,7225	De 21 a + (x mes)

Para el análisis de recupero, en la tabla 4.9 mostramos el costo del biodiesel, según la cantidad requerida y que se puede producir, teniendo en cuenta el tipo de mezcla y los periodos definidos de uso.

Tabla 4.9 Costo de producción de biodiesel, según tipo y periodos

Periodo	Mezcla	Cantidad (galón)	C.U.	Importe
<b>3 meses</b>	B5	4396,35	S/. 10,66	S/. 46.873,88
<b>3 meses</b>	B10	4396,35	S/. 10,32	S/. 45.387,92
<b>3 meses</b>	B20	4396,35	S/. 9,65	S/. 42.415,98
<b>6 meses</b>	B50	8792,7	S/. 7,62	S/. 67.000,37
<b>20 meses</b>	B100	29309	S/. 4,24	S/. 124.270,16
<b>De 21 a + (x mes)</b>	B100	1009,55	S/. 4,24	S/. 4.280,49

Además de lo mencionado anteriormente, es preciso estimar el costo que viene generando el consumo de diesel de petróleo antes de la aplicación de este proyecto, para fines comparativos, este monto lo mostramos en la tabla 4.10 siguiente.

Tabla 4.10 Costo en valor promedio de diesel de petróleo, según periodos

Periodo	Consumo (galón)	C.U.	Importe
<b>3 meses</b>	4396,35	S/. 11,00	S/. 48.359,85
<b>3 meses</b>	4396,35	S/. 11,00	S/. 48.359,85
<b>3 meses</b>	4396,35	S/. 11,00	S/. 48.359,85
<b>6 meses</b>	8792,7	S/. 11,00	S/. 96.719,70
<b>20 meses</b>	29309	S/. 11,00	S/. 322.399,00
<b>De 21 a + (x mes)</b>	455,9	S/. 11,00	S/. 5.014,90

Finalmente mostramos la tabla 4.11, en donde comparamos el costo del biodiesel según mezcla con el costo del diesel en los periodos definidos para el uso de las mezclas.

Tabla 4.11 Ahorro generado por el uso de biodiesel producido, según tipo y periodos

Periodo	Mezcla	Importe en biodiesel	Importe en diesel	Ahorro
<b>3 meses</b>	B5	S/. 46.873,88	S/. 48.359,85	S/. 1.485,97
<b>3 meses</b>	B10	S/. 45.387,92	S/. 48.359,85	S/. 2.971,93
<b>3 meses</b>	B20	S/. 42.415,98	S/. 48.359,85	S/. 5.943,87
<b>6 meses</b>	B50	S/. 67.000,37	S/. 96.719,70	S/. 29.719,33
<b>20 meses</b>	B100	S/. 124.270,16	S/. 322.399,00	S/. 198.128,84
<b>De 21 a + (x mes)</b>	B100	S/. 4.280,49	S/. 5.014,90	S/. 11.105,05

Según los datos de las tablas anteriores, podemos decir lo siguiente:

- La inversión requerida para iniciar el funcionamiento de la planta es de S/. 9698,28 (De tabla 4.4).
- El gasto mensual necesario para la producción es de S/. 4353,28 (De tabla 4.3).
- El monto invertido se recuperará en 28 meses (2 años y 4 meses), según la programación de uso planteada.

Una vez se consolide el uso de Biodiesel en su máxima expresión (B100), el ahorro mensual en combustible que se generaría al municipio asciende a S/.11105,05.

**Capítulo 5**  
**Conclusiones y recomendaciones**



## **5.1. Conclusiones**

- La generación de los aceites de cocina usados según los tipos de establecimiento es un parámetro muy importante a considerar por su nivel de acidez, además, la cantidad generada varía según el tipo de establecimiento siendo los de mayor generación las pollerías y chifas. Una vez clasificados los establecimientos la recolección es más sencilla.
- La adecuada recolección de los aceites vegetales usados de cocina en San Vicente de Cañete es muy posible, sin embargo es necesario promover la adecuada gestión de éstos residuos con programas de concientización local.
- No existe ningún sistema que excluya el uso de la mano de obra para recolectar los AVU.
- En la medida en que los AVU sean recolectados cerca de su origen, el proceso de recolección en el sistema de gestión de aceites de cocina usados será más eficiente.
- El tratamiento de los aceites de cocina usados en la industria es un proceso rentable y de alta inversión sin embargo pese a esto traerá beneficios al ciudadano a mediano y largo plazo tanto en el plano económico, sanitario como en el plano medioambiental.
- El tratamiento de los AVU, promete una reducción en costos operativos de la Municipalidad de San Vicente de Cañete. Una vez llegado al punto de equilibrio generará un ahorro de S/. 6751,77 mensual, que se podrá reinvertir en el mismo tema o disponerlo para otros fines.
- Sin perder de vista el objetivo del tema de tesis, se debe mencionar que, indirectamente, además del beneficio económico que se generaría, también se obtienen beneficios para la población en cuanto a la mejora en la calidad de vida y reducción de la contaminación en el entorno que les rodea.

## **5.2. Recomendaciones**

- Antes de construir la planta de tratamiento de AVU debería definirse bien la forma de concientizar a la población para asegurar viabilidad del tema de tesis y asimismo tener claro el nivel de compromiso por parte del municipio de San Vicente para llevar a cabo la ejecución este tema de tesis.
- Hacer un estudio de factibilidad que consta de los siguientes puntos; desechos sólidos urbanos, lugar previsto para la planta, clima local, operación de la planta y finalmente la tecnología seleccionada.
- Tener en cuenta el tipo de aceite reciclado a usar como insumo y su composición ya que éste varía según el tipo de establecimiento del cual se recoja.
- Se sugiere la promulgación de una ordenanza municipal, que permita llevar un control sobre el destino final de los aceites usados de cocina. De ese modo se podrá reducir el impacto ambiental y en salud que estos podrían originar, considerando el destino actual que se le da a esos desechos.

## **Glosario**

## Glosario

### A

**Aceite Vegetal Usado (A VU):** El aceite vegetal usado es aquel que proviene de la refinación del aceite vegetal crudo y que, como resultado del uso, manejo y almacenamiento, se ha contaminado de manera que ya no sirve para su propósito original debido a la presencia de impurezas químicas y físicas que han causado la pérdida de sus propiedades originales.

**Aceite Vegetal Virgen (A VV):** El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía. Algunos no son aptos para consumo humano, como el de castor o algodón.

### B

**Botadero:** Es un lugar especialmente destinado para disponer de los residuos sólidos.

**Botulismo:** Es una intoxicación alimentaria bacteriana causada por una neurotoxina, la toxina botulínica, que es producida por la bacteria *Clostridium botulinum*. Esta molécula está teniendo usos estéticos en la actualidad como principal componente del botox. La bacteria entra en el cuerpo mediante heridas abiertas pero también puede vivir en alimentos mal enlatados o almacenados en recipientes abiertos o inapropiados.

### C

**Compostaje:** El compostaje es un proceso de tratamiento biológico con el cuál se obtienen muchas ventajas. Además de no requerir mano de obra calificada envuelve sistemas simplificados de bajo costo. En condiciones climáticas de calor ayudan más en la evaporación de los líquidos de la materia orgánica, solucionando en gran parte el problema de los residuos sólidos en el país.

### G

**Glicerina:** También llamado glicerol o propanotriol, es un compuesto alcohólico, usado para la elaboración de productos de perfumería y farmacia. Es el compuesto base para la elaboración de nitroglicerina, componente principal de algunas mezclas explosivas.

**Grasas trans:** Las grasas trans son grasas insaturadas cuya geometría espacial las hace inadecuadas para la salud. La hidrogenación, un proceso que añade átomos de hidrógeno a las moléculas de grasa para hacerlas más saturadas, es responsable del cambio en la geometría de la mayoría de las grasas trans comestibles. Los aceites se hidrogenan para incrementar su punto de fusión (por ejemplo para obtener margarina).

### R

**Reciclaje:** Se aplica a aquellos residuos que se les puede dar un valor útil "reprocesando" mediante una transformación obteniendo el mismo producto o uno alternativo análogo.

**Recuperación:** Se aplica a un residuo que permita aprovechar aquellas materias que lo constituyen y tienen un valor de cambio en el mercado. Generalmente está formado por materia inorgánica.

## **Bibliografía**



## Documentos

- Departamento de Agricultura. (1997). Food and Agriculture Organization of the United Nations. "Grasas y aceites en la nutrición humana". Consulta FAO/OMS de expertos (Estudio FAO Alimentación y Nutrición - 57)
- Department of Public Works. (2004). County of San Mateo. "El Sistema de Alcantarillas y El Servicio Por El Que Usted Paga". Folleto informativo
- Washington State University. (2007). Programa Food Sense. "ACEITES, Conozca los límites". Artículo informativo.
- Red argentina de alimentos. (2008). "Aceites". Por Natalia Gimferrer Morató.
- Universidad Tecnológica de la Mixteca. (2009). "Diseño de una planta productora de lombricomposta en la Universidad Tecnológica de la Mixteca". Tesis. Ing. Héctor Reséndiz Vásquez.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2009). "Diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos en un sector urbano". Tesis. Ing. Frank Michel Yurivilca Oscanoa
- Soluciones Prácticas – ITDG. (2008). "Manual de construcción y uso de Reactor para producción de biodiesel a pequeña escala". Fernando Acosta, Paula Castro, Elsa Cortijo
- Universidad de Puerto Rico. (2002). "Optimization studies for the alkaline transesterification Biodiesel reactor using ultrasound mixing". Tesis. Ernesto Emmanuel Borrero Quintana.
- Editora Blucker. (2006). Brazil. "Manual de Biodiesel". Gerhard Knothe, Jon Van Gerpen, Jurgen Krahl, Luiz Pereira.

## Páginas de Internet

- Laboratorio en Movimiento (2009). En línea Internet. 13 de noviembre de 2009. Accesible en <http://www.flickr.com/photos/26630539@N04/sets/72157608887174525/>
- José Blázquez, Madrid Salud (2008). En línea Internet. 13 de noviembre de 2009. Accesible en <http://www.madridsalud.es/blog/?p=194>
- RBA Ambiental (2008). En línea Internet. 15 de noviembre de 2009. Accesible en <http://www.rba-ambiental.com.ar/>
- Energías Renovables (2009). En línea Internet. 15 de noviembre de 2009. Accesible en <http://www.renovables-energia.com/2009/04/reciclar-aceite-cocina-usado/>
- Archena (2009). En línea Internet. 15 de noviembre de 2009. Accesible en <http://www.archena.es/aceiteusadococina>
- Wikipedia (2009). En línea Internet. 16 de noviembre de 2009. Accesible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite\\_vegetal](http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_vegetal)

- Wikipedia (2009). En línea Internet. 16 de noviembre de 2009. Accesible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite\\_de\\_cocina](http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_de_cocina)
- Gimferrer Morató, Natalia. (2008). "Aceites". Red Argentina de Alimentos. Accesible en <http://www.red-alimentos.com.ar>
- SANET (2009). En línea Internet. 20 de noviembre de 2009. Accesible en <http://www.sustainablealternatives.net/cases.cfm?caseid=2711>
- Food and Drug Administration (2009). En línea Internet. 20 de noviembre de 2009. Accesible desde <http://www.fda.gov/Food/LabelingNutrition/ConsumerInformation/ucm109832.htm>
- Instituto Nacional de Salud (2009). En línea Internet. 20 de noviembre de 2009. Accesible en <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/boletin/pdf/ReporteEpidemiologicoINS2006-20.pdf>
- American Society for Testing and Materials (2009). En línea Internet. 20 de noviembre de 2009. Accesible en [http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson\\_spjf09.html](http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson_spjf09.html)
- Taringa (2009). En línea Internet. 20 de noviembre de 2009. Accesible en <http://www.taringa.net/posts/info/1001745/Biodiesel.html>
- Journey to forever (2001). En línea Internet. 20 de noviembre de 2009. Accesible en [http://journeytoforever.org/es/biodiesel\\_fabricar.html](http://journeytoforever.org/es/biodiesel_fabricar.html)

**Anexo I: Cartillas de seguridad de insumos químicos utilizados en la  
producción de biodiesel**



## METANOL: HOJA DE SEGURIDAD

FÓRMULA	H4O, CH3OH
PESO MOLECULAR	32.04 g/mol
COMPOSICIÓN C:	37.48 %, H: 12.58 % y O: 49.93 %
SINÓNIMOS	Alcohol metílico, hidrato de metilo, hidróxido de metilo, metilol, carbinol, alcohol de madera

### RESUMEN DE LOS RIESGOS

- El metanol puede afectarle al respirarlo y cuando pasa a través de su piel.
- El metanol es un teratógeno. Trátese a esta sustancia con mucho cuidado.
- El metanol puede irritar los ojos y causar visión borrosa y/o ceguera.
- Respirar el metanol puede irritar la nariz, la boca y la garganta, y causar tos y respiración con silbido.
- El contacto puede causar irritación de la piel. La exposición repetida o prolongada puede causar resecamiento y grietas en la piel.
- Es posible que el metanol cause daño al hígado.
- La exposición a concentraciones altas puede causar dolor de cabeza, náuseas, vómitos y mareo. Puede causar la muerte.
- El metanol es un líquido inflamable y presenta un peligro de incendio.

### GENERALIDADES

El metanol es un líquido incoloro, venenoso, con olor fuerte parecido al etanol y cuando está puro puede tener un olor repulsivo; arde con flama no luminosa. Es utilizado industrialmente como solvente y como materia prima en la obtención de formaldehído, - - inorgánicos.

También es utilizado como anticongelante en radiadores de autos; en gasolinas y diesel; en la extracción de aceites de animales y vegetales, y agua de combustibles de

plásticos de y como solvente en distintas industrias.

por hidrogenaci

- do de cinc; por oxidación de hidrocarburos y como subproducto en la -Tropsch.

### NÚMEROS DE IDENTIFICACIÓN

CAS: 67-56-1

UN: 1230

NIOSH: PC 1400000

RCRA: U154

NOAA: 3874

STCC: 4909230

RTECS: PC1400000

HAZCHEM CODE: 2 PE

NFPA: Salud: 1 Reactividad: 0 Fuego: 3

MARCAJE: Líquido inflamable, venenoso.

#### SINÓNIMOS EN OTROS IDIOMAS

Inglés: M M W B k k '

Columbian spirit, Pyroxylic spirit, Wood naphta.

Francés: Alcool methylique

Alemán: Methylalkohol

Polaco: Metylowy alcohol

Italiano: Metanolo, Alcool metilico

#### PROPIEDADES QUÍMICAS

Este producto reacciona violentamente con bromo, hipoclorito de sodio, dietil-

cinc, disoluciones de compuestos de alquil-  
-bu  
perclorato

anhídridos, agentes oxidantes, agentes reductores y metales alcalinos.

#### PROPIEDADES FÍSICAS Y TERMODINÁMICAS

Densidad (g/ml): 0.81 g/ml (0/4°C), 0.7960 (15/°C), 0.7915 (20/4°C), 0.7866 (25/4°C).  
-97.8°C.

34.8 (400 mm de Hg), 34.8 (200 mm de Hg), 21.2 (100 mm de Hg), 12.2 (60 mm de Hg), 5 (40 mm de Hg).

Índice de refracción a 20°C: 1.3292

Densidad de vapor (aire = 1): 1.11

Punto de inflamación (Flash point): 12°C.

Punto de congelación: -97.68°C.

Temperatur

-36.5

#### W

Solubilidad:

cos. Disuelve una gran variedad  
43% de yoduro de sodio, 22% de cloruro de calcio, 4% de nitrato de plata, 3.2% de cloruro de amonio y 1.4% de cloruro de sodio.

#### NIVELES DE TOXICIDAD

RQ: 5000

IDLH: 25000 ppm

LDLo (oral en humanos): 4.28 mg/kg

LD50 (oral en ratas): 5628 mg/kg

LC50 (inhulado en ratas): 64000 ppm/4h

LD50 (en piel con conejos): 15800 mg/kg

a piel de conejos: 500 mg/24 h, moderada

Estados Unidos:

TLV TWA: 260 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm)

TLV STEL: 310 mg/m<sup>3</sup> (250 ppm)

Reino Unido:

Periodos largos: 260 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm)

Periodos cortos: 310 mg/m<sup>3</sup> (250 ppm)

Francia:

VME: 260 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm)

VLE: 1300 mg/m<sup>3</sup> (1000ppm)

Alemania:

MAK: 260 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm)

## MANEJO

### Vestimenta

Evite todo contacto de la piel con el alcohol metílico. Se debe usar ropa y guantes antidisolventes; asimismo, toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, gorros y cascos) debe estar limpia, disponible y emplearse cada día de trabajo. ACGIH califica el caucho de nitrilo o viton como material de protección muy bueno.

### Protección de los ojos

Cuando trabaje con líquidos, emplee gafas a prueba de salpicaduras de sustancias químicas y un escudo de protección de cara, o protección respiratoria con pieza facial de cara completa. No deben usarse lentes de contacto al utilizar metanol.

### Manipulación

Donde sea posible, limitar las operaciones a un lugar cerrado con ventilación de escape local en el lugar de las emisiones químicas. Si no se usa un lugar cerrado o ventilación de escape local, deben usarse respiradores (máscaras protectoras), y el lugar debe estar siempre bien ventilado.

Donde sea posible, bombear el alcohol metílico líquido en forma automática desde los tambores u otros recipientes de

a, utilizar propipetas, y nunca aspirar con la boca. Asimismo, no se debe comer, fumar o beber donde se manipula, procesa o almacena el metanol, pues se puede tragar la sustancia química.

Debe haber un lavado cuidadoso de manos antes de comer o fumar, inmediatamente después de exponerse al alcohol metílico y al término de la jornada de trabajo. Asimismo, resulta importante lavarse las partes del cuerpo que hayan podido estar en contacto con el metanol aunque usted no esté seguro si se produjo o no un contacto con la piel.

Si existe la posibilidad de exposición de la piel, deben suministrarse instalaciones para duchas de emergencia. Los trabajadores cuya ropa haya sido contaminada por el alcohol metílico deben cambiarse inmediatamente y ponerse ropa limpia.

## ALMACENAMIENTO

Cuando se trata de cantidades grandes, el metanol debe almacenarse en recipientes de acero al

entonces puede manejarse en recipientes de vidrio. Sea como fuere, el metanol siempre debe mantenerse en recipientes bien cerrados, en áreas frías y bien ventiladas, alejados de fuentes de ignición y protegido de la luz directa del sol. Asimismo, está terminantemente prohibido fumar o prender fuego abierto donde se usa, maneja o almacena metanol.

De otra parte, se debe evitar el contacto con oxidantes fuertes (tales como cloro, bromo y flúor) porque se producen reacciones violentas. De igual modo, los envases de metal utilizados durante la transferencia de alcohol metílico deben estar conectados a tierra y unidos. Los cilindros deben estar equipados con válvulas automáticas, tapas de presión al vacío y parallamas. Se debe usar equipo y herramientas que no produzcan chispas, especialmente al abrir y cerrar envases de alcohol metílico.

## TRANSPORTE Y EMPAQUE

Transporte terrestre:

Marcaje: 1230

Líquido inflamable

M

Clase: 3 (6.1)

Cantidad

Transporte marítimo:

M

Clase: 3.2

Marcaje: Líquido inflamable. Venenoso.

## RIESGOS

Riesgos de fuego y explosión:

cerrada y pueden viajar a una fuente produjeron en forma de fuego. Los contenedores pueden explotar. Al incendiarse, se producen gases venenosos como el formaldehído.

Riesgos a la salud:

El envenenamiento puede efect

que se sabe que puede ser inhibida por etanol, pues el etanol es metabolizado de manera ganismo de metano

la muerte, el efecto más grave de este producto es la ceguera permanente.

Veamos, seguidamente, un conjunto de riesgos posibles y sus efectos.

- or de 200 ppm produce dolor de

niveles, puede causar muchos de los

- ha observado que el metanol tiene un retina.

- (mencionados arriba) de los vapores de metanol que se absorben por la piel.
- Por este medio se lleva a cabo frecuentemente por etanol adulterado y sus efectos dependen del metanol. Generalmente, una dosis de 25 a 100 ml resulta fatal. Al principio se produce una narcosis similar a la producida graves sobre el sistema nervioso central, específicamente finalmente, se presentan los efectos agudos ya mencionados.
- trabajadores expuestos a metanol, en
- M typhimurium y no indujo el hermana.
- Peligros reproductivos: En estudios con concentraciones altas de vapor (10 000 ppm) se incrementan las malformaciones urinarios y cardiovasculares. A concentraciones de 5 000 ppm no se observaron estos efectos.

#### ACCIONES DE EMERGENCIA

##### Primeros auxilios:

- M
- salina neutra en forma abundante durante al menos 15 minutos, abriendo los párpados con los dedos.
- caso necesario, quitar la ropa contaminada rápidamente.
- sodio para contrarrestar la acidosis de envenenamiento.
- En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.

##### Control de fuego:

- Usar agua en forma de neblina, pues los chorros de agua pueden ser inefectivos.
- Enfriar todos los contenedores involucrados con agua. El agua debe aplicarse desde distancias seguras.
- 

##### Fugas y derrames:

- dependiendo de la magnitud del siniestro,
- Alejar cualquier fuente de ignición del derrame.
- Ventilar el área del derrame o escape.
- Evitar que el metanol llegue a fuentes de agua y drenajes. Para ello construir diques con tierra, bolsas de arena o espuma de poliuretano, o bien, construir una fosa.

- uido. Si el derrame es al agua, airear y evitar su movimiento mediante barreras naturales o bombas para controlar derrames y succionar el material contaminado.
- Absorber los líquidos mediante materiales como la vermiculita, arena seca, tierra, etc. y depositarlos en recipientes herméticamente cerrados. Tener la precaución debida pues el material utilizado para absorber puede quemarse; asimismo, este y el agua contaminada deben almacenarse en lugares seguros y desecharlos posteriormente de manera adecuada.

- 

con agua.

- Evitar que el metanol llegue a espacios cerrados o confinados donde puede haber riesgos de explosión.

Desechos:

- En el  
seguras. Para volúmenes grandes, se  
con otros materiales inflamables.

## DEFINICIONES

- ACGIH es la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales. Recomienda el valor umbral límite de exposición (llamado TLV) a sustancias químicas en el lugar de trabajo.
- EPA es la Agencia de Protección al Medio Ambiente, la agencia federal estadounidense responsable de regular peligros ambientales.
- HHAG es el Grupo de Evaluación de la Salud Humana de la agencia federal EPA.
- IARC es la Agencia Internacional para las Investigaciones sobre el Cáncer, grupo científico que clasifica los productos químicos según su potencial de causar cáncer.
- MSHA es la Administración de Salud y Seguridad de Minas, la agencia federal estadounidense que regula la minería. También evalúa y aprueba los respiradores (máscaras protectoras).
- NAERG es la Guía Norteamericana de Respuestas a Emergencias. Ha sido realizada en conjunto por Transport Canada, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos y la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México. Es una guía para casos de emergencia que permite realizar una identificación rápida de los riesgos genéricos y específicos que pueden resultar en caso de ocurrir un incidente en la transportación de material peligroso, a fin de proteger a las personas involucradas así como al público en general en la etapa inicial de respuesta al incidente.
- NCI es el Instituto Nacional de Cáncer, una agencia federal estadounidense que determina el potencial de causar cáncer que tienen las sustancias químicas.
- NFPA es la Asociación Estadounidense para la Protección contra los Incendios. Clasifica las sustancias de acuerdo con el riesgo de explosión o de incendio.
- NIOSH es el Instituto Estadounidense para la Salud y Seguridad Ocupacionales. Examina equipos, evalúa y aprueba los respiradores, realiza estudios sobre los peligros en el lugar de trabajo y propone normas a OSHA.
- NTP es el Programa Estadounidense de Toxicología que examina los productos químicos y revisa las evidencias de cáncer.
- El número CAS es asignado por el Servicio de Abstractos Químicos (Chemical Abstracts Service) para identificar una sustancia química específica.

- OSHA es la Administración de Salud y Seguridad Ocupacionales de los Estados Unidos, que adopta y hace cumplir las normas de salud y seguridad.
- TLV es el valor umbral límite, el límite de exposición en el lugar de trabajo recomendado por ACGIH.
- Un carcinógeno es una sustancia que causa cáncer.
- Una sustancia combustible es un sólido, líquido o gas que se quema.
- Una sustancia corrosiva es un gas, líquido o sólido que causa daños irreversibles al tejido humano o a los envases.
- Una sustancia inflamable es un sólido, líquido, vapor o gas que se enciende fácilmente y se quema rápidamente.
- Una sustancia miscible es un líquido o gas que se disuelve uniformemente en otro.
- Un mutágeno es una sustancia que causa mutaciones. Una mutación es un cambio en el material genético de una célula del cuerpo. Las mutaciones pueden ocasionar defectos de nacimiento, abortos o cáncer.
- La presión de vapor es la medida de la facilidad con que un líquido o sólido se mezcla con el aire en su superficie. Una presión de vapor más alta indica una concentración más alta de la sustancia en el aire y por lo tanto aumenta la probabilidad de inhalarla.
- El punto de inflamabilidad es la temperatura a la cual un líquido o sólido desprende vapor que puede formar una mezcla inflamable con el aire.
- Una sustancia reactiva es un sólido, líquido o gas que puede causar una explosión bajo ciertas condiciones o en contacto con otras sustancias específicas.
- Un teratógeno es una sustancia que causa defectos de nacimiento al dañar el feto.

## HIDRÓXIDO DE POTASIO: HOJA DE SEGURIDAD

FÓRMULA	KOH
PESO MOLECULAR	56.1047 g/mol
COMPOSICIÓN KOH:	84.50 – 90.5 %, H <sub>2</sub> O: 9.50 – 15.50 %
SINÓNIMOS	Potasa cáustica

### RESUMEN DE LOS RIESGOS

- Puede causar quemaduras a los ojos, piel y membranas mucosas.
- Puede causar daño ocular permanente.
- La inhalación del polvo o aerosol puede causar daño pulmonar severo.
- Puede reaccionar violentamente con agua, ácidos y otras sustancias.
- Es altamente corrosivo.

### GENERALIDADES

El hidróxido de potasio es un sólido blanco sin ningún olor especial, que presenta en cristales, escamas, briquetas y se utiliza generalmente en solución acuosa. Se utiliza en la manufactura de vidrio, en jabones, fertilizantes, limpiadores industriales, electroplateado, procesos químicos en general y la industria petrolera.

### NÚMEROS DE IDENTIFICACIÓN

CAS:	1310-58-3
UN:	1813
RTECS:	TT2100000
NFPA:	Salud: 3 Reactividad: 1 Fuego: 0
MARCAJE:	Corrosivo. No usar agua. Gases venenosos se producen en un incendio. Los contenedores pueden explotar en un incendio.

### SINÓNIMOS EN OTROS IDIOMAS

Inglés:

Francés:

Alemán:

Italiano: Potassium hydroxide, Lye, Caustic potash, Potassa, Potassium hydrate  
Potassium hydroxyde, potasse caustique Kalilumhydroxid Idrossido di potassio

### PROPIEDADES QUÍMICAS

El hidróxido de potasio es estable químicamente. Absorbe dióxido de carbono y humedad del aire.

Reacciona con:

- aire,
- agua,
- ácidos,
- metales, y
- otros.

Se debe evitar el contacto directo con agua y ácidos para evitar reacciones violentas. El producto es corrosivo para la lata, aluminio, zinc y aleaciones conteniendo estos metales, y reacciona con ellos si se encuentran en polvo. Evitar el contacto con cuero, lana, ácidos, compuestos halogenados orgánicos, o compuestos orgánicos

nitrogenados. Se puede formar monóxido de carbono si el KOH entra en contacto con azúcares reductores, productos alimenticios y bebidas en espacios cerrados, y puede producir la muerte.

#### PROPIEDADES FÍSICAS Y TERMODINÁMICAS

Gravedad específica (agua=1): 2.044 (20 °C).

Presión de vapor (mm de Hg): 60 (a 1013 °C).

Densidad de vapor (aire = 1): no aplicable.

Tasa de evaporación: no aplicable.

% de volátiles en peso: 0.

Punto de congelación: 400°C.

Punto de fusión: no disponible.

Solubilidad en agua (% p/p): completamente soluble.

pH: 0.01 mol/litro tiene pH 12.0

Temperatura de descomposición térmica: no disponible.

#### NIVELES DE TOXICIDAD

LD50 (oral en ratas): 365 mg/kg.

a piel de conejos (50 mg, 24 h): severa.

#### Exposición dérmica humana:

Sin importar la concentración, la severidad del daño y el grado de irreversibilidad del mismo se incrementan con la duración del tiempo de contacto. Un contacto prolongado con hidróxido de potasio, incluso diluido (>2%), puede causar un alto grado de destrucción de tejidos. El periodo de latencia luego del contacto con la piel, durante el cual no hay sensación de irritación, también varía con la concentración.

#### Consideraciones ecotoxicológicas:

Este material no es biodegradable y produce una leve toxicidad a organismos acuáticos en pruebas de laboratorio. Por ser fuertemente alcalino, cuando se descarga a aguas superficiales el KOH ocasiona un incremento del pH de las mismas, dependiendo de su capacidad de amortiguamiento. Los organismos acuáticos se estresan a niveles de pH por encima de 9, aunque muchas especies son tolerantes a niveles de pH de alrededor de 10. Este compuesto no es bioacumulable en organismos, aunque se deben tomar precauciones para evitar su descarga accidental al ambiente.

#### Límites de exposición en Estados Unidos:

TLV: 2 mg/m<sup>3</sup> (turno de 10 horas).

PEL: 2 mg/m<sup>3</sup> (concentración máxima instantánea).

#### MANEJO

##### Vestimenta

- Utilizar guantes resistentes a los químicos, como caucho, neopreno o vinilo.
- Utilizar ropa de protección para minimizar contacto con la piel, cerrada en el cuello y las muñecas.
- Lavar las ropas contaminadas y secar antes del reemplazo.
- Desechar los zapatos que no puedan ser descontaminados.

### Protección de los ojos

- Utilizar gafas de protección química.

### Protección respiratoria

- No es necesaria bajo condiciones normales de uso. En caso de que se puedan producir contaminantes aerotransportados, usar un respirador aprobado.

### Manipulación

Utilizar equipo de protección personal cuando se trabaje con KOH. Se debe contar con una ducha de seguridad y con equipo de lavado de ojos cerca del lugar de trabajo. No se requiere equipo de ventilación especial para las condiciones normales de uso, pero siempre se debe evitar la inhalación de polvo y se recomienda el empleo de sistemas adecuados de ventilación local (extractores de aire).

Se puede formar gas de monóxido de carbono (CO) si el hidróxido entra en contacto con productos alimenticios o de bebida en espacios cerrados; este gas es venenoso y puede causar la muerte. En estos casos sí se requeriría de ventilación especial.

Los contenedores, incluso cuando están vacíos, retienen residuos y vapores del producto, y deben ser manejados como si estuvieran llenos. De igual modo, resulta importante evitar que entre en contacto con los ojos, piel o vestimenta. No se debe ingerir.

Es importante mantener el KOH alejado de ácidos, para evitar posibles reacciones violentas. Asimismo, si el producto es añadido muy rápidamente, o sin agitar, y se concentra en el fondo del envase de mezclado, se puede generar un exceso de calor que resulta en peligro de ebullición y salpicaduras, y una posible erupción inmediata y violenta de solución altamente cáustica. Después de toda manipulación, debe haber un aseo a fondo, pues la exposición puede causar quemaduras que no son visibles ni dolorosas inmediatamente.

### Instrucciones de mezclado y manipulación

- Cuando el producto es mezclado con agua se genera un calor considerable, por ello resulta importante seguir los siguientes pasos cuando se hagan soluciones:
- Usar siempre la ropa y gafas de protección.
- Nunca añadir agua al producto. Siempre añadir el producto, con agitación constante, lentamente a la superficie de agua tibia, para asegurar que el producto se disuelve completamente mientras se añade.
- El producto puede reaccionar explosivamente con ácidos, aldehídos y muchos otros compuestos orgánicos, por eso añadirlo muy gradualmente mientras se agita constantemente.
- Siempre vaciar y limpiar los recipientes de todos los residuos de cualquier sustancia antes de poner ahí el KOH, para evitar posibles reacciones violentas entre este producto y los residuos desconocidos.
- Evitar el contacto con aluminio, lata, zinc y aleaciones de estos metales; asimismo, evitarlo también con cuero, lana, ácidos, compuestos orgánicos halogenados y compuestos orgánicos nitrogenados.

### ALMACENAMIENTO

- Mantener los contenedores bien cerrados y rotulados apropiadamente.

- Mantener los recipientes cerrados excepto cuando se transfiere material.
- Almacenar en una zona fresca y ventilada lejos de materiales incompatibles (ver sección anterior).

## TRANSPORTE Y EMPAQUE

Transporte terrestre:

Marcaje: UN1813

Hidróxido de potasio, sólido

## RIESGOS

Clase: 8 (9.2)

Riesgos de fuego y explosión:

El hidróxido de potasio no es combustible ni inflamable. Sin embargo, el contacto directo con agua o ácidos fuertes puede causar una reacción exotérmica violenta.

Riesgos a la salud:

- Rutas de ingreso: Inhalación e ingestión.
- Órganos que pueden ser afectados: Ojos, piel, tracto respiratorio, tracto gastrointestinal.
- Irritabilidad: Líquidos, vapores o polvo pueden ser irritantes para los ojos, piel y tracto respiratorio.
- Carcinogenicidad: Ninguna conocida.

Exposición de corto plazo (aguda):

- tracto respiratorio. Exposiciones severas pueden resultar en neumonía química.
- Contacto con ojos: El contacto puede causar daño severo, incluyendo quemaduras y ceguera. La severidad de los efectos depende de la concentración y de la rapidez con que se lavan los ojos después de la exposición.
- Contacto con la piel: Es corrosivo. El contacto puede causar quemaduras y destrucción de tejidos. La irritación puede ocurrir luego de un periodo inicial de latencia (retraso entre el momento de la exposición y el momento en que se inicia la irritación). Este periodo de latencia puede variar entre muchas horas para una solución diluida (0.04%) y minutos para soluciones más concentradas (25-50%). El contacto prolongado o repetitivo, incluso en concentraciones diluidas, puede causar un alto grado de destrucción de tejidos.
- Causa quemaduras severas y perforación total del tejido de membranas mucosas de la boca, garganta y estómago.
- Exposición repetida (crónica): No hay efectos crónicos conocidos.

## ACCIONES DE EMERGENCIA

Primeros auxilios:

- M respiración es dificultosa, conseguir una persona entrenada para que administre oxígeno. Si la respiración cesa, administrar respiración artificial. Buscar atención

- médica inmediatamente.
- Ojos: Inmediatamente enjuagarlos con una corriente de agua directa durante al menos 15 minutos, abriendo los párpados con los dedos para asegurar una irrigación completa de todo el ojo y el tejido de los párpados. El lavado dentro de los primeros segundos es esencial para lograr una máxima efectividad. Buscar atención médica inmediatamente.
  - Piel: Enjuagar exhaustivamente con agua fresca bajo una ducha y quitar la ropa y calzado contaminados. Desechar el calzado que no sea de caucho. Lavar la ropa antes de volver a usarla. Buscar atención médica lo más pronto posible.
  - vómito. Dar grandes cantidades de agua (de ser posible, múltiples vasos de leche). Si el vómito ocurre espontáneamente, mantener las vías respiratorias limpias y dar más agua. Buscar atención médica inmediata.

En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.

#### Control de fuego:

El KOH no es inflamable ni combustible. Sin embargo, en caso de que haya fuego en las cercanías de su lugar de almacenamiento tomar las siguientes medidas:

- Mantener frescos los recipientes expuestos al fuego mediante aplicación de agua en forma de neblina.
- Usar agua para refrescar los contenedores pero evitar que el agua entre en contacto con el hidróxido.
- Utilizar equipo de respiración autocontenido y de presión positiva y ropa protectora completa.

#### Fugas y derrames:

- Evacuar al personal innecesario.
- Contener el material y prevenir la acumulación de polvo.
- Precaución importante: este producto puede reaccionar fuertemente con ácidos y agua. Nunca verter al desagüe.
- Métodos de limpieza: el material seco puede ser levantado con una pala. El material líquido puede ser removido con un tren de vacío. Neutralizar trazas remanentes con cualquier ácido inorgánico diluido (clorhídrico, sulfúrico o acético). Enjuagar el área del derrame con agua y luego poner una cubierta de carbonato de sodio. Todo el material de limpieza debe ser removido para un tratamiento adecuado o disposición final. Derrames en superficies no pavimentadas (por ejemplo, tierra o arena) pueden ser manejados mediante la remoción del suelo afectado y su disposición en contenedores apropiados.

## HIDRÓXIDO DE SODIO: HOJA DE SEGURIDAD

FÓRMULA	NaOH
PESO MOLECULAR	40.01 g/mol
COMPOSICIÓN Na:	57.48%; H: 2.52%; O:40.00%
SINÓNIMOS	Soda, soda cáustica, sosa, sosa cáustica, lejía

### RESUMEN DE LOS RIESGOS

- Puede causar quemaduras a los ojos, piel y membranas mucosas.
- Puede causar daño ocular permanente.
- La inhalación del polvo o aerosol puede causar daños graves en el tracto respiratorio.
- Su ingestión puede causar quemaduras severas de la boca, garganta, esófago y estómago. Ello puede causar la muerte.
- En el largo plazo, puede ocurrir cáncer de esófago en personas que han ingerido hidróxido de sodio (sólido, en solución, polvo o neblinas).
- Puede reaccionar violentamente con agua, ácidos y otras sustancias.
- Es altamente corrosivo.

### GENERALIDADES

absorbe hu

aire, y es corrosivo para metales y teji

pieza, entre varios otros usos.  
cloruro de sodio,

por rea  
vapor de agua a bajas temperaturas.

### NÚMEROS DE IDENTIFICACIÓN

CAS: 1310-73-2  
UN: 1823  
NIOSH: WB4900000  
NOAA: 9073  
RTECS: WB4900000  
NFPA: Salud: 3 Reactividad: 1 Fuego: 0  
HAZCHEM CODE 2R  
MARCAJE: Sólido corrosivo.

### SINÓNIMOS EN OTROS IDIOMAS

Inglés: Caustic soda, Sodium hydroxide, Sodium hydrate, Ascarite, Collo-grillrein, Collo-tapetta, Red devil lye, Lye, Soda lye, White caustic.

Francés: Hydroxyde de sodium.

Alemán: Natriumhydroxid, Aetznatron.

Italiano: Idrossido di sodio.

### PROPIEDADES QUÍMICAS

- - -

de estos metales, forma esos

m . Se ha informado de reacciones  
caliente, 4-cloro-2-metil-fenol, - N,N, -bis(trinitro-etil)-  
-metil-2-penten-4-in-1-ol, nitrobenceno, tetrahidrobórato de sodio,  
1,1,1-  
Con bromo, cloroformo y triclorometano las reacciones son vigorosas o violentas. La  
n con sosa y tricloroetileno es  
genera dicloroacetileno, que es inflamable.

#### PROPIEDADES FÍSICAS Y TERMODINÁMICAS

Densidad: 2.13 g/ml (25 °C).

Presión de vapor (mm de Hg): 1 (a 739 °C).

Punto de ebullición:

Punto de fusión: 318.4 °C.

Solubilidad: soluble en agua, alcoholes y glicerol. Insoluble en acetona (aunque reacciona con ella) y éter. 1 g se disuelve en 0.9

ml de agua, 0.3 ml de agua hirviendo, 7.2 ml de alcohol etílico y 4.2 ml de metanol.

pH de soluciones acuosas: 0.05%: pH 12; 0.5%: pH 13; 5%: pH 14

#### NIVELES DE TOXICIDAD

RQ: 1000

IDLH: 250 mg/m<sup>3</sup>

LD50 (en conejos): 500 ml/kg de una disolución al 10%

#### Niveles

Estados Unidos: TLV-C: 2 mg/m<sup>3</sup>

Francia: VME: 2 mg/m<sup>3</sup>

Alemania: MAK: 2 mg/m<sup>3</sup>

Reino Unido:

Periodos largos: 2 mg/m<sup>3</sup>

Periodos cortos: 2 mg/m<sup>3</sup>

#### MANEJO

Equipo de protección personal

Para el manejo de NaOH es necesario el uso de lentes de seguridad, bata y guantes de neopreno, nitrilo o vinilo. Siempre debe manejarse en una campana y no deben utilizarse lentes de contacto al trabajar con este compuesto. En caso de contaminación de la ropa, quitar inmediatamente, y lavar y secar antes de su reemplazo.

#### Protección de los ojos

Utilizar gafas de protección química y no usar lentes de contacto. Donde haya posibilidad de que los ojos puedan quedar expuestos al hidróxido de sodio o soluciones de él, debe haber disponible un equipo de lavado de ojos.

#### Protección respiratoria

Ella no es necesaria bajo condiciones normales de uso. En caso de que se puedan producir contaminantes aerotransportados, usar un respirador aprobado. Para bajas concentraciones en el aire (100 mg/m<sup>3</sup> o menos), es suficiente un respirador de partículas de alta eficiencia, con protección de cara completa.

## Manipulación

En el caso de trasvasar pequeñas cantidades de disoluciones de soda con pipeta, utilizar una propipeta, nunca aspirar con la boca. De igual modo, se debe utilizar equipo de protección personal, contar con una ducha de seguridad y con equipo de lavado de ojos cerca del lugar de trabajo. No se requiere equipo de ventilación especial para las condiciones normales de uso, pero es importante utilizar sistemas adecuados de ventilación local (extractores de aire) y evitar la inhalación de polvo.

Los contenedores, incluso cuando están vacíos, retienen residuos y vapores del producto y deben ser manejados como si estuvieran llenos. Evitar que el NaOH entre en contacto con los ojos, piel o vestimenta. No ingerir.

Mantener alejado de ácidos, para evitar posibles reacciones violentas. Si el producto es añadido muy rápidamente, o sin agitar, y se concentra en el fondo del envase de mezclado, se puede generar un exceso de calor, que resulta en peligro de ebullición y salpicaduras, o una posible erupción inmediata y violenta de solución cáustica.

## ALMACENAMIENTO

El hidróxido de sodio debe ser almacenado en un lugar seco, protegido de la humedad, el daño físico y alejado de ácidos, metales, disolventes clorados, explosivos, peróxidos orgánicos y materiales que puedan arder fácilmente. Se deben mantener los recipientes cerrados excepto las veces que se transfiera el material.

## TRANSPORTE Y EMPAQUE

Transporte terrestre:

Marcaje: UN1823.

Sustancia corrosiva.

Marcaje: Corrosivo.

Cantidad máxima en vuelo comercial: 15 kg.

Cantidad máxima en vuelo de carga: 50 kg.

Transporte marítimo:

Número en IMDG: 8125.

Clase: 8.

Marcaje: Corrosivo.

## RIESGOS

El hidróxido de sodio no es inflamable. Sin embargo, puede provocar fuego si se encuentra en contacto con materiales combustibles. Por otra parte, se generan gases inflamables al ponerse en contacto con algunos metales. Es soluble en agua generando calor.

Riesgos a la salud:

El hidróxido de sodio es irritante y corrosivo de los tejidos. Los casos más comunes de accidente son por contacto con la piel y ojos, así como inhalación de neblinas o polvo.

respiratorio. En caso de exposición a concentraciones altas, se presenta ulceración nasal. A una concentración de 0.005 – 0.7 mg/m<sup>3</sup>, se ha informado de quemaduras en la nariz

y tracto. En estudios con animales, se han reportado daños graves en el tracto respiratorio, después de una exposición crónica.

Contacto con ojos: El NaOH es extremadamente corrosivo a los ojos, por lo que las salpicaduras son muy peligrosas, ya que pueden provocar desde una gran irritación en la córnea, ulceración, nubosidades y, finalmente, su desintegración. En casos más severos puede haber ceguera permanente, por lo que los primeros auxilios inmediatos son vitales.

Contacto con la piel: El NaOH sólido es altamente corrosivo a la piel. Se han hecho biopsias de piel en voluntarios a los cuales se aplicó una disolución de NaOH 1N en los brazos de 15 a 180 minutos, observándose cambios progresivos, empezando con disolución de células en las partes callosas, pasando por edema y llegando hasta una destrucción total de la epidermis en 60 minutos. Las disoluciones de concentración menos del 0.12% dañan la piel en aproximadamente 1 hora. Se han reportado casos de disolución total de cabello, calvicie reversible y quemaduras del cuero cabelludo en trabajadores expuestos a disoluciones concentradas de sosa por varias horas. Por otro lado, una disolución acuosa al 5% genera necrosis cuando se aplica en la piel de conejos por 4 horas.

daño en el esófago, que genera vómitos y colapso.

Carcinogenicidad: Este producto está considerado como posible causante de cáncer de esófago, aún después de 12 a 42 años de su ingestión. La carcinogénesis puede deberse a la destrucción del tejido y la formación de costras, más que por el producto en sí mismo.

Mutagenicidad: Se ha encontrado que este compuesto es no mutagénico.

Peligros reproductivos: No hay información disponible.

## ACCIONES DE EMERGENCIA

Primeros auxilios:

- accidentado se encuentra inconsciente, no dar a beber nada, dar respiración artificial y rehabilitación cardiopulmonar. Si se encuentra conciente, levantarlo o sentarlo lentamente, y suministrar oxígeno si es necesario.
- Ojos: Lavar con abundante agua corriente, asegurándose de levantar los párpados hasta eliminación total del producto.
- Piel: Quitar la ropa contaminada inmediatamente. Lavar el área afectada con abundante agua corriente.
- tratarlo como en el caso de inhalación. Si aquel está consciente, se debe darle a beber una cucharada de agua, inmediatamente, y después, cada 10 minutos.

En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.

Control de fuego:

1. Pueden usarse extinguidores de agua en las áreas donde haya fuego y se almacena

NaOH, evitando que haya contacto directo con el compuesto.

Fugas y derrames:

2. En todo caso de derrame, ventilar el área y colocarse la ropa de protección necesaria, como lentes de seguridad, guantes, overoles químicamente resistentes, botas de seguridad.
3. Mezclar el sólido derramado con arena seca, neutralizar con HCl diluido, diluir con agua, decantar y tirar al drenaje. La arena puede desecharse como basura doméstica.
4. Si el derrame es una solución, hacer un dique y neutralizar con HCl diluido. Agregar gran cantidad de agua y tirar al drenaje.

Desechos:

5. Para pequeñas cantidades, agregar lentamente y con agitación, agua y hielo. Ajustar el pH a neutro con HCl diluido. La disolución acuosa resultante, puede tirarse al drenaje diluyéndola con agua. Durante la neutralización se desprende calor y vapores, por lo que debe hacerse lentamente y en un lugar ventilado adecuadamente.

Fuente: Soluciones Prácticas – “M” strucción y uso de  
”

Elsa Cortijo



**Anexo II: Cartillas de seguridad de insumos químicos utilizados en  
la producción de biodiesel**



**Compatibilidad de algunos materiales con las sustancias que intervienen en la producción de biodiesel**

Material	KOH	NaOH	Etanol	Metanol	Glicerina	Ácidos grasos	Aceite de soya	Ácido fosfórico	Ácido sulfúrico	Diesel 2
Acero inoxidable 316	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Acero inoxidable 304	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Efecto severo	Regular	Excelente
Acero al carbono	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Hierro forjado	Buena	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Latón	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Excelente	Buena	Regular	N/A	Efecto severo	N/A	Excelente
Aluminio	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Efecto severo	Excelente
Bronce	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Excelente
Cobre	Buena	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Efecto severo	N/A	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Titanio	Efecto severo	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Regular	Efecto severo	Buena
Grafito	Regular	N/A	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Regular	Excelente
Magneto cerámico	Excelente	N/A	N/A	Excelente	N/A	N/A	N/A	Regular	Excelente	N/A
PVC	Buena	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Efecto severo	Excelente
CPVC	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Excelente
Polipropileno	Excelente	Excelente	Regular	Excelente						
Poliuretano de baja densidad	Excelente	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Efecto severo	Excelente	Buena	Buena	Regular
Policarbonato	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Buena	Excelente	Buena	N/A	Excelente	Efecto severo	Excelente
Poliuretano	Efecto severo	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Regular
Caucho natural	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Efecto severo	Buena	Efecto severo	Efecto severo
Nitrilo (Buna N)	Buena	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Efecto severo	Regular	Excelente
Teflón ®	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente						
Neopreno	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Regular	Buena	Efecto severo	Buena
Silicona	Regular	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Efecto severo	Efecto severo	Efecto severo
PVDF (Kynar®)	Excelente	Efecto severo	N/A	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente
Epoxy	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Regular	Excelente
Nylon	Regular	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Efecto severo	Excelente
Viton®	Buena	Buena	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

”

“M

Fuente: Soluciones Prácticas –  
Castro, Elsa Cortijo



### **Anexo III: Resultados de pruebas de laboratorio**



**Resultado de proporción de aceites usados de cocina limpio de residuos respecto al aceite residual recolectado**

N° Prueba	AVU (L)	AVV (L)	% AVV
1	5	4.55	91.00%
2	2	1.8	90.00%
3	5	4.45	89.00%
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>10.8</b>	<b>90.00%</b>

**Resultados de pruebas de producción de Biodiesel**

N° Prueba	AVV (L)	Metanol (L)	NaOH (gr)	Biodiesel (L)	% Biodiesel	Glicerol (L)	% Glicerol	T (°C)	Duración (t)
1	1	0.18	3.5	0.85	85.00%	0.15	15.00%	60	40
2	1	0.18	3.5	0.885	88.50%	0.125	12.50%	60	40
3	1	0.18	3.5	0.88	88.00%	0.13	13.00%	60	40
4	1	0.18	3.5	0.867	86.70%	0.143	14.30%	60	40
5	1	0.18	3.5	0.89	89.00%	0.12	12.00%	60	40
6	1	0.18	3.5	0.87	87.00%	0.135	13.50%	60	40
7	1	0.18	3.5	0.868	86.80%	0.142	14.20%	60	40
8	1	0.18	3.5	0.881	88.10%	0.129	12.90%	60	40
9	1	0.18	3.5	0.87	87.00%	0.135	13.50%	60	40
10	1	0.18	3.5	0.869	86.90%	0.141	14.10%	60	40
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>1.8</b>	<b>3.5</b>	<b>8.73</b>	<b>87.30%</b>	<b>1.35</b>	<b>13.50%</b>	<b>60</b>	<b>40</b>