

# UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

## PROYECTO FINAL

**AUTOR:** *Radharani Dasi Alzate Luna*

**Máster o Postgrado:** *Máster Propio Europeo en Energías Renovables*

**Estudio de factibilidad de la recolección de aceites vegetales usados en el Cantón de Baños de Agua Santa y propuesta de incorporación de una planta de producción de biodiésel.**

**ORGANIZACIÓN ANFITRIONA:** *Corporación para la Investigación Energética, Quito, Ecuador*

**TUTORES:** Nicolás Aranda Pérez y Fernando Sebastián Nogués

# UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

## PROYECTO FINAL

**AUTOR:** *Radharani Alzate Luna*

**Máster o Postgrado:** *Máster Propio Europeo en Energías Renovables*

**Estudio de factibilidad de la recolección de aceites vegetales usados en el Cantón de Baños de Agua Santa y propuesta de incorporación de una planta de producción de biodiésel.**

**TUTORES:** Nicolás Aranda Pérez y Fernando Sebastián Nogués

**ORGANIZACIÓN ANFITRIONA:** *Corporación para la Investigación Energética, Quito, Ecuador*

**Año Académico:** 2016-2017

**Fecha de entrega:** 10-12-2017

### DECLARACIÓN del AUTOR

El abajo firmante declara que el contenido del resumen del presente Proyecto Final de Máster o Postgrado NO tiene carácter confidencial y autoriza su divulgación en cualquier medio y soporte.

El abajo firmante declara que el contenido completo del Proyecto Fin de Máster o Postgrado:

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> <b>SÍ</b> tiene carácter confidencial  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>NO</b> tiene carácter confidencial |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>SÍ</b> autoriza su consulta a uso docente                            | <input type="checkbox"/> <b>NO</b> autoriza su consulta a uso docente     |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>SÍ</b> autoriza su divulgación a través de cualquier medio o soporte | <input type="checkbox"/> <b>NO</b> autoriza su divulgación                |

En Quito a 09 de diciembre de 2017

*Radharani Alzate Luna*

**Nombre y apellidos del alumno**

## **Agradecimientos y Dedicatoria**

Esta tesis ha tomado forma debido a la contribución colaborativa de muchas personas de diferentes sectores; académicos, industrias, gubernamentales y de consultoría. La Corporación para la Investigación Energética (CIE) en Quito ha sido la fuerza impulsora para la realización de esta tesis. Un sincero e inmenso agradecimiento al director ejecutivo Ing. Alfredo Mena y a todos los que forman parte de la CIE. Gracias por el apoyo y la motivación a lo largo de la ejecución de mi tesis. Gracias a mis supervisores académicos Nicolás Aranda y Fernando Nogués. Gracias al GAD de Baños de Agua Santa y su Jefatura de Ambiente por la ayuda en la recopilación de información. Por último y no menos importante, agradezco al ente dador de todo y a mi familia por ser mi luz y guía.

## **Abstract**

In Ecuador, there is 51.78% of renewable energy from which only 1.55% is attributed to biomass. (ARCONEL, 2016)

The country has great biofuel production potential, but currently there is no industrial production of biodiésel from vegetable oil waste

and the present study seeks to promote the implementation of this type of technology in the country.

Baños de Agua Santa, is one of the most visited tourist locations in Latin America, hosting approximately 30.000 people each holiday (Vargas, 2017). This place does not have a waste recycling plan and there is not good disposition of the waste.

The objective of this project was to evaluate the feasibility of recycling vegetable oil and to provide a solution for the existing environmental problems that would incorporate a biodiésel production plant. For this purpose, an informational survey of the amount of oil discarded daily by the restaurants of the sector was collected and data was evaluated in order to determine the adequate capacity of a biodiésel plant. In addition, the amount of CO<sub>2</sub> that could be reduced if biofuel was incorporated in the same area or in other places of ecosystems conservation, like the Galapagos Islands, was calculated.

### **Listado de palabras clave**

Aceite de frituras quemado, recolección de aceite, biocombustibles, Baños de Agua Santa, problemática ambiental, transesterificación, biodiésel.

# Índice

I.	Introducción .....	7
	Antecedentes .....	7
	Subproductos de la planta de biodiésel .....	10
	Plantas de biodiésel en Ecuador .....	10
	Energía Renovable en Galápagos .....	11
	Transporte de Diesel hacia Galápagos .....	13
	Problemática ambiental .....	13
	Problemática en la cadena alimenticia .....	15
	Legislación .....	16
	Dependencia de los hidrocarburos tradicionales .....	17
	Objetivos del Proyecto .....	19
II.	Metodología .....	20
III.	Desarrollo del Contenido .....	22
	<b>Caracterización del área de estudio .....</b>	<b>22</b>
	<b>Localización del área de estudio .....</b>	<b>22</b>
	<b>Disposición final de los desechos .....</b>	<b>24</b>
	<b>Gestores de residuos de aceite vegetal aceite vegetal .....</b>	<b>24</b>
	<b>Propuesta de transporte de biodiésel hacia Galápagos .....</b>	<b>25</b>
	<b>Estudio Estadístico de Muestreo para recolección de datos preliminares .....</b>	<b>25</b>
	<b>Elección del tamaño de muestra .....</b>	<b>25</b>
	<b>Cálculo del tamaño de muestra .....</b>	<b>26</b>
	<b>Muestreo de la cantidad de aceite desechado en el Cantón de Baños de Agua Santa .....</b>	<b>27</b>
	<b>Estimación del recurso .....</b>	<b>28</b>
	Densidad del aceite quemado .....	29
	Diseño del tanque de almacenamiento de aceite reciclado .....	30
	Pretratamiento de la materia prima .....	30
	Incorporación de una planta de producción de Biodiésel .....	32
	Recolección del aceite .....	32
	Puntos de recolección .....	33
	Utilización de reactivos en el proceso de transesterificación .....	34
	Diagrama de proceso de transesterificación .....	35
	Propuesta de Planta de Biodiésel .....	38

Transporte y distribución del biodiésel.....	40
Emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera .....	42
Análisis Económico .....	42
Equipamientos e Instalaciones.....	42
Operación.....	43
Costo de materia prima e insumos para producción de biodiésel.....	43
Precio venta referencia de biodiésel.....	44
IV.    Resultados y Conclusiones .....	45
Cálculo del tamaño de muestra.....	45
Resultados del muestreo y encuesta de factibilidad del reciclaje de aceite vegetal de cocina en el Cantón de Baños de Agua Santa .....	45
Estimación del recurso .....	51
Diseño del tanque de almacenamiento de aceite reciclado .....	52
Emisiones de CO <sub>2</sub> por transporte de aceite a Holanda.....	56
Disminución de CO <sub>2</sub> por la incorporación de biodiésel B2 en el Cantón de Baños de Agua Santa .....	56
Disminución de CO <sub>2</sub> por la incorporación de biodiésel B2 en Galápagos .....	57
Producción de Biodiésel.....	59
Análisis Económico .....	59
Venta de subproductos (Glicerina) .....	61
Conclusiones .....	61
Costos de Equipamientos e Instalaciones.....	80

# I. Introducción

## Antecedentes

El biodiésel es un combustible alternativo renovable que sustituye al diésel convencional. Como biocombustible líquido, utiliza biomasa residual para su fabricación. Se lo denomina en su mayoría como B100 o BXX en donde XX representa el porcentaje del volumen de biodiésel en la mezcla con combustibles derivados de petróleo.

En el uso de biocarburantes como combustibles, reaccionan triglicéridos con alcohol, lo que resulta en una larga cadena de ácidos grasos de éster monoalcalino (ASTM, 2017) este proceso es parte de las reacciones químicas que se dan en la transesterificación. Todo biodiésel fabricado debe cumplir con los requerimientos de la ASTM en su apartado D 6751.

Uno de los beneficios de su uso, es la capacidad de renovación, la disminución de las emisiones de dióxido de carbono hacia la atmósfera y otros gases de efecto de invernadero, y la reducción de la dependencia de combustibles derivados del petróleo. El uso del biodiésel permite disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por el uso de combustibles de petróleo, entre un 25% y un 80%.

Los efectos tóxicos de las emisiones de formaldehídos y acetaldehídos generados por el biodiésel, son 30% más bajas que las emitidas por derivados de petróleo y los hidrocarburos aromáticos policíclicos son reducidos en un 85%.

Puede ser producido a partir de una gran variedad de materias primas, entre las más comunes están los aceites vegetales de soya (*Glycine max*), palma (*Arecaceae*), girasol (*Helianthus annuus*), coco (*Cocos nucifera*), semilla de algodón (*Gossypium herbaceum*), maní (*Arachis hypogaea*), canola ó colza (*Brassica napus*, *Brassica carinata*, *Crambe abyssinica*), cártamo (*Carthamus tinctorius*), cardo (*Cynara cardunculus*), camelina (*Camelina sativa*), ajonjolí (*Sesamum indicum*), por mencionar unos ejemplos. En el Ecuador existe una producción aproximada de aceite de palma de 3.50 t/año, 0.30 t/año de soya y 0.75 t/año de girasol cuyo rendimiento de biodiésel es de 5550 l/ha, 420 l/ha y 890 l/ha, por mencionar algunos casos. (ANCUPA, 2006)

Además, están las grasas o también llamadas sebos de animales, específicamente de cerdo, vaca, pollo y pescado, que mediante transesterificación producen biodiésel. Este tiene la ventaja de tener alto número de cetano, lo que lo hace tener un buen

comportamiento al momento de la combustión. (Tong et al., 2011) y (Hemmat Y. et al., 2013).

Los aceites provenientes de microalgas con características lípido extractivas altas, como por ejemplo; *Botryococcus braunii*, *Chorella sp.*, y *Neocloris oleoabundas*, (Guo, Zhao A, and Yang, 2016) son también materias primas para producción de biodiésel. En Ecuador, se han realizado plantas piloto de extracción de biodiésel a partir de especies nativas de microalgas de los géneros *Chlorococcum sp.* y *Scenedesmus sp.* (Cárdenas, 2017).

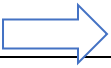
También están los triglicéridos de algunos microorganismos (bacterias y hongos), que constituyen una fuente atractiva para la producción e industrialización de biodiésel. Este potencial, principalmente se lo atribuye al ácido mirístico, oleico, linoleico, esteárico, linolénico y palmítico. Entre las levaduras más prometedoras encontramos; *Rhodospiridium toruloides*, que posee un rendimiento de 13.8 g/L de lípidos, y *Cryptococcus curvatus*, cuyo rendimiento lipídico es de 37.1 g/L. (Li, Y. et al., 2007)

Otra fuente importante, son los aceites vegetales de cocina reciclados. Esta materia prima es una de las más baratas, ya que se la considera como un desecho, pero en realidad es un recurso valioso para producir biodiésel.

Si se tiene una buena gestión de los aceites vegetales quemados, se obtiene un gran valor añadido de los mismos. La utilización de este residuo de manera adecuada, por medio de su aprovechamiento como materia prima para producir biodiésel, aumenta su vida útil y productiva. Además, con su uso, se evitan costes de tratamiento de residuos, mantenimiento de cañerías, deposiciones en los ríos y un sin número de particularidades, que a través de este estudio se irán describiendo.

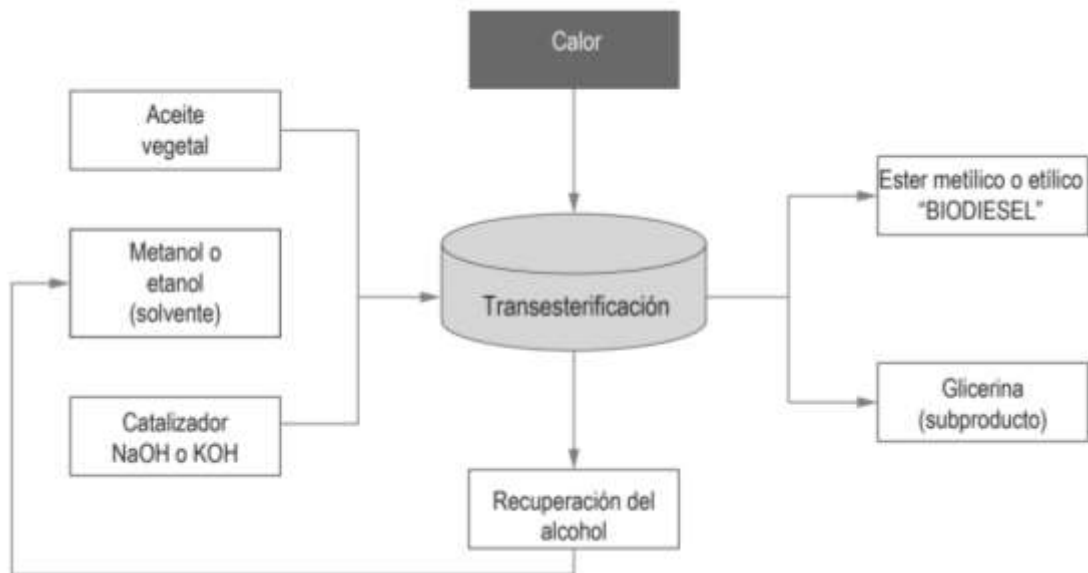
El biodiésel producido a través del proceso de transesterificación usa 3 insumos principales, cuyo valor porcentual de manera general es el siguiente (OLADE, 2017);

Tabla 1. Insumos necesarios para la transesterificación

Insumos		Productos
87% Aceite		86% Biodiésel
12% Metanol		9% Glicerina



1% Catalizador		4% Etanol
		1 % Fertilizante



Gráfica 1. Transesterificación. Tomado de OLADE, 2017

Aunque el biodiésel es una mejor alternativa que el diésel común, también puede presentar algunas desventajas (Barriga A, 2007);

- Aumento de NOx en las emisiones.
- Aumento de viscosidad, debido a la disminución de temperaturas.
- Posible corrosión por restos de etanol o metanol.
- Posible presencia de metales como Na, Ca, K ó Mg, debido a restos de catalizados, o también por presencia de jabones insolubilizados.
- El biodiésel puro B100 y las mezclas de biodiésel son sensibles al clima frío y pueden requerir un tipo especial de anticongelante, al igual que el combustible diesel a base de petróleo. El biodiésel actúa como un aditivo detergente, aflojando y disolviendo los sedimentos en los tanques de almacenamiento. Debido a que el biodiésel es un solvente, el B100 puede causar que la goma y otros componentes fallen en vehículos más viejos. Este problema no ocurre con las mezclas de biodiésel.

## Subproductos de la planta de biodiésel

Durante la etapa de producción de biodiésel, también se extraen subproductos de aprovechamiento, como los que se describen a continuación:

- Glicerina

También llamado glicerol (*Propanotriol*). En su estado puro es un líquido viscoso sin olor ni color, pero con un ligero sabor dulce. Aparece cuando triglicéridos de los aceites vegetales se rompen en ácidos grasos libres y la molécula de la glicerina. Tiene densidad de 1.26 kg/l. No es tóxico y tiene una gran variedad de usos. Se utiliza para la producción de detergentes, fármacos, tabaco, plástico, cosmética, alimentación, agricultura, explosivos, etc. Procede de la transesterificación (combinación de aceite y alcohol ligero, comúnmente metanol) de aceites usados, por lo que pigmenta a la glicerina, dejándola de color marrón. (Rentz D., 2011)

El separado de la glicerina se puede hacer fácilmente drenando ésta por la parte inferior del tanque después de dejar el tiempo suficiente para que se sedimente, normalmente 8 horas. En un proceso continuo la glicerina sería separada por centrifugación, en base de la diferencia de densidades. (Rentz D., 2011)

## Plantas de biodiésel en Ecuador

En el Ecuador existen algunas plantas de biodiésel cuya materia prima en la mayoría de casos son residuales de la producción de palma, por ejemplo; la empresa La Fabril en el 2012 logró exportar 20.000 toneladas de biodiésel a USA, Alemania y Perú. (Fedepal, 2012) Actualmente La Fabril cuenta con 2 plantas, con una capacidad instalada de 170.000.000 litros/año. Lamentablemente este último año 2017, sólo se ha exportado una cantidad no muy representativa a PetroPerú, debido a la falta de incentivos del gobierno para la exportación (Santana H., 2017).

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en su sede Ibarra, gracias a la financiación de entes extranjeros y la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología – Senacyt, invirtieron en un proyecto experimental de generación de biodiésel que cuenta con

dos reactores, uno de producción de biooil y otro de extracción de aceites comestibles. El módulo tiene la capacidad de procesar 100 litros cada 6 horas. El costo de este biodiésel es 3 veces mayor al costo de diésel común. (Recalde E., 2017)

En Galápagos existe un proyecto de utilización de biodiésel a partir de aceite vegetal de Piñón en una planta piloto de producción de energía termoeléctrica, este biocombustible es usado para la planta de 138 kWp de la Isla Floreana. El biodiésel es producido en Manabí y enviado hasta la isla para uso. (MEER, 2012) Este proyecto forma parte de la iniciativa cero combustibles fósiles en el Archipiélago de Galápagos (CEDA, 2012).

Según Pro Ecuador, 2015, la producción de biodiésel en el Ecuador, suponiendo que se dejara de exportar, cubriría un aproximado de 30% de la demanda total. Es decir, que para cumplir con los requerimientos de Petroecuador de una mezcla de 5% en el diésel, se necesitan 240.000.000 de litros de biodiésel al año, valor que aumenta, si se aumenta el porcentaje de mezcla.

En otras palabras, Ecuador tiene una necesidad de producir biocombustibles, conforme lo dicta el Decreto Ejecutivo 1303. Por otra parte, dicho decreto no establece completamente y específicamente una normativa que permita sustituir adecuadamente el diésel por biodiésel en su totalidad, es por eso que el Ministerio de Industrias ha trabajado en un Marco Normativo que facilite la incorporación del biodiésel en el mercado (Sión V, 2017). Por lo tanto, el incorporar una planta que logre acabar con la inadecuada disposición de los aceites quemados y que además sea capaz de producir biodiésel, es una alternativa eficaz y pertinente para el cumplimiento de las disposiciones legales, el desarrollo económico a largo plazo y el cambio de matriz productiva del país.

## Energía Renovable en Galápagos

Las Islas del Archipiélago de Galápagos, han sido declaradas por la UNESCO como Patrimonio Natural de la Humanidad, aquí se alberga la mayor cantidad de tiburones en el mundo, así como también gran cantidad de aves, mamíferos y reptiles, grandes arrecifes de corales, además forman parte de la Reserva Marina de Galápagos. En estas Islas es en donde Charles Darwin estudio la fauna y flora del lugar, que lo llevaron a crear la teoría de la evolución.

Desde el 2007 las Islas Galápagos han iniciado el proyecto de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por medio de la incorporación de energías renovables, que busca la reducción de las importaciones de diésel. Lo que impulsó esta transición fue el accidente de petróleo del Buque Jessica en 2001, que transportaba 160.000 galones de diésel y 80.000 de aceite para combustible medio, de esto, 175.000 galones fueron derramados en el mar, haciendo de este suceso, uno de los peores desastres ambientales en la historia de las islas. (NOAA, 2011)

Mediante la asociación de GSEP, la ONU y el Gobierno Ecuatoriano, se han realizado proyectos que promueven las energías renovables, tales como: el parque eólico en Baltra de 2.25 MW, los proyectos fotovoltaicos en Puerto Ayora de 1,5 MWp y Baltra de 0,2 kWp, la central térmica dual de aceite de piñón y diésel de 1,23 MW conjunto con una planta fotovoltaica de 1,1 MWp y un sistema de almacenamiento de 750 kW. (ELECGALAPAGOS, 2016)

Con las implementaciones realizadas en las islas, se ha logrado la reducción de 21.000 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>. (Chatham, 2017)

Además, existe una política pública nacional de Cero Combustibles fósiles para Galápagos, esto incluye la utilización de combustibles petrolíferos en el sector del transporte en las Islas. Es por esto que el presente estudio propone la utilización del biodiésel producido en la Planta de Transesterificación, en el parque automotor de las Islas. Esto ayudaría a la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>, principalmente en Santa Cruz, San Cristóbal e Isabela. En el 2013 Galápagos tenía 1962 vehículos automotores, de los cuales aproximadamente buses son 50. (Dueñas D., 2014)

En el 2013 se emitió 5.429.311 toneladas/año de CO<sub>2</sub> en la Isla Santa Cruz y en la Isla San Cristóbal se produjeron 1.273.542 toneladas/año, teniendo así un total de 6.702.853 toneladas/año de ambas islas. Si el parque vehicular aumenta en 5% las emisiones producidas al año serán de 7.037.996 toneladas de CO<sub>2</sub> y si disminuye en el mismo porcentaje sería de 6.367.711 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. (Dueñas D., 2014) Analizando el combustible direccionado al parque vehicular en las islas se concluye que el 79% de los vehículos utilizan gasolina extra y 20% utilizan diésel.

## Transporte de Diésel hacia Galápagos

Todos los combustibles para el uso en diversos sectores, son llevados a las Islas desde el continente. Petrocomercial es la entidad encargada del abastecimiento en Galápagos. Los volúmenes entregados a los consumidores de las islas son de 650.000 galones de diésel y 110.000 galones de gasolina extra por mes (La Hora, 2002). Existen 3 gasolineras, situadas en San Cristóbal y en la Isla Santa Cruz que abastecen de combustibles automotriz y naviero a los habitantes de la zona, con un promedio de venta de gasolina extra y diésel Premium de 6.800 y 1.500 galones, respectivamente. Estas gasolineras son abastecidas por un tanquero, que se provee de combustibles en el terminal, ubicado junto al canal de Itabaca. (Macías V., 2016).

Los lubricantes, gasolina, diésel, kérex y asfalto deben pagar entre \$ 47,64 y \$ 58,19 por bidones de 55 galones, para poder entrar a las Islas, dependiendo del tipo de ruta por la que se transporte el material. Existen 3 tipos de rutas reguladas por las autoridades competentes, mediante el Registro Oficial 386: 2011; RUTA 1: Guayaquil-Puerto Baquerizo Moreno (Isla San Cristóbal), RUTA 2: Guayaquil-Puerto Ayora (Isla Santa Cruz) y RUTA 3: Guayaquil-Puerto Villamil (Isla Isabela)- Puerto Velasco Ibarra (Isla Floreana).

El transporte de diésel hacia Galápagos desde el territorio continental, implica altos riesgos ambientales. Esto aumenta la huella de carbono, pero principalmente, es un peligro potencial existente de posibles derrames de buques, como ya ha pasado anteriormente.

## Problemática ambiental

Los residuos de aceites vegetales arrojados al ambiente sin previa gestión son causa de la contaminación de cuerpos hídricos, suelo y aire. La gestión inadecuada, hace que se pierda gran cantidad de recursos tanto materiales como energéticos. El arrojar aceite vegetal quemado al ambiente, representa un hábito de consumo insostenible.

Cuando los aceites usados de cocina son vertidos en los fregaderos, desagües o directamente a los pastos en los suelos o cuerpos acuáticos, son una fuente de contaminación, que causa problemas de saneamiento ambiental y sobrecostos en las plantas depuradoras de agua.

La liberación inadecuada de este residuo en medios acuosos, produce la disminución de oxígeno a través de la interfaz aire y agua, así como también la actividad fotosintética, ya que absorbe la radiación del sol y disminuye la producción interna de oxígeno disuelto.

Un solo litro de aceite vegetal usado, tiene aproximadamente 5.000 veces más carga contaminante que el agua residual que circula por las alcantarillas. Puede llegar a contaminar 40.000 litros de agua, cantidad que equivale al consumo anual de agua de una persona en su hogar. (González I. & González J., 2017)

Cuando el aceite usado se une con restos de detergentes y jabones domésticos, provocan bolas de grasa, que son las causantes de obstrucciones en los colectores. Los aceites desechados producen un gran incremento del contenido de materia orgánica en las aguas residuales. Por este motivo, cuando llegan a las plantas de tratamiento de aguas, los costes de depuración de estas sustancias oleaginosas, tienen un valor aproximadamente de 0,46 centavos de euro por litro, según un estudio realizado por el Consorcio de Aguas de Bilbao-España (2017). En dicho país, la depuración de un litro de aceite es 700 veces más cara que lo que paga una persona por el tratamiento del agua residual, es decir que, el coste anual de depuración del aceite es aproximadamente de 90 millones de euros en España.

La demanda química de oxígeno DQO en el aceite desechado es aproximadamente de 3.400.000 mgO<sub>2</sub>/litro y tiene una densidad relativa promedio de 0,91. Este valor de DQO es exorbitante, comparado con el promedio que tienen las aguas residuales, que es del orden de 700 mgO<sub>2</sub>/litro. Es decir, que el aceite usado tiene 5.000 veces más carga contaminante que el agua residual en las alcantarillas. (González I. & González J., 2017)

Según la Organización Mundial de la Salud (2016), la mayor cantidad de muertes a causa de la insalubridad ambiental, se debe a enfermedades no transmisibles (accidentes cardiovasculares, neuropatías crónicas, infecciones respiratorias, afecciones neonatales, traumatismos involuntarios e intencionados, enfermedades diarreicas, cánceres). Aproximadamente 12,6 millones de individuos mueren a causa de la contaminación ambiental y el cambio climático.

## Problemática en la cadena alimenticia

En los animales monogástricos, es decir, en la mayoría de animales de la industria ganadera, el metabolismo de los lípidos en sus cuerpos, los descompone en glicerol y ácidos grasos, gracias a la lipasa de la vesícula biliar y posteriormente, se absorben en el intestino delgado y es ahí donde se sintetizan en triglicéridos. Estos, viajan por la sangre a través del cuerpo proporcionándolo energía. Cuando existe exceso de triglicéridos, estos se transforman en grasa corporal. (INATEC, 2016)

La alimentación del ganado se divide en voluminosos (pastos y forrajes) y en concentrados de origen vegetal y animal (proteicos, energéticos y aditivos nutricionales y no nutricionales). (INATEC, 2016)

Existen industrias que utilizan el aceite vegetal quemado de cocina. Incorporan este desecho como aditivo en la producción de alimentos para el ganado. Esto hace que se incremente el colesterol malo en los animales y en consecuencia produce efectos graves en su salud y al ser ingeridos por los seres humanos se ha comprobado que producen radicales libres en los cuerpos, lo que conlleva a diagnósticos de tipo cancerígeno. (Márquez L., 2013)

Según la Universitat Autònoma de Barcelona - UAB (2004); la incorporación excesiva de grasas de animales y aceites vegetales en la cadena alimenticia, acelera la aparición de tumores de tipo cancerígeno en las mamas. Este es un problema de salud grave que muchas veces al no ser diagnosticado tempranamente, conlleva a la muerte. Es un mal concepto, el usar aceite vegetal desechado como alimento energético en animales, ya que, para los humanos, esto es cancerígeno (Terrones D., 2015)

Además, cuando el aceite vegetal es quemado, se producen dioxinas. Al ser este desecho incorporado en la cadena alimenticia como parte de los aditivos para balanceados de animales, se producen radicales libres, que son transformadas biológicamente en el cuerpo, y lamentablemente no se eliminan fácilmente. Cuando el ser humano se alimenta con este tipo de ganado y aves, su cuerpo acumula los radicales libres en forma de grasas en el hígado. Al interactuar con receptores celulares, producen efectos tóxicos y nocivos para el cuerpo humano. (Pinzón L., 2010)

“La exposición breve del ser humano a altas concentraciones de dioxinas puede causar lesiones cutáneas, tales como acné clórico y manchas oscuras, así como alteraciones funcionales hepáticas. La exposición prolongada se ha relacionado con alteraciones inmunitarias, del sistema nervioso en desarrollo, del sistema endocrino y de la función reproductora.” (WHO, 2016)

## Legislación

La OLADE en el 2010 en su difusión del Atlas de la Agroenergía y los Biocombustibles en las Américas: II Biodiésel, menciona el Marco Regulatorio que propone el uso e incorporación de B2 en el país y B20 en no más de 10 años.

La Constitución de la República del Ecuador, dispone en su artículo 15, que *el Estado promoverá en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes, y por otra, que la soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho del agua.* (Asamblea Constituyente, 2008)

El Artículo 1 del Decreto Ejecutivo No. 1303 del 28 de septiembre de 2012 declaró de interés nacional el desarrollo de biocombustibles en el país como medio para el impulso del fomento agrícola.

Según Decreto Ejecutivo 2332/04 R.O. número 482 de diciembre de 2004y 146/07, *“el Estado ecuatoriano establece como política el desarrollo de la actividad hidrocarburífera, el establecimiento de políticas y mecanismos de concertación y coordinación entre el sector público y privado vinculados a la producción y comercialización de biocombustibles, con el objetivo de reducir la contaminación ambiental, fomentar la generación de empleo mediante el desarrollo agropecuario y agroindustrial y disminuir la dependencia de las importaciones de combustibles y reemplazarlos con compuestos oxigenados provenientes de materia prima renovable”.* (IICA, 2007)

También existen decretos establecidos para disposiciones específicas como las que se mencionan a continuación (Paredes V., 2015):



- Decreto 1879 (05 agosto 2009 al 18 dic 2011): Estableció un precio fijo de Bioetanol de 0,76 USD\$/Lts.
- Decreto No. 675 (13 de Mayo de 2015): Establece una nueva fórmula para el precio del Etanol, sobre una línea base, con el objeto de promover la inversión para el fomento de la producción de Etanol.
- NTE INEN 2482:2009 BIODIÉSEL

## Dependencia de los hidrocarburos tradicionales

El Ecuador es totalmente dependiente para su desarrollo de la importación de hidrocarburos procesados, pese a que es un país en donde su economía se fundamenta principalmente de la extracción de crudo.

En el 2016, según el Banco Central del Ecuador, se produjeron 17.096,9 barriles de petróleo, de los cuales 11.868,4 fueron exportados a un coste de 20,1 a 23 dólares por barril. En la siguiente tabla se puede apreciar el exceso del pago dentro de la comercialización de los derivados de petróleo realizado por el Ecuador y las empresas procesadoras del crudo;

Tabla 2. Precios de combustible en Ecuador

	Precio Importación (USD por barril)	Precio Venta Interna (USD por barril)
Nafta Alto Octano	55,7	51,7
Diésel	47,1	39,7
Gas Licuado de Petróleo	30,5	12,8

Adaptado de Cifras del sector petrolero ecuatoriano, 2016

Hablando de manera general, el biodiésel que se produce en Ecuador, no puede competir con el derivado de petróleo, ya que el subsidio del Estado para este producto es alto, aproximadamente \$ 2.600.000 al año. Es por esto que la producción de biodiésel puede ser competitiva en un ámbito internacional, cuando el precio del barril de petróleo sobrepase los \$ 80, lo cual está muy lejos de los costes asociados a este último año. De todas formas, no hay barreras comerciales a la exportación ecuatoriana (OLADE, 2017).

Según la empresa ecuatoriana La Fabril, el costo de producción de biodiésel a partir de aceite de palma es aproximadamente \$ 1.055 / t, de los cuales un 76,3% corresponde al costo de materia prima, es decir al aceite vegetal, un 5,3% es el costo del metanol, 1,3% del catalizador y 17,1% corresponde al valor de transesterificación.

En el caso específico del presente estudio, el factor materia prima no tendría el mayor costo de producción de biodiésel puesto que se usaría un desecho producto de las actividades dedicadas a la comercialización y expendio de alimentos preparados (restaurantes y cafeterías del Cantón de Baños de Agua Santa).

## Objetivos del Proyecto

### **Objetivo General**

- Evaluar los procesos de recolección de los aceites usados en el Cantón de Baños de Agua Santa.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar la propuesta de incorporación de una planta de producción de biodiésel en el Cantón de Baños de Agua Santa.
- Dar una solución ambiental a la problemática de contaminación de cuerpos hídricos del cantón.
- Tratar los aceites vegetales usados del Cantón.

## II. Metodología

Los estudios que se llevaron a cabo en este proyecto incluyen los métodos científicos inductivos y experimentales, dado que parte de la recolección de datos en puntos estratégicos, es decir los restaurantes y cafeterías del cantón de Baños de Agua Santa, permitiendo llegar a un análisis general de la situación del aceite desechado de frituras en este lugar.

Los datos recolectados han sido analizados estadísticamente, como se puede observar en el capítulo III. Desarrollo del Contenido. Además, se ha realizado visitas de campo y entrevistas con diferentes entes, involucrados con el desarrollo de la materia en cuestión.

El presente proyecto se desarrolla a partir de una problemática ambiental actual, que afecta gravemente al ecosistema del cantón Baños, principalmente a sus cuerpos acuíferos.

La investigación previa del proyecto, envuelve actividades de visitas de campo en el cantón, entrevistas con representantes de los entes involucrados en el tema, como son el Ministerio del Ambiente, La Secretaría de Ambiente en Quito, Alcaldía del Cantón, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Tecnopolis Yachai, Universidad de Ibarra, proveedores de tecnología y varios productores.

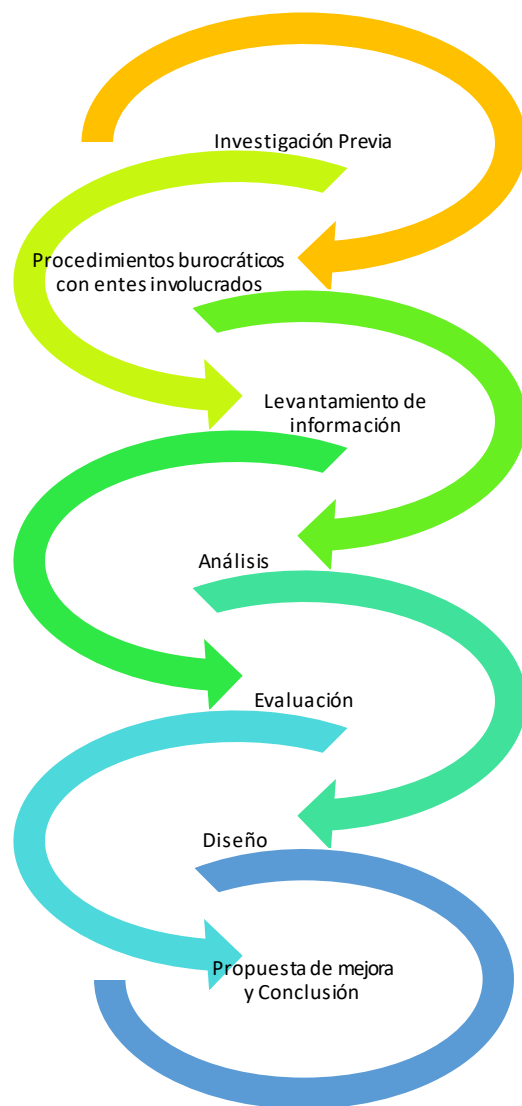
El levantamiento de información en los restaurantes y lugares de expendio de comida, se realizó con la ayuda de los pasantes de ingeniería ambiental de la Jefatura de Ambiente de Baños. Durante 3 días consecutivos se llevó a cabo las visitas a cada establecimiento del sector en estudio.

El posterior análisis de los datos recolectados, se desarrolló mediante técnicas estadísticas, partiendo de medidas e información específica, hacia una comprensión de la situación global del cantón.

El diseño de modelo de recolección del aceite, está basado en la evaluación de los datos estadísticos y conforme a la conveniencia logística y movilidad que existe en Baños de Agua Santa.

La propuesta de solución a este problema ambiental y por ende social, esta basada en los datos reales determinados a lo largo del presente estudio. Así mismo, los datos económicos han sido tomados de manera real, por medio de cotizaciones.

A manera de resumen, la metodología realizada en el presente estudio sigue el procedimiento mostrado en la figura a continuación;



Gráfica 2. Metodología

### III. Desarrollo del Contenido

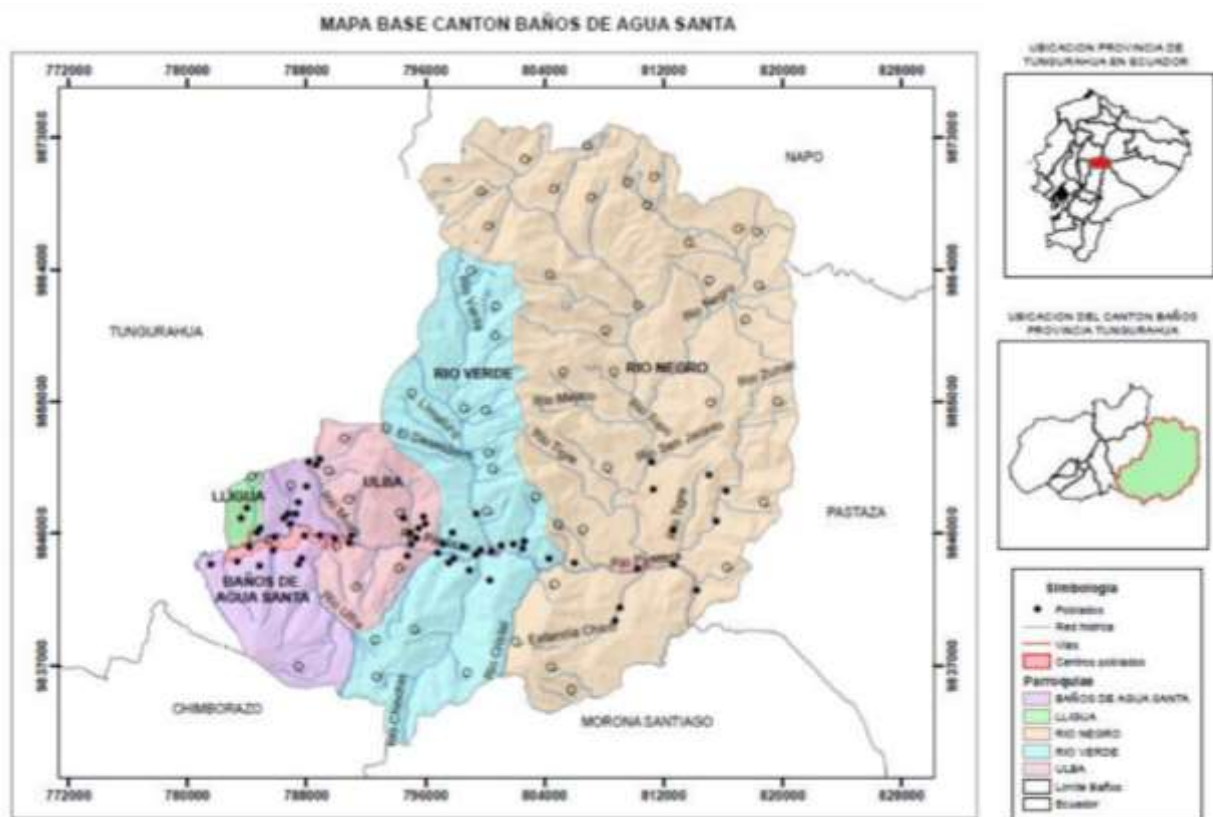
En esta sección se encuentran los datos de levantamiento de información previa, así como también breves descripciones concernientes a las técnicas de determinación de los resultados.

#### **Caracterización del área de estudio**

##### **Localización del área de estudio**

El Cantón de Baños de Agua Santa, es un territorio constituyente del 31.5% de la Provincia de Tungurahua, con una extensión de 1066 km<sup>2</sup>. Dentro de la Secretaría Nacional de Planificación del Ecuador – SENPLADES, se encuentra en la zona número 3. Su población es de aproximadamente 20.018 habitantes, de los cuales un 35% vive en el área rural, que comprenden las parroquias Lligua, Ulba, Río Verde y Río Negro. El 64% vive en zona la urbana en las comunidades Illuchi alto y bajo, Juive Chico y Grande, Pondoá y Runtún.

Geográficamente, sus límites al norte colindan con en el Cantón Tena. Por el sur, con el Cantón Penipe. Por el este, con el Cantón Mena y al oeste, con los Cantones de Patate y Pelileo. El rango altitudinal está entre 1176 msnm y 4992 msnm en las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes. Se encuentra en las faldas del volcán Tungurahua y cercanías del volcán Sangay y cuenta con una gran riqueza hidrológica que desemboca en la cuenca del Río Pastaza. (GADCBAS, 2014)



Gráfica 3. Mapa Base Cantón de Baños de Agua Santa. Tomado del Sistema Nacional de Información, 2015

El ecosistema identificado en el cantón, cuenta con bosques de páramo verde, herbazales, bosques verdes montanos y arbustales. La mayor parte del territorio está dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SNAP. (GADCBAS, 2014)

Baños de Agua Santa es un centro turístico de importancia del país, por lo que su fuente de economía más importante gira en torno a esta actividad y como parte de este crecimiento, se han constituido con el tiempo varios centros dedicados a la preparación y distribución de alimentos. Esto ha provocado un aumento de producción de desechos sólidos y líquidos, que hasta el momento no tienen valor agregado alguno. El presente estudio es un aporte que sirve como línea base para mejorar la disposición de los desechos líquidos oleaginosos provenientes del sector de producción y comercialización de alimentos en el cantón.

## **Disposición final de los desechos**

Actualmente, existen 6 principales métodos de cómo los habitantes del cantón desechan sus residuos. El 59,80% de la población, arroja sus desechos a la basura, sin separación previa del tipo de residuo y finalmente el recolector de basura transporta los desechos al vertedero del cantón. Un 0,69% de la población arroja sus desechos a terrenos baldíos y quebradas, un 0,59% lo quema, un 0,19% lo entierra, un 0,17% lo arroja directamente a algún cauce del río y un 3,97% lo elimina otra manera. (INEC, 2010)

Esto proporciona un panorama de la dinámica que se maneja para la disposición final de los desechos y muestra los problemas ambientales que se están generando debido a algunas malas prácticas de disposición de la basura en los pastos, quebradas y cuerpos hídricos.

Por el momento el cantón no cuenta con una planta de tratamiento de aguas adecuada para depositar las aguas residuales de la población. Lo que significa que los cuerpos hídricos están siendo contaminados en sobre medida y se deben evaluar prioritariamente sistemas que solucionen este inconveniente. Este estudio busca disminuir esta problemática, dando una propuesta de solución adecuada para la disposición final del aceite vegetal residual de los restaurantes del sector.

## **Gestores de residuos de aceite vegetal aceite vegetal**

El Cantón de Baños de Agua Santa no cuenta por el momento con Gestores Autorizados que se encarguen de la disposición final adecuada del aceite vegetal usado y quemado en los establecimientos afines a esta actividad.

Se han realizado propuestas vinculadas a la solución de la problemática, como por ejemplo: en el 2015 se propuso al GAD Municipal la recolección del aceite quemado. Esto consistía en; la venta del aceite a un gestor, por la cuantía de 0,10 centavos de dólar por litro recolectado, el cual enviaría este material por medio de embarcaciones hacia Holanda, en donde se elabora biodiésel con los residuos de países en vías de desarrollo. El proyecto no pudo llevarse a cabo, dado que, durante la negociación, dicho gestor pedía al GAD por lo menos 10.000 litros de aceite al mes. Cantidad que el cantón no alcanza a producir.



La segunda propuesta consistía en entregar el aceite a un gestor dedicado a la elaboración de balanceado para la industria ganadera. El proceso consistiría en mezclar el aceite desechado con el alimento fabricado para los animales. (Jefatura Ambiental, 2017) Es de conocimiento que este tipo de procedimientos causan una problemática en la cadena alimenticia, ya que se producen radicales libres por la quema del aceite, los cuales no se pueden eliminar con facilidad y en consecuencia se producen alteraciones en la salud de los consumidores finales por la aparición de diversos tipos de cáncer. (Pinzón L., 2010)

## **Propuesta de transporte de biodiésel hacia Galápagos**

Siguiendo los marcos regulatorios de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y la eliminación de combustibles fósiles en las Islas Galápagos, se propone transportar el Biodiésel obtenido en la planta, por medio de un vehículo que lleve el producto desde Baños de Agua hasta la ciudad de Guayaquil. En donde dependiendo de la disposición de rutas y el lugar de destino, así como también los convenios con entes competentes, se podrá escoger:

- RUTA 1: Guayaquil-Puerto Baquerizo Moreno (Isla San Cristóbal)
- RUTA 2: Guayaquil-Puerto Ayora (Isla Santa Cruz)
- RUTA 3: Guayaquil-Puerto Villamil (Isla Isabela)- Puerto Velasco Ibarra (Isla Floreana).

Este producto podría ser transportado en conjunto con el diésel normalmente enviado por Petrocomercial hacia el archipiélago.

## **Estudio Estadístico de Muestreo para recolección de datos preliminar**

### **Elección del tamaño de muestra**

En el estudio del caso puntual de recolección de aceite en el Cantón de Baños de Agua Santa, se estableció la determinación del tamaño de muestra de acuerdo a la disponibilidad de los recursos. Para ello, se han tomado en consideración todos los centros de alimentación pre-establecidos en la matriz del catastro de restaurantes, desarrollada por la

Jefatura Ambiental de dicho cantón. En esta matriz, se detalla la cantidad de centros dedicados a la comercialización y expendio de alimentos, en donde se encuentra en mayor cantidad restaurantes, pero también cafeterías y heladerías.

Se debe tomar en consideración, que la matriz pre-establecida, solamente contiene información de los centros de alimentación que han sido controlados e inspeccionados. Es decir, que, en la práctica, existen una mayor cantidad de establecimientos. Lo cual se corroboró al momento del levantamiento de información de presente estudio.

- **Tamaño de la Población:** La matriz cuenta con un total de 197 centros de alimentación, que es el número del tamaño total de la población para este análisis estadístico.
- **Margen de error:** El porcentaje de margen de error, representa la aproximación verídica del valor real de la población. Describe cuanto se acerca el valor de la muestra a un valor real en la población. Se ha decidido usar un valor de margen de error de 9,4%. Esto, debido a la escasez de recursos de información base preliminares.
- **Nivel de Confianza:** Este parámetro sirve como una medida de seguridad y veracidad, para tener mayor confianza de que la muestra este reflejando de manera precisa la población dentro del margen de error. En este caso, se ha determinado usar un 95% de nivel de confianza.

## Cálculo del tamaño de muestra

Para el cálculo del tamaño de muestra se usó la siguiente ecuación estadística (Largas P. y Puerto J., 2001);

$$\text{Tamaño de muestra} = \frac{\frac{z^2(p(1-p))}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2(p(1-p))}{e^2 N}\right)}$$

En donde;

$z^2 = \text{nivel de confianza deseado}$

$p$

= proporción de la población según las características deseadas, también llamado éxito

$(1 - p)$

= proporción de la población según las características no deseadas, también llamado fracaso

$N$  = tamaño de la muestra

$e^2$  = margen de error

## **Muestreo de la cantidad de aceite desechado en el Cantón de Baños de Agua Santa**

Una vez obtenido el tamaño de muestra para un universo de 197 establecimientos dedicados a la comercialización y distribución de comida preparada, se procedió con el muestreo de la cantidad de aceite que se desecha al día.

Para llevar a cabo el muestreo, se realizó la debida gestión con la Alcaldía del Cantón en estudio y consecutivamente con su Departamento de Saneamiento Ambiental y la Jefatura Ambiental. Desde la Corporación para la Investigación Energética CIE, entidad quien auspicia el presente proyecto, se dirigió un oficio para la aprobación de la realización de este estudio, el mismo que tuvo respuesta positiva una semana después de la petición. (Anexo 1 y 2)

El muestreo consistió en encuestar a los 71 establecimientos determinados anteriormente. Esta acción se gestionó con la Jefatura Ambiental, con la cual se formó un equipo de 12 estudiantes pasantes de este departamento y se formó grupos para realizar el muestreo en campo.

Dentro de la logística para encuestar a los establecimientos en 3 días, se dividió al catón por zonas;

-Sector Balneario de la Virgen

-Sector Centro

-Sector Ulba

-Sector Río Verde y Río Negro

La encuesta consistió en las siguientes preguntas (Anexo 3);

1. ¿Cuántos litros de aceite usa al día? l/día
2. ¿Qué tipo de aceite usa?  
(Colza, Girasol, Soya, Palma, Maíz, Oliva)
3. ¿Qué hace con el aceite?  
(Lo elimina por el desagüe, Lo recoge en un recipiente, Se lo da a un gestor autorizado, Otro uso)
4. ¿Estaría dispuesto a reciclar su aceite usado?  
(Si, No)
5. ¿Estaría dispuesto a entregar su aceite usado a un gestor autorizado?  
(Si, No)
6. ¿Cuantos litros de aceite desecha al día? l/día

## Estimación del recurso

La estimación del recurso hace alusión a la estimación de producción de aceite vegetal quemado de cocina que se puede generar dentro del cantón en estudio.

Esta evaluación se la realizó mediante la técnica estadística llamada Distribución de Weibull. Es una distribución versátil que se puede utilizar para modelar una amplia gama de aplicaciones en ingeniería y procesos de análisis de capacidad. La distribución de Weibull se describe según los parámetros de forma, escala y valor umbral. (Minitab, 2017)

- Parámetro de forma (k) : Describe la manera en que se distribuyen los datos.

$$\text{Factor de Forma} = \frac{\text{Desviación Standard (s)}^{-1.086}}{\text{Promedio de aceite desechado al día (Xo)}}$$

- Parámetro de escala: Es el percentil de los datos que define la posición de la curva de Weibull respecto del valor de umbral.

$$\text{Factor de Escala} = \frac{\text{Promedio de aceite desechado al día } (X_o)}{\gamma(1 + \frac{1}{k})}$$

En donde;

$\gamma$  = *Gamma*

$k$  = *Factor de Forma*

En Excel, se pudo determinar con facilidad la Distribución de Weibull, por medio de la herramienta "DISTR.WEIBULL", de la siguiente manera;

$$\text{Distribución de Weibull} = (x; \text{alfa}; \text{beta}; \text{falso})$$

*Distribución de Weibull*

$$= (\% \text{ aceite desechado al día}; \text{Factor de Forma}; \text{Factor de Escala}; \text{falso})$$

## Densidad del aceite quemado

En este cálculo se tomó como dato referencial, la densidad del aceite quemado determinado en estudios anteriores (González I. & González J., 2017 y Valdesas, 2017). Se sabe que la densidad relativa de la mayoría de aceites se encuentra entre 0.84 y 0.96, cuyo promedio aproximado corresponde a 0,90; suponiendo que la temperatura ambiente fuese de 20 °C y su densidad relativa de 998,30 kg/m<sup>3</sup>. El valor de saponificación para este tipo de aceites esta entre 188,2 mgKOH/g y 207 mgKOH/g, con una acidez de 1,32 mgKOH/g a 3,6 mgKOH/g. (Raqeeb M., 2015)

*Densidad absoluta del aceite*

$$= (\text{Densidad relativa del aceite quemado}) * (\text{Densidad del agua a } 20 \text{ } ^\circ\text{C})$$

## Diseño del tanque de almacenamiento de aceite reciclado

Este apartado se lo realizó considerando el manual de cálculos de tanques, redactado a partir de las normas ATEX, DIN 4119, ASME VIII, MIE APQ-1,-6, y-10. (UAB, 2016)

- Volumen de diseño = Volumen total \* 1.15
- Temperatura de diseño = Por seguridad, se ha utilizado la temperatura de ambiente normal; 20 °C.
- Material de diseño= Se propone usar acero inoxidable AISI 304, AISI 316L o a fines, también es posible usar una aleación de acero al carbono, debido a que puede llegar a ser menos costoso. Este tipo de materiales no son tan costosos y las propiedades que ofrece, no causan altos daños por corrosión.
- Dimensionamiento del tanque= La herramienta utilizada se basa en la formula;

$$Volumen = \pi (radio^2)(altura)$$

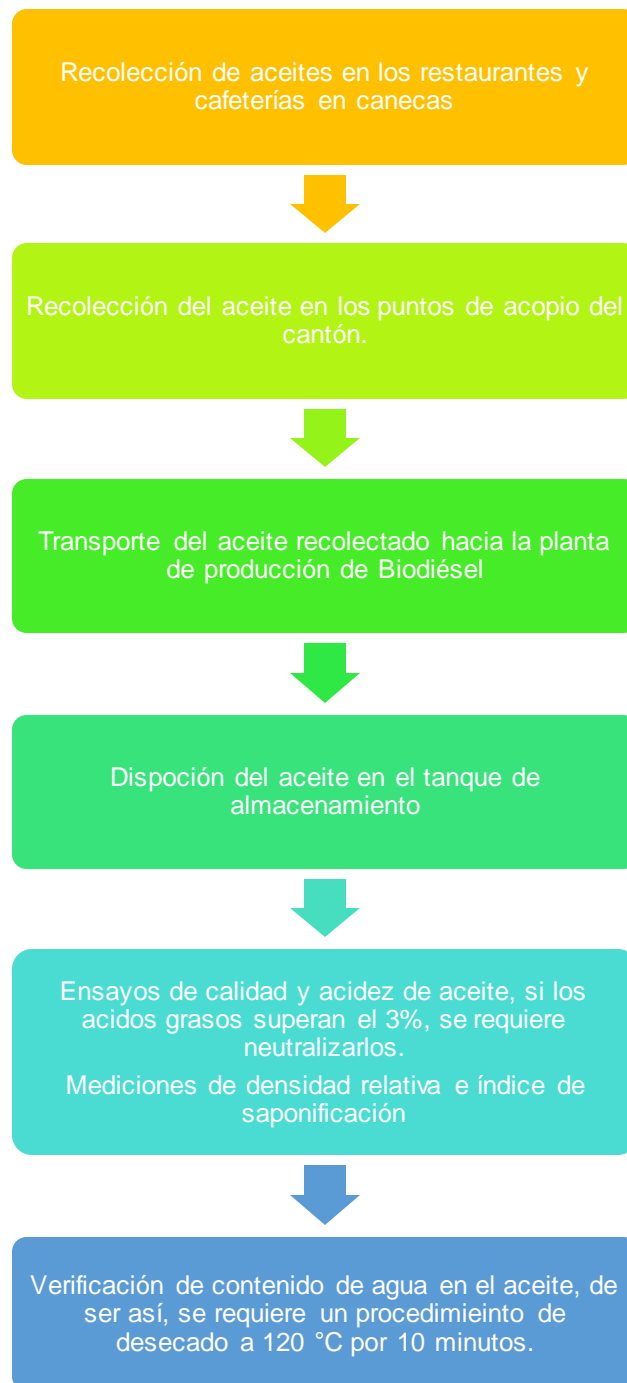
Se ha establecido un radio de 1,15 m y una altura de tanque de 2,5 m, para facilidad de cortes y ensamblajes durante la construcción del tanque.

- Volumen de operación mínimo MOV= Provista por la ingeniería de procesos. También asegura que no exista amplias pérdidas de succión en las bombas. Se ha calculado con la formula;

$$MOV = altura de diseño + altura (10\%) - altura$$

## Pretratamiento de la materia prima

El pretratamiento del aceite, debe llevarse a cabo, tomado en consideración los aspectos de recolección del mismo, su transporte y acondicionamiento. Este procedimiento debe incluir:



Gráfica 4. Pretratamiento de materia prima

Los análisis de caracterización del aceite recolectado, deberán realizarse por medio de la norma INEN-ISO 660:2013, INEN-ISO 3657:2013 y afines.

Otra ventaja de este proyecto, es que dichos análisis pueden realizarse en el laboratorio del BIOTEC de la Corporación para la Investigación Energética, entidad anfitriona para el

desarrollo del presente trabajo, quién está dispuesta a impulsar la implementación de la planta de biodiésel.

Siendo las energías renovables una alternativa para disminuir el consumo de combustibles fósiles y que sean amigables con el ambiente, la CIE requiere del apoyo oficial de entidades como el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables y afines para que avale el gestionamiento de recolección de la materia prima en las fuentes de producción y la compra del biodiésel por parte de Petroecuador.

## Incorporación de una planta de producción de Biodiésel

### Recolección del aceite

Baños de Agua Santa es un cantón adecuado para la recolección de aceite vegetal de cocina usado, debido a su tamaño geográfico y demográfico, ya que, comparado con otros lugares, éste no posee dimensiones tan grandes, lo que facilitaría el proceso de recolección del aceite.

Se propone un proceso de recolección, en donde estén involucrados todos los ciudadanos del cantón, en especial los siguientes entes:

- Establecimientos de comidas, los cuales deberán recolectar el aceite en canecas, las cuales deberán ser trasladadas hasta los puntos verdes de recolección, distribuidos alrededor del cantón.
- El GAD Municipal con su Jefatura de Ambiente, que deberán ser los entes encargados de realizar las gestiones pertinentes para que la ciudadanía pueda dejar el residuo en los puntos verdes de recolección de aceite. Se propone el uso de puntos verdes de recolección (tanques) que hagan alusión al volcán Tungurahua, imagen con la cual, los pobladores de la zona se sienten identificados y por lo tanto se prevé como resultado una adecuada socialización del proyecto en el cantón. El diseño base de este tanque de recolección se representa en la gráfica del proceso a continuación.
- La Corporación para la Investigación Energética CIE, quién estaría encargada del procesamiento de transesterificación del aceite y la producción del biodiésel, así



como también el transporte y comercialización del producto, conjunto a los entes pertinentes.



Gráfica 5. Proceso de gestión del aceite

### Puntos de recolección

En el siguiente mapa se ilustra la propuesta de la distribución de los puntos de recolección de aceite alrededor del cantón de Baños de Agua Santa;



Gráfica 6. Propuesta de Puntos de Recolección de aceite quemado en Baños de Agua Santa. Adaptado del GAD Cantón de Baños de Agua Santa (2016)

Específicamente las coordenadas de los puntos de recolección serían las siguientes;

Sector Ulba: -1.3949016,-78.3939516

Calle Juan Montalvo, Jefatura Ambiental: -1.3997055,-78.4210419,3

Sector Runtún: -1.3998978,-78.414553

Sector Río Verde: -1.4048531,-78.3007292,

Sector El Salado: -1.398477,-78.4291648

## Utilización de reactivos en el proceso de transesterificación

Para el proceso de transesterificación, es imprescindible el uso de dos reactivos; el Hidróxido de Sodio NaOH y el Metanol CH<sub>4</sub>O. Estas dos sustancias son consideradas tóxicas. En el Ecuador, el Concejo Nacional de Control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas – CONSEP, es el organismo encargado de controlar el uso del catalizador NaOH, es decir, que, para usar esta sustancia, es necesario un permiso otorgado por dicho ente, el metanol no requiere de este permiso.

Mediante la regulación del Registro Oficial N° 753, el NaOH está sujeta a fiscalización autorizada a partir de una cantidad de 25 kg. Además, la diferencia máxima permitida en importaciones no al granel de NaOH sólido es de 2,5% y líquido de 0,5 %.

Para el otorgamiento del permiso es necesario cumplimentar los formularios con la información de requisitos específicos y generales, y los fines de la utilización de la sustancia. Más información se puede ver en el Anexo 6.

Para el almacenamiento de los reactivos, es necesario poseer un lugar cerrado, que mantenga el lugar fresco y bien ventilado. Estos insumos estarán en el mismo galpón, junto con el reactor para el procesamiento de biodiésel, por lo tanto, el lugar será idóneo para su almacenamiento.

Para su uso se debe tener un control de exposición y usar protección personal adecuada, con guantes, mascarillas y gafas, ya que es una sustancia muy corrosiva, con un peligro para la salud de nivel 3 y de reactividad de nivel 1.

## Diagrama de proceso de transesterificación

Uno de los problemas más comunes en el proceso de transformación de biodiésel, es la posible formación de jabones durante la transesterificación.

En la mayoría de casos el metanol es usado como el alcohol reactante en el proceso de transesterificación, pese a esto, es posible también usar etanol e isopropil alcohol. Esto dependerá del tiempo, temperatura, presión, tiempo de agitación y características propias del aceite a reaccionar. (Raqueeb M., 2015)

En general existen tres tipos de transesterificación; homogénea, heterogénea y enzimática, dependiendo del catalizador que se use.

Los catalizadores homogéneos más empleados son el hidróxido de sodio y el hidróxido de potasio. El inconveniente con este tipo de sustancias, es la incorporación de etapas extras en el procedimiento, tales como la separación y el tratamiento de aguas residuales, lo cual aumenta costos de operación. Esto no sucede con catalizadores de tipo heterogéneo (óxidos de metales alcalinotérreos, zeolitas, heteropoliácidos). Estas sustancias son fáciles de separar y reutilizar, algunos pueden presentar características de tolerancia al agua y ácidos grasos. (Castellar G., Angulo E., y Cardozo B., 2014)

La transesterificación con catalizadores enzimáticos da como resultado productos más puros y se opera a temperaturas menores, entre 35° y 40°. Con esta técnica se evita la formación de jabones, la neutralización ácida y el empleo de químicos que pueden contaminar el ambiente, además de que se puede reutilizar el catalizador. El problema de las enzimas, es que es difícil producirlas a escala industrial, debido a los costes de procesamiento. (Sardiñeira, 2015)

Tabla 3. Tipos de transesterificación

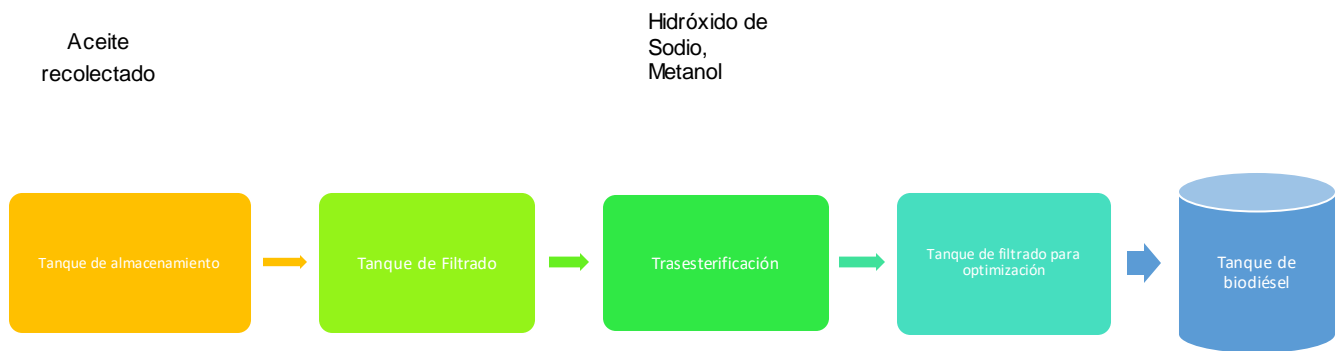
Transesterificación		
Homogénea	Heterogénea	Enzimática
Hidróxido de sodio y el Hidróxido de potasio	Óxidos de metales Alcalinotérreos, Zeolitas, Heteropoliácidos	Novozyme 435, Aspergillus nige
Temperatura de 40° o mayor	Temperatura de 40° o mayor	Temperatura 35° a 40°

Aumenta costos dependiendo de la tecnología	Disminuye costos ya que elimina procesos extra	Disminuye costos, pero no es rentable aún en el mercado
---	--	---

Si se habla de esterificación, se alude al uso de compuestos ácidos como  $H_2SO_4$ . Los compuestos usados para la transesterificación son alcalinos como NaOH.

Algunos estudios indican que para reducir la saponificación del aceite, es preciso usar el método de esterificación. En la primera etapa se forma un compuesto a partir de un ácido y de un alcohol. El alcohol, es metanol, pero en vez de hidróxido de sodio NaOH el catalizador es ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  con pureza de 95% o más. En la segunda etapa el ión sulfato procedente del ácido sulfúrico se combina con el ión sodio procedente del metóxido de sodio en la segunda etapa para formar sulfato de sodio, que es una sal soluble en agua que se separa del biodiésel durante el lavado. En el biodiésel no queda nada de azufre. (Hernández V., et al., 2015)

Para convertir el aceite vegetal desechado del cantón Baños en biodiésel, se propone realizar el método de transesterificación. Dadas las condiciones climáticas del lugar, no hace falta un pretratamiento de aceite utilizando altas temperaturas, además el tanque de almacenamiento del aceite reciclado aumentará los grados de temperatura entre un 10% a 30%, lo que facilita su reacción con el catalizador, en este hidróxido de sodio.



Gráfica 7. Proceso de transformación del aceite

Se propone la incorporación de una planta de biodiésel que pueda procesar una mayor cantidad de aceite de la que se ha determinado se produce diariamente en el cantón. Esto, debido a que la materia prima es muy probable que se incremente. Por una parte, no todos los restaurantes y locales han sido registrados en el cantón. Existen varios negocios de comidas que aún deben ser registrados y sacar sus permisos de funcionamiento. Además, están los locales ubicados en las carreteras y pueblos aledaños que tampoco están considerados en la lista de establecimientos registrados hasta el momento (noviembre 2016). Por otra parte, está el aceite que producen diariamente los hogares del cantón, que podría llegar hacer la misma cantidad de aceite desechado que los restaurantes o quizá mayor. El objetivo de esta iniciativa es también involucrar a las personas de los hogares, ya que cada día preparan sus propios alimentos y no se realiza una buena disposición de los residuos de aceite para frituras.

## Propuesta de Planta de Biodiésel

### Propuesta 1

#### **Reactor:** Central Biodiésel BIO800

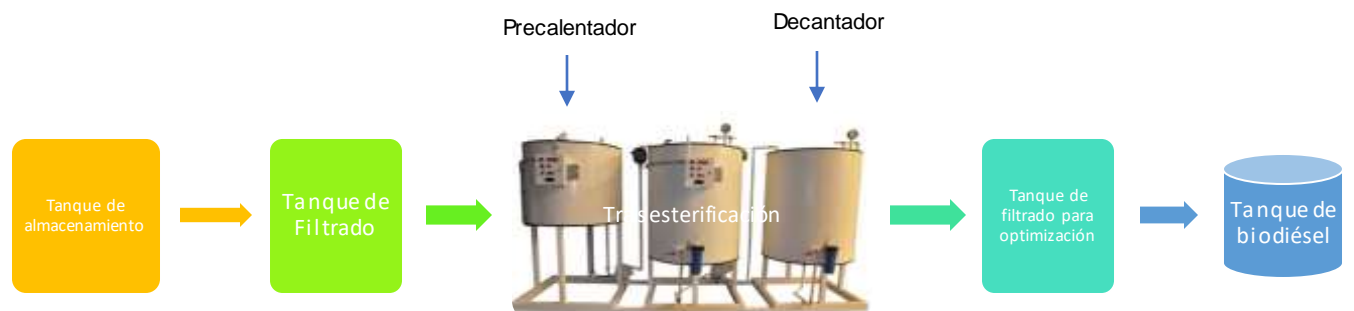
El BIO800 utiliza la tecnología HTP High Temperature Presurized, la cual elimina el proceso de lavado, y consecuentemente el proceso de secado del biodiésel, haciendo la transesterificación menos complicada, lo que permite ahorro de costos.

Esta unidad tiene un sistema de precalentado desde donde se bombea el aceite para conectarlo al reactor principal, por medio de tuberías fijas. Esta unidad, adicionalmente cuenta con otra unidad de expansión.

Esta planta esta diseñada para procesar hasta 800 litros por batch y cada batch tiene una duración de 3 a 4 horas. Puede llegar a producir hasta 9600 litros cada 24 horas.

Los datos generales de la planta se presentan a continuación o revisar Anexo 7:

- Capacidad 800 Litros (216 Galones) por batch
- Ancho: 1.5 Mts. • Largo 3.5 Mts. • Altura: 2.1 Mts. • Peso: 600Kg.
- Consumo: 40-60 watts por litro
- Tiempo Promedio Batch: 3 horas
- Temperatura de Reacción: 90 °C
- Presión Recomendada: 1 Atm.
- Tiempo de Decantado: 7 horas
- Voltaje y Ciclos: 3x220/240/380 AC 50/60Hz



Gráfica 8. Propuesta de generación de biodiésel BIO800

## Propuesta 2

**Reactor:** Bioenergy BIOE 200

Tiene una capacidad de producción de 200 litros de biodiésel por batch.

- Capacidad 200 Litros (53 Galones) por batch
- Ancho: 0.6 Mts. • Altura: 0.8 Mts.
- Tiempo Promedio Batch: 3 - 5 horas
- Temperatura de Reacción: 90 °C
- Presión Recomendada: 2 Bar.
- Tiempo de Decantado: 8 -12 horas
- Voltaje y Ciclos: 3x220/240/380 AC 50/60Hz

Es necesario incorporar bombas adicionales para el ingreso del metanol y embudos para la incorporación del hidróxido de sodio, Además esta planta requiere de alta pureza del NaOH. Es también necesario incorporar un tanque de separación de biodiésel y glicerol. Puede

llegar a producir hasta 1600 litros cada 24 horas, dependiendo de las unidades de decantación.



Gráfica 9. Propuesta de generación de biodiésel BIOE200

## Transporte y distribución del biodiésel

El biodiésel producido puede ser vendido de diversas maneras, pero en este caso particular se promueve la venta en áreas protegidas, como es el caso de las Islas en Galápagos, e incluso en el mismo cantón de Baños.

Según La Comisión Provincial del Transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial de Tungurahua (2017). En el cantón de Baños de Agua Santa existen alrededor de 183 vehículos registrados pertenecientes a este lugar. Es decir, que, prácticamente no forman parte del tráfico circulante en el cantón. Entre ellos, 10 buses urbanos, 110 interprovinciales, 20 turísticos, 19 vehículos de empresas particulares, 10 de otro tipo. En este reporte no se encuentran los vehículos particulares de los ciudadanos del cantón. Pero para los cálculos se tomarán las cifras citadas.

Suponiendo que un vehículo recorriese aproximadamente 100 km/día (Blf, 2017), por lo general un vehículo consume 1 litro de combustible por cada 12 km recorridos, es decir que cada vehículo necesitaría alrededor de 8.33 litros de diésel al día. Estos valores son muy relativos, dependen del tipo de motor, el medio donde se transportan los carros, la velocidad



y otras características, por lo tanto, los datos expuestos aquí, se refieren a números promedios generales. Usado estas referencias aproximadas, se tiene los siguientes valores:

Tabla 4. Demanda de biodiésel

Lugar	Vehículos a diésel	Buses	Aproximación de demanda de diésel por día
Baños de Agua Santa	183	30	1.524,39 litros de diésel/día
Galápagos	1.962	50	16.343,46 litros de diésel/día

Adaptado de La Comisión Provincial del Transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial de Tungurahua (2017) y Dueñas D. (2014).

En la nueva estación de servicio de combustible en la vía Baños-Puyo, se almacena aproximadamente 12.400 galones de gasolina extra, 6.500 de super y 19.000 galones de diesel premium. Esta estación y tres gasolineras más, ayudan a cubrir las necesidades de combustible del tráfico vehicular que existe alrededor de esta región.

El tráfico promedio diario anual de este sector (Ambato-Pelileo-Baños-Puyo) es de 34.854 vehículos, desglosados de la siguiente manera;

Tramo vial	Liviano	Bus	Camión 2 ejes		Camión pesado				Total
			2 ejes	3 ejes	liviano	mediano	3 ejes	5 ejes	
Ambato-Pelileo	18.355	873	0	541	744	206	38	36	21.093
Pelileo "Y" – Riobamba	7.263	684	0	427	455	56	36	20	8.642
"Y" Riobamba-Baños	9.003	447	0	314	313	75	14	15	10.180
Baños-Mera	4.189	205	0	153	175	118	12	13	4.865
Mera-Puyo	7.515	420	0	328	346	407	23	19	9.058

Tomado del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2016

## Emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera

En la ruta Baños – Mera existen 47 km, mientras que en la ruta Riobamba – Baños hay 39 km aproximadamente. Esto quiere decir que la cantidad de combustible por litro requerida para trasladarse estas distancias sería de 3,91 litros de diésel y 3,25 litros de diésel respectivamente.

Se sabe que por cada litro de gasolina consumido, se emite al ambiente 2,32 kg de CO<sub>2</sub> y 2,61 kg de CO<sub>2</sub> por el uso de diésel (OCU, 2016). Un vehículo que recorra el tramo Baños – Mera estaría emitiendo a la atmósfera 9,07 kg de CO<sub>2</sub> y en el tramo Riobamba – Baños 7,54 kg de CO<sub>2</sub>. Por esta específica situación, en Baños de Agua Santa estarían emitiendo en el ambiente por cada carro que transite los tramos mencionados. Por lo tanto, si se plantearía un ejemplo en donde los 183 vehículos inscritos en Baños, recorrieran todos los días estos tramos, supondría una emisión de 3.039,84 kg de CO<sub>2</sub>/ día.

Suponiendo que los mismos kilómetros son recorridos por un vehículo en Galápagos, esto significaría que se contamina la atmósfera con 14.061 kg de CO<sub>2</sub> / día por los 1.962 vehículos en las islas.

## Análisis Económico

### Equipamientos e Instalaciones.

Se han tomado en consideración los siguientes activos. La referencia de cotizaciones de los proveedores se puede encontrar en el Anexo 8:

<b>Activos Fijos</b>		<b>Total</b>
<b>Camioneta</b>		15.000,00
<b>Reactor</b>		57.450,45
reactor BIO800 l/día (importado)	40.890,00	
impuestos 10,5%	4.293,45	
Costo de importación 30%	12.267,00	
<b>Tanques</b>		44.000,00
Tanque de almacenamiento 10390	20.000,00	
Tanque de filtrado 10390	22.000,00	

Tanque de almacenamiento biodiésel 1000 * 2tanques	1.000,00	
Tanque de recolección punto verde	1.000,00	
<b>Bombas</b>		1.500,00
<b>Suministros</b>		
<b>Filtro</b>		700,00
<b>Agitadora</b>		0,00
<b>Varios incluye señalética</b>		1.000,00
<b>Galpón 10x30m2</b>		8.700,00

## Operación

Para los costes operativos se emplearon los siguientes elementos:

Personal	Cantidad	Remuneración fija mensual	Remuneración fija anual	Beneficios adicionales fijos	Pago anual de Seguro Social	Nómina anual	Nómina mensual
Chofer	1	375	4500	750	501,75	5751,75	479,31
Operador de Planta	1	400	4800	775	535,20	6110,2	509,18
Ingeniero de Planta	1	600	7200	975	802,80	8977,8	748,15
Seguridad	1	500	6000	875	669,00	7544	628,67
Limpieza	1	375	4500	750	501,75	5751,75	479,31
<b>TOTAL GASTOS DE PERSONAL DE PLANTA</b>						<b>34135,5</b>	<b>2844,63</b>
<b>Gastos Administrativo</b>							
Personal de ventas	1	500	6000	875	669,00	7544	628,666667
Personal de oficina	1	700	8400	1075	936,60	10411,6	867,633333
<b>TOTAL GASTOS DE PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>						<b>17955,6</b>	<b>1496,3</b>

## Costo de materia prima e insumos para producción de biodiésel

En el caso de la materia prima, se han evaluado los costos por litro de cada suplemento;

MATERIA PRIMA	Valor	Valor por litro	Cantidad de materia prima l/día	Valor diario \$	Valor mensual	Valor anual
Aceite Usado (centavos/litro)	0,10	0,10	300	30,00	600,00	7.200,00
Hidróxido de Sodio NaOH (centavos/kilo)	0,50	5,76	1,1484	6,61	132,30	1.587,55
Metanol (centavos/kg)	0,95	0,95	30	28,50	570,00	6.840,00

Los insumos toman en cuenta los rubros de los diferentes materiales necesarios para llevar a cabo el proceso completo de producción de biodiésel, incluyendo la entrega de 2 canecas para recolección de aceite por cada restaurante del cantón.

INSUMOS					
RUBROS	CANTIDAD	MEDIDA	V. UNITARIO	V.TOTAL	V.ANUAL
Canecas	394	Unidad	0,50	197	197
Mantenimiento Equipos Planta	1		250	250	3000
Mantenimiento Vehículo	1		40	40	480
Combustibles Vehículo	50	Galones semanal	1,037	51,85	622,2
Llantas	8	Unidades al año	80	640	640

## Precio venta referencia de biodiésel

El precio de venta de biodiésel, según las regulaciones y decretos emitidos (Decreto ejecutivo 338). Se establece la venta de biodiésel con un precio internacional. Es decir, actualmente \$ 3,50 dólares por galón de biodiésel.

## IV. Resultados y Conclusiones

### Cálculo del tamaño de muestra

Una vez empleada la formula;

$$Tamaño\ de\ muestra = \frac{\frac{z^2(p(1-p))}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2(p(1-p))}{e^2 N}\right)}$$

Se determinó que el tamaño de muestra para una población de 197 restaurantes y cafeterías, es de 71 muestras, para un margen de error de 9,4% y un nivel de confianza de 95%.

En otras palabras, las encuestas realizadas a la población total del cantón, fueron a 71 establecimientos de alimentación.

### Resultados del muestreo y encuesta de factibilidad del reciclaje de aceite vegetal de cocina en el Cantón de Baños de Agua Santa

A continuación, se detalla los resultados de las encuestas realizadas a los 71 establecimientos:

#### *Promedio del uso del aceite diario*

Se determinó que en promedio, un restaurante del cantón de Baños de Agua Santa, usa 3,19 litros por día de aceite vegetal. La suma total de la muestra poblacional a la que se le realizó la encuesta, fue de 223,46 litros de aceite usado al día.

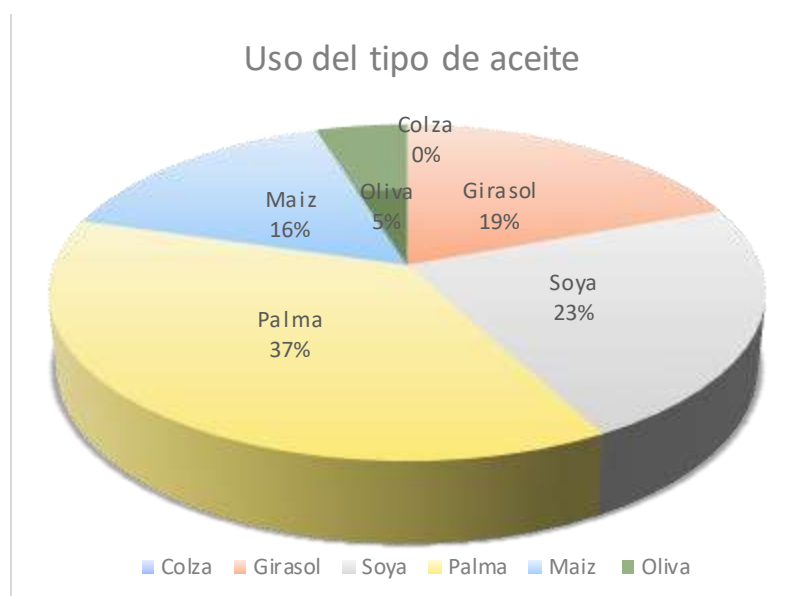
PROMEDIO	3,19
(l/día)	

DESVIACIÓN ESTÁNDAR (l/día)	3,17
VARIANZA (l/día)	10,09

### Tipo de aceite

Las personas en esta zona de estudio, prefieren usar los siguientes tipos de aceite vegetal para sus comidas. Este dato es importante tomarlo en cuenta al momento de especificar las variaciones del poder calorífico que el aceite podría tener cuando se procese en biodiesel:

Colza	0%
Girasol	19%
Soja	23%
Palma	37%
Maíz	16%
Oliva	5%



Gráfica 10. Uso de tipo de aceite.

## Disposición final del aceite

Según las encuestas realizadas, se pudo determinar la disposición final actual del aceite usado de cocina:

Lo elimina por el desagüe	19%
Lo recoge en un recipiente	30%
Se lo da a algún gestor autorizado	2%
Lo arroja a la yerba o el pasto	3%
Lo incorpora a la comida de los cerdos	22%
Lo arroja directo a la basura	20%
Lo usa como combustible	2%
Lo consume todo	2%
Lo vende	2%



Gráfica 11. Disposición final de aceite.

### *Disposición de la Población para reciclar el aceite*

Pese a que la mala gestión del aceite usado es una problemática ambiental y económica, la población del cantón de Baños de Agua Santa, no está 100% de acuerdo en la colaboración del reciclado del desecho. Esto se debe a la falta de concienciación acerca del mal uso del aceite, como alimento para los animales y también porque exigen una buena logística de recogida del aceite quemado de sus establecimientos.

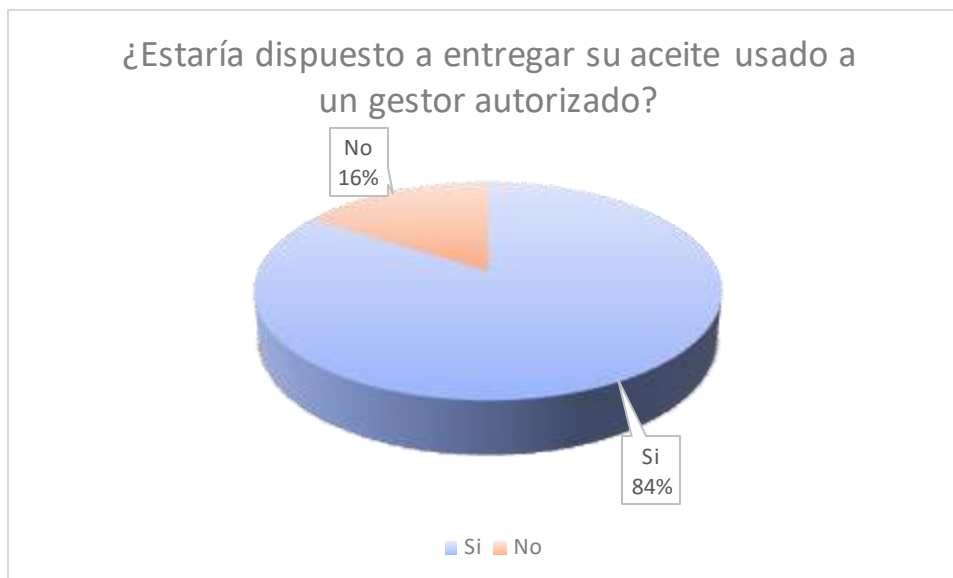


Gráfica 12. Disposición ciudadana para reciclar el aceite.

### *Disposición de la Población para entregar el aceite a un gestor autorizado*

Por las mismas razones expuestas anteriormente, no existe un 100% de disposición de la población a entregar el aceite usado a un gestor autorizado.





Gráfica 13. Disposición ciudadana para entregar el aceite a gestores autorizados.

#### *Cantidad de aceite desechado*

Se determinó en función de la muestra poblacional de los 71 establecimientos, que, en su totalidad, se desechan 99,184 litros de aceite diariamente. Esto quiere decir, que, en promedio, un establecimiento desecha 1.40 l/día, cuya desviación estándar es de 1.68 l/día y varianza de 2.82 l/día. Mensualmente, se estarían desechando 2975.53 l/mes. Tomando en cuenta la población total, es decir los 197 restaurantes, bares y cafeterías, habría una producción diaria de 275.20 litros de aceite quemado de cocina, es decir, 8256.05 l/mes. Los datos pueden revisarse en el Anexo 4.

Tamaño de muestra de Restaurantes (n)	71
Promedio de aceite desechado l/día ( $X_o$ )	1,40
Universo Total =Total número de Restaurantes	197
Desviación Standard (s)	1,68

Varianza ( $\sigma_2$ )	2,82
Suma Total de aceite desechado de la muestra l/día	99,18
Suma Total de aceite desechado de la muestra l/mes	2975,53
aproximación de aceite desechado del universo l/día	275,20
aproximación de aceite desechado del universo l/mes	8256,05

En un año, estadísticamente, la producción de aceite quemado de cocina sería la siguiente:

Enero	3074,71489
Febrero	2777,161839
Marzo	3074,71489
Abril	2975,53054
Mayo	3074,714893
Junio	2975,530542
Julio	3074,714893
Agosto	3074,714893
Septiembre	2975,530542
Octubre	3074,71489
Noviembre	2975,53054
Diciembre	3074,71489
<b>Aceite desechado anual (l/año)</b>	<b>36202,2883</b>

## Estimación del recurso

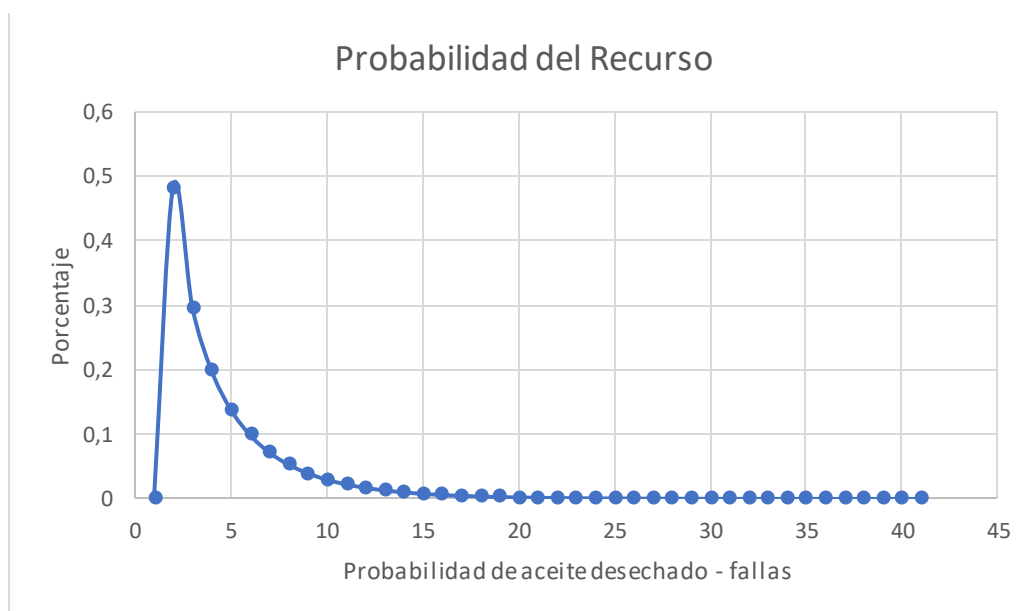
La estimación del recurso, es la probabilidad de existencia de la materia prima. En este caso, la probabilidad de que siempre exista la cantidad adecuada de aceite vegetal quemado, para poder ser usado posteriormente en la planta de producción de biodiesel.

Para este estudio, se utilizó la técnica de Distribución Probabilística de Weibull, que es un modelo de continuidad, asociado a variables del tiempo de vida, tiempo hasta que un mecanismo falla. (UB, 2009)

Se determinó las propiedades de dicha distribución;

- Factor de Forma  $k$
- Factor de Escala  $C$

Distribución Probabilística de Weibull	
Factor de Forma ( $k$ )	0,818926
Factor de Escala $C$	1,253243



Gráfica 14. Probabilidad de obtención del recurso para producir biodiésel.

La gráfica anterior muestra que a partir de 3 l/día de aceite quemado, la probabilidad de que exista mayor desecho desciende. Existe nula probabilidad de que un restaurante pueda

generar más de 15 l/día de aceite quemado, ya que, a partir de este punto, la curva de distribución se mantiene en cero.

Los datos utilizados para esta determinación se encuentran en el Anexo 5.

## Diseño del tanque de almacenamiento de aceite reciclado

### *Densidad del aceite quemado*

Mediante las formulas expuestas en el apartado III, se determinó que la densidad del aceite sería la siguiente:

Densidad de Aceite quemado	0,9
Densidad del agua a 20°C (kg/m <sup>3</sup> )	998,3
Densidad Absoluta del aceite (kg/m <sup>3</sup> )	898,47

### *Volumen de diseño*

La cantidad volumétrica del aceite de cocina obtenido es la siguiente:

Suma Total de aceite desechado (m <sup>3</sup> /día)	0,099
Suma Total de aceite desechado (m <sup>3</sup> /mes)	2,975
aproximación de aceite desechado del universo (m <sup>3</sup> /día)	0,275

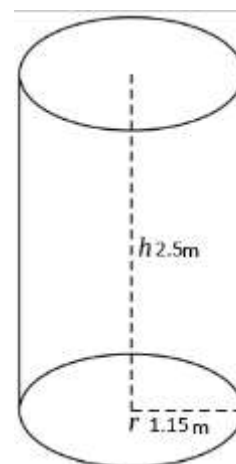
aproximación de aceite desechado del universo (m <sup>3</sup> /mes)	8,256
---	-------

Para este cálculo se propone el uso de un 15% de sobredimensionamiento para el tanque de recolección del aceite, tal como las normas ATEX lo mencionan.

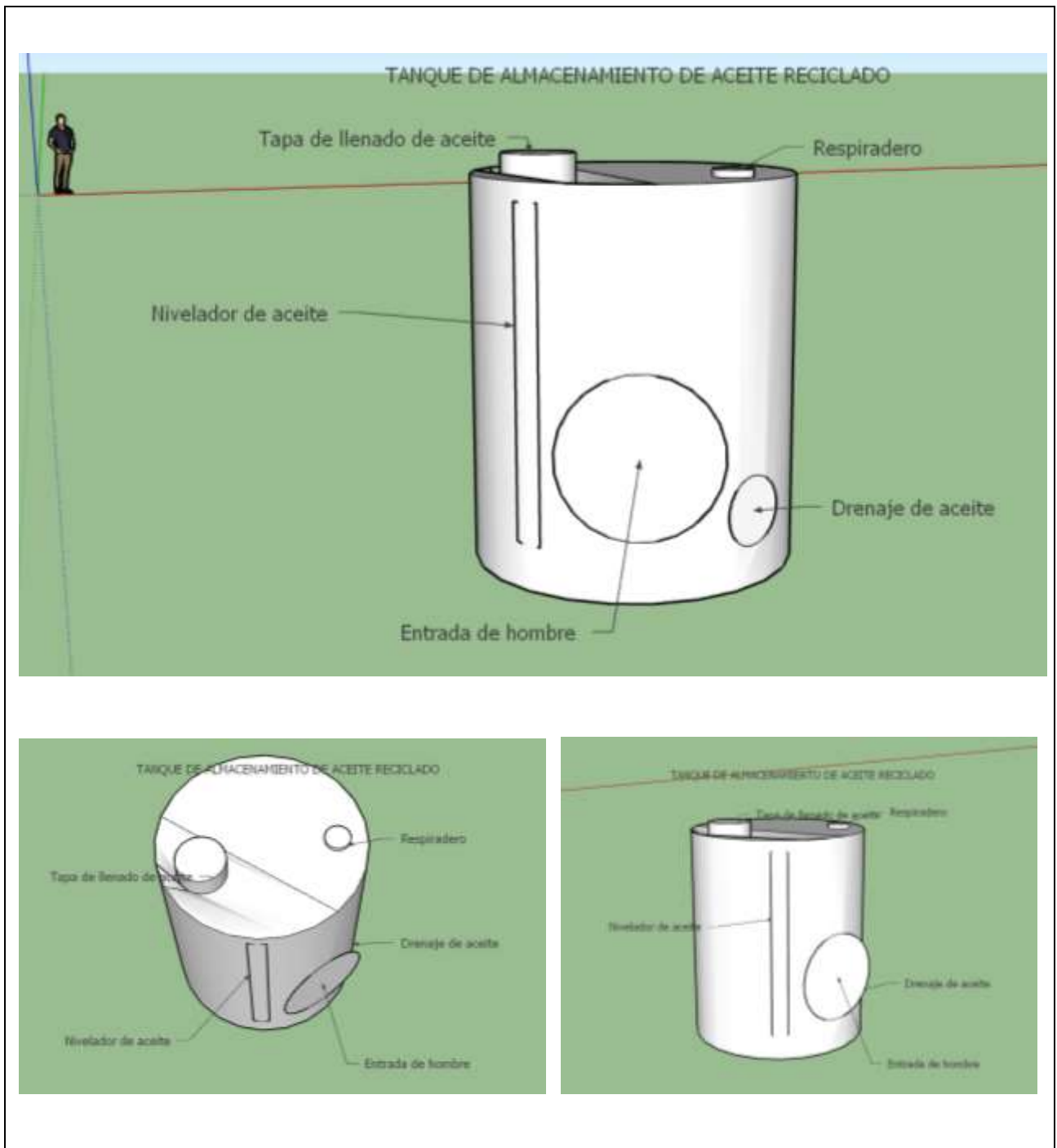
Volumen de diseño para el total del universo Vd (m <sup>3</sup> /día)	0,316
Volumen de diseño para el total del universo Vd (m <sup>3</sup> /mes)	9,494

#### *Volumen de cilindro del tanque de almacenamiento*

Radio (m)	1.15
Altura (m)	2.5
Volumen del Cilindro (m <sup>3</sup> )	10.39



Gráfica 15. Valores de diseño del cilindro.



Gráfica 16. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de aceite reciclado.

El cilindro de almacenamiento debe tener nozzles, o también llamadas boquillas en el cuerpo del tanque, cuya forma en su mayoría debería ser elíptica o circular, tal como se muestra en las gráficas anteriores.

El tanque de almacenamiento, cuenta con las siguientes partes principales:

- Tapa de llenado de aceite en la parte superior.
- Rejilla de filtrado bajo la tapa de llenado, para eliminar posibles restos de comida formados durante los procesos de fritura.
- Respiradero, es una entrada y salida de aire, ya que, durante el almacenamiento, el aceite podría emitir algún tipo de gas. También sirve para tener control de las presiones.
- Nivelador de aceite, que una superficie transparente, en donde es posible visualizar los niveles de aceite almacenado.
- Drenaje de aceite, que es por donde se extraerá el aceite que luego se dirigirá hacia el proceso de transesterificación.
- Entrada de hombre, ubicada lateralmente en el tanque, necesaria para acceder al interior del tanque. Esto sirve para hacer controles y mantenimiento del mismo y del aceite.

El diseño expuesto muestra las proporciones de construcción del tanque de almacenamiento. Se ha establecido que el tanque debe tener  $0,90 \text{ m}^3$  de volumen extra, sumando el volumen de diseño determinado anteriormente, lo que quiere decir que puede almacenar un extra de 895,54 litros, lo que equivale al almacenamiento de aproximadamente 3 días de aceite vegetal quemado. También se debe tener en cuenta que por seguridad los recipientes deben estar llenos un máximo de 80% del volumen total (URG, 2016), esto corresponde a  $0,72 \text{ m}^3$ , o bien 716,43 litros extra para almacenar.

Resumiendo lo antes descrito, se establece que el tanque de almacenamiento ha sido diseñado para un total de 10390 litros, que es la suma de 9.494,45 litros, más un extra de 895.54 litros.

Además, siguiendo las recomendaciones del manual de diseño de tanques, se establece un volumen de operación mínimo de  $0,25 \text{ m}^3$ . Eso asegurará que no haya cantidades extremas de pérdidas por succión de la bomba para mover el aceite al reactor de transesterificación. (Guzmán M., 2012)

La propuesta consiste en implementar un tanque que almacene el aceite recolectado de un mes. Este tanque a más de almacenar, cumple con la función de sedimentador, esto hace que los residuos sólidos que podrían estar en el aceite usado, se depositen en el fondo del

tanque, obteniendo de esta manera, un aceite con menos impurezas para el proceso de transesterificación.

Bombas de filtrado para eliminación de impurezas del aceite.

## Emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte de aceite a Holanda

Se sabe que al mes se exportan desde Quito un mínimo de 10.000 litros de aceite usado a Holanda para producir biodiésel. La pregunta es ¿Por qué no es posible usar ese mismo aceite recolectado para producir biodiésel en el país?, una de las respuestas podría ser; según voceros de la Secretaría de Ambiente en Quito (2017); si no existe más desecho de aceite de fritura quemado en la ciudad, entonces se elimina el problema ambiental de tratar este residuo y además se tiene un ingreso mínimo de 1000 dólares por ayudar a recolectar el aceite al gestor encargado de enviar dicho recurso a Holanda.

Es necesario calcular una estimación de la huella de carbono que deja este tipo de procedimientos, ya que existen otras alternativas de uso del aceite usado, dentro del mismo Ecuador y que, además, pueden tener valores agregados, tal como se ha venido mencionando a lo largo de este proyecto. Una propuesta es la incorporación de una o varias plantas de biodiésel que procesen como mínimo los 10.000 litros de aceite mensualmente.

Si planteamos que una embarcación tipo Bulk Rate, sale desde un puerto de Guayaquil llevando 10000 litros de aceite vegetal usado hacia un puerto de Rotterdam en Holanda, se concluye que este navío recorre como mínimo 10.455,99 km (Searates, 2017) y costaría aproximadamente \$ 1.007,59 dólares por enviarlo. Se sabe que un barco emite aproximadamente 20 gr de CO<sub>2</sub> por km/ton (Fernández N, 2011). Entonces se estarían emitiendo 209.119,8 gr por tonelada. Como el peso de carga es de 9,2 tons de aceite usado entonces la emisión sería de 1.923.902,16 gr de CO<sub>2</sub>.

## Disminución de CO<sub>2</sub> por la incorporación de biodiésel B2 en el Cantón de Baños de Agua Santa

La emisión de CO<sub>2</sub> por cada litro de biodiésel B2 usado (mezcla de 20% biodiésel y 80% diésel) es de 2,08 kg de CO<sub>2</sub> (GEI, 2017). La disminución de CO<sub>2</sub> por la incorporación de



biodiésel al diésel normal sería la siguiente, dependiendo de los kilómetros recorridos y el porcentaje de mezcla de combustible. A continuación, se muestra una tabla comparativa:

Combustible	Km recorridos	Litros de combustible necesario para recorrer tramo	Emisión CO <sub>2</sub> /litro	Cantidad total CO <sub>2</sub> de emitido por vehículo	Vehículos (buses a motor diésel)	Cantidad total CO <sub>2</sub> de emitido (kg de CO <sub>2</sub> / día)
Diésel	47 km	3,91 l	2,61 kg	10,20 kg	30	306 kg
	39 km	3,25 l	2,61 kg	8,48 kg	30	245,47 kg
Biodiésel B2	47 km	3,91 l	2,08 kg	8,13 kg	30	243,9 kg
	39 km	3,25 l	2,08 kg	6,76 kg	30	202,8 kg

Si se incorporara cada día 214,8 litros de biodiésel B2 al estimado del total de buses pertenecientes al Cantón Baños de Agua Santa (30 buses), suponiendo que 15 buses recorren el tramo Baños – Mera y otros 15 el tramo Riobamba – Baños, se podría tener un ahorro total de 104,77 kg de CO<sub>2</sub>/ día o bien 3.143,1 kg CO<sub>2</sub>/ mes.

Disminución de CO <sub>2</sub>	
Tramo	Disminución de CO <sub>2</sub> por el uso de B2
Baños – Mera 47 km	62,1 kg CO <sub>2</sub> / día
Riobamba – Baños 39 km	42,67 kg de CO <sub>2</sub> / día

### Disminución de CO<sub>2</sub> por la incorporación de biodiésel B2 en Galápagos

El transporte desde el aeropuerto Baltra hasta el Puerto Ayora en la Isla Santa Cruz, es uno de los recorridos más frecuentes en Galápagos. Si se incorporara 116,1 litros de biodiésel 30 buses que realizan este trayecto, podría existir una disminución de CO<sub>2</sub> de 61,9 kg de CO<sub>2</sub>/ día, es decir; 1.857 kg CO<sub>2</sub>/ mes. Además, si se incorporará 500 litros de biodiésel al parque automotor en general, podría reducirse aproximadamente 266,58 kg de CO<sub>2</sub>/ día.

Combustible	Km recorridos	Litros de combustible necesario para recorrer tramo	Emisión CO <sub>2</sub> /litro	Cantidad total CO <sub>2</sub> emitido por vehículo	Vehículos (buses a motor diésel)	Cantidad total CO <sub>2</sub> emitido (kg de CO <sub>2</sub> / día)
Diésel	46,6 km	3,87 l	2,61 kg	10,10 kg	30	303 kg
Biodiésel B2	46,6 km	3,87 l	2,08 kg	8,04 kg	30	241,2 kg
<b>Disminución de CO<sub>2</sub></b>						61,9 kg

## Producción de Biodiésel

Según el tipo de planta de procesamiento de biodiésel, se podría obtener;

Planta de Procesamiento		Producción de Biodiésel
Propuesta 1	Central Biodiésel BIO800	Capacidad de producir 800 l por batch hasta 9600 litros cada 24 horas
Propuesta 2	Bioenergy BIOE 200	Capacidad de producir 200 l por batch hasta 1600 litros cada 24 horas

Ya que se pretende expandir la recolección de aceite en los pueblos y ciudades aledañas, se recomienda tomar en consideración la propuesta 1. Así que los análisis han sido realizados con los datos necesarios para producir biodiésel con la tecnología que ofrece el Central Biodiésel BIO800.

### Análisis Económico

El análisis económico se ha realizado suponiendo la producción mínima de biodiésel de 800 litros diarios.

Se propone una inversión a 5 años, en donde se invierta con financiación bancaria de 80% y cofinanciación con otro ente del restante 20%, todo esto a una tasa de actualización de la inflación a 15%. Se debe recordad que el precio de venta por galón sería de \$ 3,50 dólares.

EQUIPOS			
Camioneta para recoger aceite quemado (2 ton)	15.000,00		
Reactor			
reactor 800 l/día (importado)	57.450,45		
bombas	1.500,00		
filtro	700,00		
varios	1.000,00		
Tanques			
Tanque de almacenamiento 10390	20.000,00		
Tanque de filtrado 10390	22.000,00		
Tanque de almacenamiento biodiésel 1000 * 2tanques	1.000,00		
Tanque de recolección punto verde	1.000,00		
<b>Infraestructura</b>			
Galpón	8.700,00		
<b>Total inversión</b>			<b>128.350,45</b>

<b>O &amp; M</b>			
	<b>Mensual</b>		<b>Anual</b>
Químicos	1.434,59		17215,10
Combustible, lubricantes, mantenimiento vehículo	1.742,20		20906,40
Arriendo de terreno	800,00		9600,00
Costo de aceite usado	1,34		16,04
<b>PERSONAL</b>			0,00
Chofer	479,31		5751,75
Operador de Planta	509,18		6110,20
Ingeniero de Planta	748,15		8977,80
Seguridad	628,67		7544,00
Limpieza	479,31		5751,75
Administración y comercialización	1.496,30		17955,60
CIE	0,00		0,00
<b>Total O&amp;M</b>	<b>8.319,05</b>		<b>99828,63</b>
<b>Depreciación de la inversión en años:</b>	5		25670,09
<b>Costo anual de la planta (O&amp;M + Depreciación)</b>			<b>125498,72</b>
<b>Producción biodiésel diario, (galones)</b>	300,00		
<b>Días de producción al año</b>	240,00		
<b>Producción anual (galones)</b>			<b>72000</b>
<b>Precio de venta por galón (US\$)</b>	3,50		
<b>Ventas anuales (US\$)</b>			<b>252000,00</b>
<b>Utilidad CIE ( ventas menos costo anual)</b>			<b>126.501,28</b>
<b>Rentabilidad sobre la inversión</b>			<b>0,99</b>
<b>Tasa de actualización</b>	14%		
<b>Financiamiento Banco 80%</b>			102110,015
<b>Co financiamiento 20% con crédito (5 años, 15% p.a)</b>			25527,5037
<b>Gastos financieros</b>			7615,25

### *Flujo de caja anual del proyecto*

Rubros	Años					
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>168.000</b>	<b>168.000</b>	<b>168.000</b>	<b>168.000</b>	<b>168.000</b>
<b>Ventas en el País</b>		168.000	168.000	168.000	168.000	168.000
<b>Exportaciones</b>						
<b>Otros Ingresos</b>						
<b>EGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>133.114</b>	<b>133.114</b>	<b>133.114</b>	<b>133.114</b>	<b>133.114</b>
<b>Costos Fijos de Producción</b>		81.873	81.873	81.873	81.873	81.873

<b>Costos Variables de Producción</b>						
<b>Gastos de Adm. Ventas y Comercialización</b>		17.956	17.956	17.956	17.956	17.956
<b>Gastos financieros</b>		7.615	7.615	7.615	7.615	7.615
<b>Depreciaciones y Amortizaciones</b>		25.670	25.670	25.670	25.670	25.670
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	<b>0</b>	<b>34.886</b>	<b>34.886</b>	<b>34.886</b>	<b>34.886</b>	<b>34.886</b>
<b>Impuesto a la Renta de Actividades Económicas (IRAE)</b>	0	8.722	8.722	8.722	8.722	8.722
UTILIDAD DESPUÉS DE IMPUESTO	<b>0</b>	<b>26.165</b>	<b>26.165</b>	<b>26.165</b>	<b>26.165</b>	<b>26.165</b>
<b>Depreciaciones y Amortizaciones</b>	0	25.670	25.670	25.670	25.670	25.670
INVERSIONES	<b>127.638</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Implantación del Proyecto</b>	102.680					
<b>Escalamiento Productivo</b>						
<b>Terreno e Inmuebles</b>						
<b>Capital de Trabajo</b>	24.957					
<b>Recuperación de la Inversión</b>						
FLUJO NETO DE CAJA	<b>-127.638</b>	<b>51.835</b>	<b>51.835</b>	<b>51.835</b>	<b>51.835</b>	<b>51.835</b>

<b>TIR</b>
29%
<b>VAN</b>
50.314,89

## Venta de subproductos (Glicerina)

La venta del valor agregado de la glicerina tiene ya un mercado establecido en el mismo cantón de Baños, para la ganadería. En el mercado actual, se paga como mínimo aproximadamente \$200 dólares por cada 1000 kg de glicerina. Costo al cual se vendería el subproducto de la planta de biodiésel.

## Conclusiones

- Reducción de salida de capital del país, al reemplazar la importación de diésel y consecuentemente la producción de biodiésel.

- Con la implementación de una tecnología de transesterificación para el aceite usado producto de las actividades de comercialización del cantón de Baños se mejora la matriz productiva, porque se genera un producto de mayor valor agregado y se realizan inversiones en industrialización.
- Dado que los combustibles están regulados por el estado ecuatoriano, sin el apoyo de un ente regulador, el mercado de biocombustible sería inexistente, ya que el precio de biodiésel es más alto que el diésel.
- De manera general, el Ecuador tiene un déficit de plantas de producción de biodiésel. Existen pocas y la mayoría de estas son a escala de experimentación.
- Las leyes del Ecuador necesitan establecer y profundizar la legislación en cuanto a las energías renovables, específicamente en cuanto a la producción de biodiésel por medio de aceites reciclados. Es imprescindible una normalización de la comercialización de dicho recurso y sobretodo es necesario impulsar mediante decretos la incorporación de nuevas tecnologías con el fin de desincentivar el uso de la energía convencional proveniente de hidrocarburos.
- Mediante Decreto Ejecutivo No. 270, se declaró a las Islas Galápagos en riesgo y de prioridad nacional de protección y manejo ambiental del ecosistema, asumiendo un desarrollo sostenible y de conservación. Parte de este compromiso, es el proyecto "Cero combustibles fósiles en Galápagos". Para ayudar a cumplir este objetivo, el presente documento, expone la propuesta del uso de biodiésel en la Isla Santa Cruz, una de las islas más concurridas en el archipiélago. Se propone el uso de biodiésel B2 en los buses que realicen trayectos de 46,6 km desde el Aeropuerto Baltra hacia el Puerto Ayora. Si se incorpora el biocombustible a 30 buses, se disminuiría 61,9 kg de CO<sub>2</sub>/día. Y si se incorporase 500 litros de biodiésel en el parque vehicular en general, se reduciría 266,58 kg de CO<sub>2</sub>/día.
- El transporte del biodiésel hacia el archipiélago de Galápagos, se realizaría de la misma manera y conjuntamente con el diésel que transporta la empresa Petrocomercial. Es posible escoger entre 3 rutas de transportación, pero se recomienda escoger la ruta 2 (Guayaquil-Puerto Ayora) por la facilidad de llegada a la misma isla donde se propone el uso del biodiésel.
- En Baños de Agua Santa existe una grave problemática ambiental derivada del uso de aceites vegetales de fritura. La mala disposición de este residuo impacta directamente en los ríos del cantón, ya que las personas depositan el aceite usado

por los ductos que dirigen el aceite hacia las alcantarillas, y como en el cantón no existe aún un tratamiento de aguas residuales, toda la carga de contaminación se deposita directamente en los cuerpos acuáticos, destruyendo el ecosistema. Además, el aceite desechado también se lo incorpora en la cadena alimenticia, ya que los moradores del cantón utilizan este residuo como alimento para el ganado, específicamente para los cerdos. Esta actividad promueve la aparición de células cancerígenas cuando la cadena alimenticia llega al ser humano.

- Se determinó un tamaño de muestra de 71 establecimientos para realizar las encuestas de un tamaño de universo de 197 establecimientos dedicados a la comercialización de comidas. Esta muestra tuvo un margen de error de 9.4% y un nivel de confianza de 95%.
- Se determinó que un solo establecimiento produce en promedio 3,19 litros / día de aceite vegetal usado. Según la distribución de Weibull, un establecimiento no podía producir más de 15 litros/día, ni tampoco menos de 3 litros / día.
- El aceite vegetal desechado tiene varios backgrounds (girasol 19%, soya 23%, palma 37%, maíz 16% y oliva 5%).
- La disposición final que da el usuario al aceite vegetal quemado es la siguiente; (Lo elimina por el desagüe 19%, Lo recoge en un recipiente 30%, Se lo da a algún gestor autorizado 2%, Lo arroja a la yerba o el pasto 3%, Lo incorpora a la comida de los cerdos 22%, Lo arroja directo a la basura 20%, Lo usa como combustible 2%, Lo consume todo 2%, Lo vende 2%.
- La ciudadanía en el cantón está dispuesta a reciclar su aceite en 82%, siempre y cuando se la realice por un gestor autorizado y no incremente los pagos de impuestos.
- La cantidad de aceite desechado por los establecimientos registrados en el catastro de la Jefatura Ambiental en el cantón de Baños de Agua Santa es de 275,20 litros /día de aceite quemado de cocina, es decir, 8.256,05 l/mes.
- El diseño del tanque de almacenamiento ha sido dimensionado para que contenga el aceite de todo un mes, es decir de 8.256 m<sup>3</sup>. La altura del tanque se calculó debería tener 2,5 m y un volumen para que pueda almacenar 10,39 m<sup>3</sup>, tomado en consideración un 15% de sobredimensionamiento, recomendado por las normas ATEX.

- Al contrario de exportar el aceite usado producido en el país, se debería producir biodiésel dentro del territorio ecuatoriano, así se podrían disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen al transportar el aceite vegetal desechado hacia Holanda. Se determinó una disminución de 1.923.902,16 gr de CO<sub>2</sub>. / mes.
- Si se usa el aceite en el mismo cantón de Baños de Agua Santa, incorporándolo a 30 buses que realicen distintos trayectos, se podría disminuir 104,77 kg de CO<sub>2</sub>/ día.
- Se recomienda considerar la propuesta 1 de incorporación de la planta de biodiésel (Central BioDiéselBIO800), debido a que con esta planta se puede expandir a futuro la producción y generar más ganancias. Esta tecnología tiene un costo aproximado de \$ 40.890 dólares, libre de impuestos. La inversión total del proyecto es de \$ 128.350,45 dólares.
- Se ha realizado un flujo de caja para 5 años, con un 80% de financiación bancaria y 20% de cofinanciación, a 14% de tasa de actualización. Los resultados arrojan datos de TIR de 29% y VAN de \$ 50.314,89. Esto si se mantiene una producción diaria de 200 galones de biodiésel. Lo que significa que se debe tener 800 litros diarios de aceite para transesterificación. Es decir, que el proyecto es viable.



## Bibliografía

1. ANCUPA - Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana. (2006). Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional y Biodiésel: el nuevo mercado del aceite de palma. Recuperado el 18/10/2017 de <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Atlas%20de%20Bioenergia%20y%20Combustibles%202.pdf>
2. ARCONEL – Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2016). Energías Renovables. Recuperado el 08/12/2017 de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/>
3. Asamblea Constituyente. (2008). Constitución del Ecuador. Recuperado el 18/10/2017 de [http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf)
4. ASTM. (2017). ASTM establece las normas para el biodiésel. Recuperado el 18/09/2017 de [https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson\\_spjf09.html](https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson_spjf09.html)
5. Banco Central del Ecuador. (2016). Cifras del Sector Petrolero ecuatoriano. Recuperado el 9/10/2017 de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cspe2016110.pdf>
6. Barriga A. (2007). Producción y Uso de Aceites vegetales y Biodiésel en Ecuador. Recuperado 23/10/2017 de <http://www.cdts.espol.edu.ec/documentos/biodiésel.pdf>
7. Bif (2017). Business Intelligence- Según los cálculos del Ministerio, cada vehículo recorre 226 km diariamente. Recuperado el 3/11/2017 de <https://www.businessintelligence.info/varios/calculo-ministerio-110kmh.html>
8. Cárdenas C. (2017). *Selección y Caracterización morfológica de una cepa de microalga ecuatoriana para producción de biodiésel a escala piloto*. UDLA. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias.
9. Castellar G., Angulo E., y Cardozo B. (2014). Transesterification vegetable oils using heterogeneous catalysts. Recuperado el 05/12/2017 de <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v12n2/v12n2a10.pdf>
10. CEDA – Cetro Ecuatoriano de Derecho Ambiental. (2012). Reflexiones en torno al desarrollo de los biocombustibles en Ecuador. Recuperado 23/10/2017 de <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocombustibles/Otros/CEDA%20Reflexiones%20desarrollo%20Biocombustibles%20Ecuador.pdf>
11. Chatham. (2017). Energía Renovable en Las Islas Galápagos. Recuperado 23/10/2017 de <http://grandhotelchatham.com.ec/2017/04/08/>
12. Dueñas D. (2014). Emisiones Reguladas: estudio y clasificación base a la metodología Network for Transport and the Environment (NTM) en el sistema de transporte vehicular de las islas Santa Cruz y San Cristóbal. Recuperado 23/10/2017 de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2695/1/109111.pdf>
13. ELECGALAPAGOS. (2016). Proyectos. Recuperado 23/10/2017 de <http://www.elecgalapagos.com.ec/proyectos>

14. Fedepal. (2012). La Fabril llena más tanques con biodiésel. Recuperado el 23/10/2017 de <http://www.revistalideres.ec/lideres/fabril-llena-tanques-biodiésel.html>
15. Fernández N. (2011). EMISIONES DE CO2 EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR MAR DE 1 TONELADA DE TOMATES. Recuperado el 27/11/2017 de [http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/13909/mod\\_resource/content/0/Emisiones%20de%20CO2%20Transporte%20de%20Mercanci%CC%81as.pdf](http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/13909/mod_resource/content/0/Emisiones%20de%20CO2%20Transporte%20de%20Mercanci%CC%81as.pdf) MEER – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2012). Producción de Aceite de Piñón para Plan Piloto de Generación Eléctrica en Galápagos. Recuperado el 05/12/2017 de <http://www.energia.gob.ec/produccion-de-aceite-de-pinon-para-plan-piloto-de-generacion-electrica-en-galapagos/>
16. GADCBAS - GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA. (2014). DIAGNÓSTICO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA. Recuperado el 20/09/2017 de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1860000480001\\_Diagn%C3%B3stico%20GADBAS%20VF\\_16-03-2015\\_03-31-23.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1860000480001_Diagn%C3%B3stico%20GADBAS%20VF_16-03-2015_03-31-23.pdf)
17. GEI (2017). Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero. Recuperado el 27/11/2017 de <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>
18. González I. & González J. (2017). Aceites usados de cocina. Problemática Ambiental, incidencias en redes de saneamiento y coste del tratamiento en depuradoras. Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia. Recuperado el 9/10/2017 de <http://residusrecursos.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>
19. Guo F., Zhao A., and Yang X. (2016). *Life cycle assessment of microalgae based aviation fuel: Influence of lipid content with specific productivity and nitrogen nutrient effects*. Bioresour Technol, 221, 350-357. doi: 10.1016/j.biortech.2016.09.004
20. Guzman M. (2012). Manual de diseño para sistemas de tuberías y tanques atmosféricos de techo fijo. el 10/10/2017 de <http://159.90.80.55/tesis/000159147.pdf>
21. Hemmat Y., Ghobadian B., Loghavi M., Kamgar S. y Fayyazi E. (2013). Biodiésel Fuel Production From Residual Animal Fat as An Inedible And Inexpensive Feedstock. IRJABS. doi. ISSN 2251-838X / Vol, 5 (1): 84-91. Recuperado el 18/09/2017 de [http://www.irjabs.com/files\\_site/paperlist/r\\_1405\\_131008162543.pdf](http://www.irjabs.com/files_site/paperlist/r_1405_131008162543.pdf)
22. Hernández V., Arriaga L., Niño A., Sampieri A, Pérez A. (2015). OBTENCIÓN DE BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITE QUEMADO DE COCINA POR EL MÉTODO ÁCIDO-BASE. Recuperado 23/10/2017 de [http://buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/red\\_ambiental/resources/PDFContent/26/OBTENCIÓNDEBIODIÉSELAPARTIRDEACEITEQUEMADODECOCINAPORELMETODOACIDO.pdf](http://buap.mx/portal_pprd/work/sites/red_ambiental/resources/PDFContent/26/OBTENCIÓNDEBIODIÉSELAPARTIRDEACEITEQUEMADODECOCINAPORELMETODOACIDO.pdf)
23. IICA – Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2007). Regulaciones políticas Ecuador. Recuperado el 23/10/2017 de <http://www.iica.int/es/countries/ecuador>
24. INATEC – INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO. (2016). MANUAL DEL PROTAGONISTA, NUTRICIÓN ANIMAL. Recuperado el 9/10/2017 de

- [https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual\\_de\\_Nutricion\\_Animal.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Nutricion_Animal.pdf)
25. INEC. (2010). Disposición de la basura por parroquias. Recuperado el 20/09/2017 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
  26. Intelifuel, (2012). Planta de producción de biodiésel. Recuperado 23/10/2017 de <https://www.manta.com/c/mxcpk6b/intelifuel-cia-ltda>
  27. Jefatura Ambiental- GAD de Baños de Agua Santa. (2017). Propuestas para la gestión del aceite vegetal desechado.
  28. La Hora. (2002). Galápagos: aumenta consumo de combustible. Recuperado 23/10/2017 de <https://lahora.com.ec/noticia/1000092185/home>
  29. Largas P. y Puerto J. (2001). Población y muestra. Técnicas de muestreos. Management Mathematics for European Schools- MaMaEuSch. Recuperado el 20/09/2017 de [http://optimierung.mathematik.uni-kl.de/mamaesch/veroeffentlichungen/ver\\_texte/sampling\\_es.pdf](http://optimierung.mathematik.uni-kl.de/mamaesch/veroeffentlichungen/ver_texte/sampling_es.pdf)
  30. Li, Y.H., Liu, B., Zhao, Z.B., Bai, F.W. (2007). High-density cultivation of oleaginous yeast *Rhodospiridium toruloides* Y4 in fed-batch culture *Enzyme Microbial Technol.* doi: 41 (3): 312-317. 2007. Recuperado el 18/09/2017 de <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223123848004.pdf>
  31. Macías V. (2016). Petroecuador garantiza normal abastecimiento de combustible en Puerto Ayora. Recuperado 23/10/2017 de <http://www.elciudadano.gob.ec/petroecuador-garantiza-normal-abastecimiento-de-combustible-en-puerto-ayora/>
  32. Márquez L. (2013). Diseño de un sistema para la gestión de aceites vegetales usados en cañete para producir biodiésel. Recuperado el 9/10/2017 de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2015/ING-L\\_003.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2015/ING-L_003.pdf?sequence=1)
  33. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2011). Registro Oficial 386: 2011. Recuperado 23/10/2017 de [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/SPTMF\\_resol\\_carga\\_gye-galapagos.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/SPTMF_resol_carga_gye-galapagos.pdf)
  34. Minitab. (2017). Distribución de Weibull. Recuperado el 27/09/2017 de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/probability-distributions-and-random-data/supporting-topics/distributions/weibull-distribution/>
  35. NOAA. (2011). NOAA PROVIDES OIL EXPERTISE IN GALAPAGOS ISLANDS SPILL. Recuperado 23/10/2017 de <http://www.noaanews.noaa.gov/stories/s569.htm>
  36. OCU (2016). Información general sobre la emisión de CO2 de los vehículos y los objetivos de reducción fijados por la UE Recuperado el 3/11/2017 de <https://www.ocu.org/toda-la-informacion?type=magazine-articles>
  37. Papanikolaou, S., Aggelis, G. (2002). Lipid production by *Yarrowia lipolytica* growing on industrial glycerol in a single-stage continuous culture *Bioresour Technol.* doi: 82 (1): 43-49. 2002 45.
  38. Paredes V. – OLADE Subgerencia. (2015). ESTADO DEL DESARROLLO DE BIOCOMBUSTIBLES EN EL ECUADOR. Recuperado 23/10/2017 de

- <http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/06/3-VICTOR-PAREDES-ESTADO-DEL-DESARROLLO-DE-BIOCOMBUSTIBLES-EN-EL-ECUADOR-.pdf>
39. Pinzón L. (2010). DIOXINA EN LOS ALIMENTOS, RIESGO EN LA SALUD DE LOS CONSUMIDORES. Recuperado el 9/10/2017 de <http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/1516/1/2010-02P-05.pdf>
  40. Pro Ecuador. (2015). Biocombustibles. Recuperado el 3/11/2017 de <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Perfiles-de-Inversiones-Promocion-de-Inversiones/Perfiles-de-Inversion/Biocombustibles.pdf>
  41. Raqeeb M. (2015). Biodiésel production from waste cooking oil. Department of Chemical Engineering, SRM University, Chennai, India. 7(12):670-681. Recuperado el 3/11/2017 de <http://www.jocpr.com/articles/biodiésel-production-from-waste-cooking-oil.pdf>
  42. Recalde. (2011). PLANTA EXPERIMENTAL DE BIODIÉSEL EN ECUADOR. Recuperado 23/10/2017 de <https://biodiésel.com.ar/3685/planta-experimental-de-biodiésel-en-ecuador>
  43. Registro Oficial N° 753 de la República del Ecuador. (2016). Secretaría Técnica de Drogas. Recuperado el 3/11/2017 de <http://www.prevenciondrogas.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/Reglamento-para-el-control-de-sustancias-catalogadas-sujetas-a-fiscalizacio%C2%A6%C3%BCn.pdf>
  44. Rentz D. (2011). Subproductos de Biodisel. Recuperado el 27/09/2017 de <http://biodiéselq2.blogspot.com/2012/07/subproductos.html>
  45. Santana H. (2017). Vocero La Fabril. Biodiésel. Recuperado el 3/11/2017 de <https://www.lahora.com.ec/noticia/1101310430/falta-de-normativa-limita-al-biodic3a9sel>
  46. Sardiñeira. (2015). Departamento de Química. Obtención de Biodiésel por vía enzimática. Recuperado el 05/12/2017 de [http://www.edu.xunta.gal/centros/iessardineira/system/files/Proyecto%20Dual\\_BDV E2015.pdf](http://www.edu.xunta.gal/centros/iessardineira/system/files/Proyecto%20Dual_BDV E2015.pdf)
  47. Searates. (2017). Embarcaciones desde Ecuador hacia Holanda. Recuperado el 27/11/2017 de [https://www.searates.com/es/reference/portdistance/?A=ChIJX4BV6MsTLZARc6T89JKkFYA&K=ChIJ2RAyCALNxUcRxjicHbEk5V0&D=21247&G=11175&shipment=6&wagon=CP&product=100002827&weight=1&volume=1&weight\\_unit=MT&volume\\_unit=CBM&container=20st&bulk-weight=3000&bulk-weight-unit=MT&stowage-factor=45&stowage-factor-unit=KG&mode=&tr\\_a=rail&tr\\_k=rail&](https://www.searates.com/es/reference/portdistance/?A=ChIJX4BV6MsTLZARc6T89JKkFYA&K=ChIJ2RAyCALNxUcRxjicHbEk5V0&D=21247&G=11175&shipment=6&wagon=CP&product=100002827&weight=1&volume=1&weight_unit=MT&volume_unit=CBM&container=20st&bulk-weight=3000&bulk-weight-unit=MT&stowage-factor=45&stowage-factor-unit=KG&mode=&tr_a=rail&tr_k=rail&)
  48. Secretaría de Ambiente Quito. (2017). Vocero Master T. Knust. Entrevista.
  49. Sión V. (2017). Ministerio de Industria Ecuador. Recuperado el 3/11/2017 de <https://www.lahora.com.ec/noticia/1101310430/falta-de-normativa-limita-al-biodic3a9sel>
  50. Terrones D. (2015). Clasificación de los alimentos y forrajes. Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Recuperado el 9/10/2017 de <https://es.scribd.com/document/325558815/Clasificacion-de-los-alimentos-y-forrajes>

51. Tong D, Hu C, Jiang K, Li Y. (2011). Cetane number prediction of biodiésel from the composition of the fatty acid methyl esters. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 88: 415–423.
52. UAB – Universidad Autónoma de Barcelona. (2016). Manual de Cálculos. Recuperado el 10/10/2017 de [https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG\\_VamIndustry\\_v11.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf)
53. UAB- Universidad Autónoma de Barcelona. (2004). El consumo excesivo de grasas animales y aceites vegetales acelera el cáncer de mama. Recuperado el 9/10/2017 de <http://servicios.laverdad.es/panorama/reportaje211004-4.htm>
54. UB – Universitat de Bcelona. (2009). La distribución de Weibull. Recuperado el 27/09/2017 de <http://www.ub.edu/stat/GrupsInnovacio/Statmedia/demo/Temas/Capitulo4/B0C4m1t9.htm>
55. UGR – Universidad de Granada. (2016). Diseño de tanques de almacenamiento. Recuperado el 15/10/2017 de [D:/~aulavirtualpfc/q/descargas/documentos/Disenio\\_Tanques\\_Almacenamiento.pdf](D:/~aulavirtualpfc/q/descargas/documentos/Disenio_Tanques_Almacenamiento.pdf)
56. Valdesas – Aceite de las Valdesas. (2017). Densidad del Aceite. Recuperado el 10/10/2017 de <https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/varios/densidad-del-aceite/>
57. Vargas I. (2017). Servidores turísticos de Baños de Agua Santa contentos por la gran afluencia de turistas. Recuperado el 08/12/2017 de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/11/03/nota/6463873/servidores-turisticos-banos-agua-santa-contentos-gran-afluencia>
58. WHO – World Health Organization (2016). La mayor parte de las muertes por factores medioambientales se deben a las enfermedades no transmisibles. Recuperado el 9/10/2017 de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/deaths-attributable-to-unhealthy-environments/es/>
59. WHO – World Health Organization (2016). Las dioxinas y sus efectos en la salud humana. Recuperado el 9/10/2017 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/es/>

## Anexos

### Anexo 1



CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN ENERGÉTICA

Quito, 18 de septiembre de 2017  
CIE-034- 2017

Magister  
Marlon Fabricio Guevara Silva  
**ALCALDE GAD BAÑOS DE AGUA SANTA,**  
Baños de Agua Santa

De mi consideración:

La Corporación para la Investigación Energética, CIE, entidad sin fines lucro, que entre uno de sus postulados tiene la investigación, está auspiciando el proyecto de tesis de la Universidad de Zaragoza, cuyo tema de investigación es "Estudio de factibilidad de la recolección de aceite vegetal usado e incorporación de una planta de biodiesel en el Cantón de Baños de Agua Santa".

Para el desarrollo de la investigación, es necesario realizar el levantamiento de información de la cantidad de litros de aceite vegetal que desechan los restaurantes, hoteles y la comunidad del cantón, por lo que, solicito la ayuda del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón de Baños de Agua Santa, la Cámara de Comercio y Dirección Ambiental, para el levantamiento de dicha información. Para cumplir este objetivo, será necesario el listado de los establecimientos mencionados y la participación de estudiantes que requieran horas de pasantías en el Municipio, quienes podrían realizar las encuestas durante 2 días junto con la tesista.

El trabajo de campo con los estudiantes sería encuestar a los establecimientos mencionados y posteriormente ponderar la cantidad de litros desechados y establecer la cuantía para poder dimensionar la planta del procesamiento de biodiesel, la cual, dependiendo de los resultados obtenidos y la búsqueda de financiamiento podrían construirse en un futuro.

Se conoce que existe una propuesta para enviar los aceites usados a través de los gestores autorizados a Holanda con el objetivo de elaborar biodiesel en ese país y otros gestores dedicados a la producción de balanceado para aves. Solución no tan aceptable por el tema de aumento de la huella de carbono, la incorporación al ciclo alimenticio y consecuencias de cáncer.

El proyecto tiene los siguientes beneficios para el Cantón:

- Adecuada disposición final de residuos de aceite vegetal
- Disminución de la problemática ambiental

Al ser arrojado el aceite directamente hacia las cañerías, estas mismas se degradan y además el residuo llega a las aguas servidas, que pese a tener algún tratamiento previo, es difícil separar los lípidos del aceite y el agua, causando degradación de los ríos y toda la cadena. Además, están las emisiones de CO<sub>2</sub>, que reciclando el aceite podrían disminuirse.

- Turismo ambientalmente responsable

Atentamente,

Ing. Alfredo Mena Pachano  
DIRECTOR EJECUTIVO

## Anexo 2



Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal  
**Cantón Baños de Agua Santa**

Oficio Nro. GADBAS-A-2017-0540-O

Baños de Agua Santa, 29 de septiembre de 2017

**ASUNTO:** CONTESTACION A PEDIDO DE AUTORIZACION PRA APLICACION DE INVESTIGACION

Ingeniero  
Alfredo Mena Pachano  
**Director Ejecutivo**  
**CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN ENERGÉTICA CIE**  
En su Despacho

De mi consideración:

Me es grato llegar con un cordial saludo.

En atención al oficio CIE-034-2017, enviado por usted en calidad de Director de Ejecutivo de la Corporación para la investigación energética, dando a conocer el proyecto de tesis de la Universidad de Zaragoza, cuyo tema de investigación es "Estudio de factibilidad de la recolección de aceite vegetal usado e incorporación de una planta de biodiesel en el Cantón Baños de Agua Santa"; al respecto autorizo el pedido y solicito se coordine acciones con los señores Ingenieros: Verónica Silva, Directora de Turismo Sostenible; y, Carlos León, Jefe de Medio Ambiente.

Particular que pongo en conocimiento para los fines consiguientes.

Atentamente,

Mgs. Marlon Fabricio Guevara Silva  
**ALCALDE**

Anexos:  
- oficio\_cie-034-2017.pdf

Copiar:  
Señor Ingeniero  
Carlos Alberto Leon Loza  
**Jefe de Medio Ambiente**  
  
Señora Ingeniera  
Veronica Gabriela Silva Barrionuevo  
**Directora de Turismo Sostenible Enc.**

ng

# Anexo 3



Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal  
Cantón Baños de Agua Santa



Universidad  
Zaragoza

## Encuesta para información base Factibilidad de reciclaje de aceite vegetal de cocina

Fecha \_\_\_\_\_

Nº	Tipo de Actividad	Razón Social	Propietario	Dirección	Telf.
	Alimentación				

**1. ¿Cuántos litros de aceite usa al día?**

\_\_\_\_\_ l/día

**2. ¿Qué tipo de aceite usa?**

Colza    Soya    Girasol    Canola    Oliva    Palma    Maíz  
otro \_\_\_\_\_

**3. ¿Qué hace con el aceite?**

-Lo elimina por el desagüe  
-Lo recoge en un recipiente  
-Se lo da a algún gestor autorizado  
-Otro uso \_\_\_\_\_

**4. ¿Estaría dispuesto a reciclar su aceite usado?**

Sí                                  No

**5. ¿Estaría dispuesto a entregar su aceite usado a un gestor autorizado?**

Sí                                  No

**6. ¿Cuántos litros de aceite desecha al día / mes?**

\_\_\_\_\_ l / día    l / mes



Anexo 4

Nº de serie en el catastro de restaurantes de Baños	nº	Aceite desechado l/día
1	1	0,50
2	2	0,50
4	3	0,00
5	4	0,50
6	5	5,00
7	6	2,00
13	7	1,00
18	8	8,00
23	9	0,25
24	10	2,00
33	11	0,50
35	12	1,50
36	13	0,25
42	14	6,00
43	15	0,50
44	16	2,50
46	17	0,50
49	18	5,00
62	19	0,00
63	20	5,00
64	21	1,43
76	22	0,25
77	23	2,00
80	24	0,00
81	25	1,00
82	26	2,00
83	27	0,50
84	28	0,25
85	29	0,00

88	30	1,00
91	31	0,50
93	32	0,57
95	33	0,70
96	34	2,67
99	35	0,00
101	36	0,50
102	37	0,25
105	38	3,00
106	39	3,00
109	40	2,00
110	41	7,00
111	42	0,00
112	43	0,00
113	44	1,00
115	45	0,25
119	46	0,50
120	47	1,00
121	48	1,40
123	49	2,00
125	50	0,50
138	51	1,50
142	52	0,50
151	53	2,00
157	54	0,20
158	55	0,50
161	56	1,14
168	57	0,34
173	58	0,67
175	59	2,00
176	60	0,50
182	61	4,00
185	62	0,25
186	63	2,00
187	64	1,00
189	65	1,50
190	66	0,50
191	67	0,25
194	68	0,50
195	69	0,50
196	70	0,57
197	71	2,00

Anexo 5 - Distribución de Weibull

Aceite desechado l/día	Probabilidad
0	0
0,5	0,4817646
1	0,29646014
1,5	0,19857063
2	0,13855573
2,5	0,09917284
3	0,07226792
3,5	0,05338164
4	0,03985849
4,5	0,03002617
5	0,02278909
5,5	0,01740798
6	0,0133725
6,5	0,01032381
7	0,00800576
7,5	0,00623323
8	0,00487095
8,5	0,00381919
9	0,0030038
9,5	0,00236926
10	0,00187375
10,5	0,00148556
11	0,00118053
11,5	0,00094019
12	0,00075033
12,5	0,00059998
13	0,00048065
13,5	0,00038573
14	0,00031007
14,5	0,00024965

15	0,00020131
15,5	0,00016257
16	0,00013147
16,5	0,00010646
17	8,6316E-05
17,5	7,0073E-05
18	5,6955E-05
18,5	4,6346E-05
19	3,7755E-05
19,5	3,079E-05
20	2,5136E-05

Anexo 6 – Formulario para el uso de NaOH según el COSEP

<b>Actividad</b>	<b>Requisitos Específicos</b>	<b>Requisitos Generales</b>
Producción	1. Capacidad instalada nominal de producción, (kg/año) 2. Capacidad instalada real de producción, (kg/año) 3. Concentración de la sustancia catalogada sujeta a fiscalización producida 4. Procedimiento de elaboración	1. Datos generales de la persona natural o jurídica solicitante, del representante técnico y bodeguero en el caso de requerirlo.
Importación / Exportación	1. Código de operador de Comercio Exterior 2. Permiso de funcionamiento importadoras de principio activos	2. Nombre de la o las sustancias catalogadas sujetas a fiscalización requerida.
Comercialización / Distribución	1. Actividad económica principal (venta de sustancias químicas) 2. Concentración de la sustancia catalogada sujeta a fiscalización a comercializar	3. Infraestructura Física, Técnica y Administrativa. 4. Seguridad Industrial y de Infraestructura.
Prestación de servicios industriales no farmacéuticos	1. Capacidad instalada nominal para el uso. (kg/año) 2. Capacidad instalada real para el uso, (kg/año) 3. Descripción del proceso 4. Concentración de la sustancia catalogada sujeta a fiscalización a usar 5. índice de uso	5, Sistemas de medición de sustancias catalogadas sujetas a fiscalización 6. Mecanismos de Control
Reciclaje	1. Capacidad instalada nominal para reciclar. (kg/año) 2. Capacidad instalada real para reciclar. (kg/año) 3. Descripción del proceso 4. Concentración de sustancia recuperada	
Reutilización	1. Concentración de sustancia reutilizada 2. índice de uso	
Uso	1. Capacidad instalada nominal para uso. (kg/año) 2. Capacidad instalada real para el uso. (kg/año) 3. índice de uso/consumo 4.	

	Concentración de sustancia a usar 5. Formulaciones	
Almacenamiento	1. Capacidad instalada nominal de almacenamiento. (m <sup>3</sup> /año) 2. Capacidad instalada real de almacenamiento. (m <sup>3</sup> /año) 3. Seguridad física e industrial para almacenamiento	
Transporte	1. Tipo de vehículo 2. Capacidad de carga de los vehículos 3. Placa del vehículo 4. Dispositivo de rastreo satelital	

## Anexo 7 – Reactor BIO 800



### Trayectoria

Las unidades BIO son el resultado de más de 15 años de desarrollo e investigación. Las BIO800m8 son elegidas por utilizar el proceso HTP, su robustez, calidad industrial, simpleza y relación precio/calidad.

### La Herramienta Ideal

BIO800m8 puede producir hasta 800 litros por batch (Tanda), utilizando nuestro exclusivo proceso HTP. El proceso High Temperature Pressurized (HTP) permite elaborar biodiesel de calidad ASTM/EN sin necesidad de lavar con agua o resinas. Esta configuración puede ampliarse hasta llegar a 9,600 litros cada 24 horas.



### CARACTERÍSTICAS

- Sistema HTP - Sin Lavado
- Construcción en acero A316 Soldadura TIG
- Mezclador estático propietario de alta performance
- Medidor de flujo de aceite con contador
- Medidor de flujo digital para metanol
- Unidades cerámicas de transferencia de calor
- Terminación con pintura epoxica
- Cumple con EC 4/94 (ATEX)
- Circuitos independientes para Alcohol, Aceite y NaOH
- Manómetro análogo de 4 pulgadas
- Válvula de seguridad pre-calibrada
- Venteo dedicado
- Visor rígido de volumen
- Parada de emergencia
- Termostato Digital
- Termómetro Digital
- Válvulas de bronce con esferas cromadas
- Extensores de válvulas
- Sellos de vitón en válvulas y bombas
- Bomba centrífuga de alto caudal en acero fundido
- Sello de bomba cerámico NB de alta temperatura
- Panel de control aislado
- Circuitos eléctricos con protección independientes
- Cableado de seguridad
- Indicadores de tensión y encendido
- Entrada independiente para aire comprimido
- Cumple con standards internacionales de cableado
- Válvula dedicada para recuperación de metanol
- Filtro de salida con cartucho de 20 micrones
- Válvulas dedicadas para Glicerol y Biodiesel
- Aislado de alta performance
- Tubería de vaciado rígida y transparente

[www.centralbiodiesel.com](http://www.centralbiodiesel.com)  
[sales@centralbiodiesel.com](mailto:sales@centralbiodiesel.com)  
☎ USA: +1.954.889.7246  
☎ ARGENTINA: +54.11.5293.2900



## Anexo 8 – Referencias de cotización de precios

### Costos de Equipamientos e Instalaciones.

Activos Fijos	Valor	Referencia
<b>Camioneta</b>	15.000,00	Toyota Hilux CD 4x4. Recuperado de Patio Tuercas. <a href="https://ecuador.patiotuerca.com/vehicle/autos-toyota-hilux_cd_4x4-ambato-1996/373444">https://ecuador.patiotuerca.com/vehicle/autos-toyota-hilux_cd_4x4-ambato-1996/373444</a>
<b>Reactor</b>		
reactor BIO800 l/día (importado)	40.890,00	CentralBiodiésel – High Temperature Protocol. Recuperado de cotización sales@cantrelbiodoesel.com Argentina de <a href="http://www.centralbiodiésel.com/es/productos/bio800/">http://www.centralbiodiésel.com/es/productos/bio800/</a>
impuestos 10,5%	4.293,45	Impuestos país de expendio de planta. Recuperado de cotización sales@cantrelbiodoesel.com Argentina de <a href="http://www.centralbiodiésel.com/es/productos/bio800/">http://www.centralbiodiésel.com/es/productos/bio800/</a>
Costo de importación 30%	12.267,00	Impuesto extra generado en el país de importación. Aranceles Nacionales, Fondo de Desarrollo para la Infancia, Impuesto a los Consumos Especiales, IVA, Aduana. Recuperado de <a href="https://www.aduana.gob.ec/para-importar/">https://www.aduana.gob.ec/para-importar/</a>
<b>Tanques</b>		
Tanque de almacenamiento 10390	20.000,00	Diseño y Fabricación de Tanques Industriales. Recuperado de <a href="https://profesional.mercadolibre.com.ec/MEC-410758666-diseno-y-fabricacion-de-tanques-_JM">https://profesional.mercadolibre.com.ec/MEC-410758666-diseno-y-fabricacion-de-tanques-_JM</a>
Tanque de filtrado 10390	22.000,00	Diseño y Fabricación de Tanques Industriales. Recuperado de <a href="https://profesional.mercadolibre.com.ec/MEC-410758666-diseno-y-fabricacion-de-tanques-_JM">https://profesional.mercadolibre.com.ec/MEC-410758666-diseno-y-fabricacion-de-tanques-_JM</a>
Tanque de almacenamiento biodiésel 1000 * 2tanques	1.000,00	Diseño y Fabricación de Tanques Industriales. Recuperado de <a href="https://profesional.mercadolibre.com.ec/MEC-410758666-diseno-y-fabricacion-de-tanques-_JM">https://profesional.mercadolibre.com.ec/MEC-410758666-diseno-y-fabricacion-de-tanques-_JM</a>
Tanque de recolección punto verde	1.000,00	Diseño y Fabricación de Tanques Industriales. Recuperado de <a href="https://profesional.mercadolibre.com.ec/MEC-410758666-diseno-y-fabricacion-de-tanques-_JM">https://profesional.mercadolibre.com.ec/MEC-410758666-diseno-y-fabricacion-de-tanques-_JM</a>
<b>bombas</b>	1.500,00	Bombas POMZ. Recuperado de <a href="https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413539131-bomba-centrifuga-3hp-220v-125x1-vertical-8-etapas-pedrollo-_JM">https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413539131-bomba-centrifuga-3hp-220v-125x1-vertical-8-etapas-pedrollo-_JM</a> y <a href="https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413755682-bomba-centrifuga-125hp-220440v-trifasica-marca-pedrollo-_JM">https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413755682-bomba-centrifuga-125hp-220440v-trifasica-marca-pedrollo-_JM</a>
<b>Suministros</b>		



filtro	700,00	Filtros y Membranas de aceite. Recuperado de <a href="https://spanish.alibaba.com/g/vegetable-oil-filters.html">https://spanish.alibaba.com/g/vegetable-oil-filters.html</a>
agitadora	0,00	
varios incluye señalética	1.000,00	Proveedores varios de la zona
Galpón 10x30m2	8.700,00	Costos de Construcción. Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Afines. Recuperado de <a href="http://www.copaipa.org.ar/costos-de-la-construccion/">http://www.copaipa.org.ar/costos-de-la-construccion/</a>

### Costos de Operación

Los salarios del personal en la sección costos de operación, han sido tomados conforme lo estipula el Ministerio de Trabajo del Ecuador. Recuperado de <http://www.trabajo.gob.ec/usd-375-sera-el-salario-basico-que-regira-en-el-2017/>

### Costo de materia prima e insumos

MATERIA PRIMA	Valor por litro	Referencia
<b>Aceite Usado (centavos/litro)</b>	0,10	Valor acordado, según precio en el mercado – Referencia Secretaria de Ambiente Quito
<b>Hidróxido de Sodio NaOH (centavos/kilo)</b>	5,76	Valor cotizado – Casa del Químico Ecuador
<b>Metanol (centavos/kg)</b>	0,95	Valor cotizado – Casa del Químico Ecuador

RUBROS	V.ANUAL	Referencia
<b>Canecas</b>	197	Valor cotizado – Plásticos Ecuador. Recuperado de <a href="http://www.plasticosecuadorianos.com/">http://www.plasticosecuadorianos.com/</a>
<b>Mantenimiento Equipos Planta</b>	3.000	Valor estimado según precio en el mercado
<b>Mantenimiento Vehículo</b>	480	Valor estimado según precio en el mercado y kilómetros recorridos del vehículo
<b>Combustibles Vehículo</b>	622,2	Valor estimado según precio de expendio de combustible – Petroecuador
<b>Llantas</b>	640	Valor estimado según precio en el mercado