



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTROMECAÁNICO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESAMIENTO  
DE ACEITE VEGETAL RECICLADO, EN LA  
GENERACIÓN DE BIODIESEL COMO UNA FUENTE  
DE ENERGÍA RENOVABLE, MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN  
MICRO REACTOR DE REFINACIÓN DE BIODIESEL.

Víctor Santiago Parra Zambonino

# OBJETIVO GENERAL

- Realizar un estudio de factibilidad del procesamiento de aceite vegetal reciclado en la generación de biodiesel como una fuente de energía renovable, mediante la elaboración de un prototipo de micro-reactor.

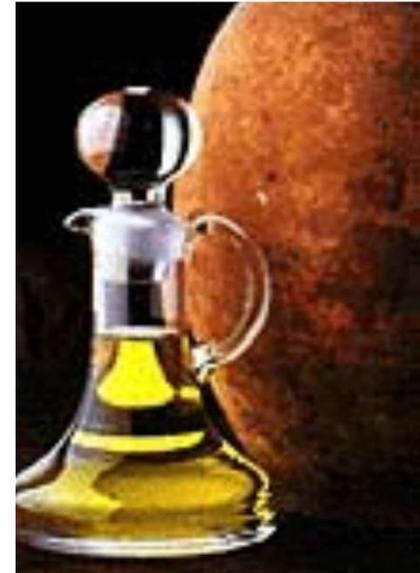
# OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Ponderar la cantidad de aceite de cocina producido como desecho en los diferentes locales de expendio de comidas en la ciudad de Latacunga.
- Diseñar e implementar un prototipo de reactor para el procesamiento de veinte litros de aceite vegetal reciclado demostrando la factibilidad de la producción de biodiésel.
- Comparar los resultados de la producción de biodiesel en una cámara de combustión.



# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS ACEITES

- PUNTO DE FUSIÓN (ácidos grasos)
- CALOR ESPECÍFICO (acorde con la calidad del aceite)
- VISCOSIDAD (proporcional a la cadena de ácidos grasos)
- DENSIDAD (alrededor de 0,9 gr/cc)
- TÍTULO (temperatura de cristalización de sus moléculas)
- POLIMORFISMO (asociado a la cristalización)



# BIOCARBURANTES

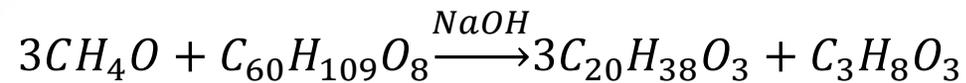
TÉCNICA	
VENTAJAS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor lubricidad.</li> <li>• El motor diésel no requiere modificaciones</li> <li>• Sin modificaciones en la infraestructura de almacenamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca fluidez a bajas temperaturas.</li> <li>• Incompatibilidad con plásticos de origen natural</li> <li>• Mínimas diferencias en potencia en los motores.</li> </ul>
SOCIOECONOMÍA	
VENTAJAS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce la dependencia de combustibles fósiles.</li> <li>• Incentiva la economía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependencia del costo de materias primas.</li> <li>• La generación de co-productos (glicerina) sólo viable para grandes producciones.</li> </ul>
AMBIENTE Y ECOLOGÍA	
VENTAJAS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta biodegradabilidad,</li> <li>• No contiene azufre</li> <li>• No contribuye al incremento de emisiones de carbono</li> <li>• Energía de fuente renovable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede promover la deforestación.</li> <li>• El monocultivo influye en el equilibrio ecológico</li> <li>• Emisiones de óxidos de nitrógeno</li> </ul>
SEGURIDAD, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte y almacenamiento más seguro .</li> <li>• Reduce el peligro de explosiones por emanación de gases.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escasa estabilidad oxidativa, absorbe el agua del ambiente.</li> </ul>

# DISCRIMINACIÓN TÉCNICA ENTRE BIODIESEL Y DIÉSEL

ACORDE A LAS NORMAS ISO

- VISCOSIDAD: biodiesel 30,7 mm<sup>2</sup>/s, diesel 3,1 mm<sup>2</sup>/s
- PODER CALORÍFICO: biodiesel 42000 KJ/Kg, diesel 43000 KJ/Kg

# TRANSESTERIFICACIÓN VÍA ALCALINA



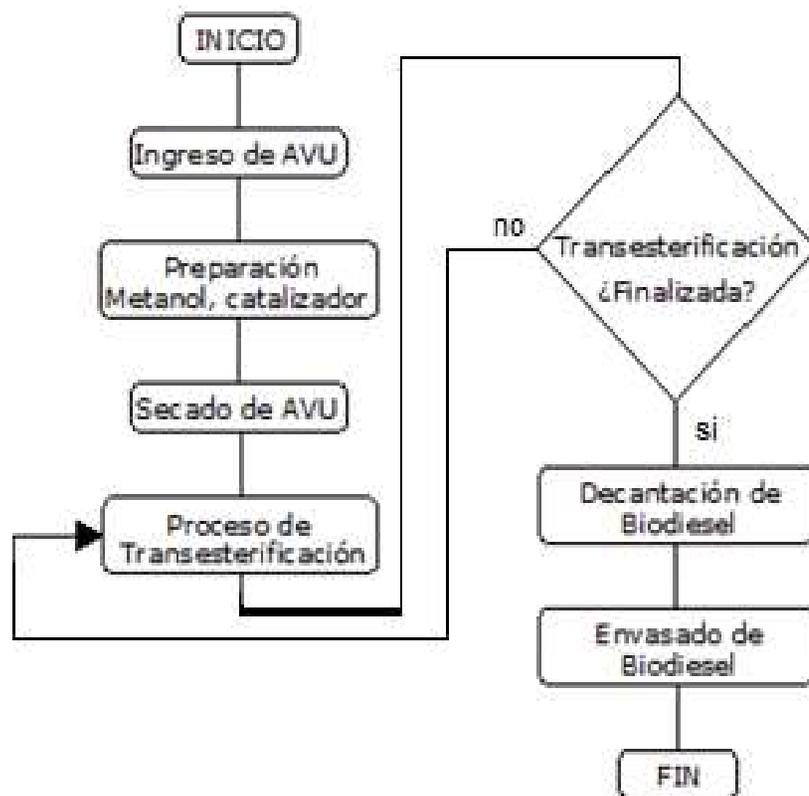
Metanol   Triglicérido   Hidróxido de Sodio   Biodiesel   Glicerol

Características de la transesterificación

Características	Catalizador Alcalino
Temperatura de reacción	50 – 70 °C
Ácidos grasos libres en materiales crudos	Productos saponificados
Agua en materiales crudos	Interfiere con la reacción
Producción de metil ésteres (Biodiesel)	Normal
Recuperación de glicerol (Glicerina)	Difícil
Purificación de metil ésteres	Requiere lavado
Costo de producción	Relativo

**Fuente:** (Blangino, 2004)

# REACTOR DE PROCESAMIENTO DISCONTINUO



# MATERIAS PRIMAS

- Aceite vegetal usado (AVU)

25 litros



- Catalizador Alcalino

25 gramos



- Alcohol metílico

5 litros



# ESTUDIO DE VOLÚMENES DE ACEITE VEGETAL CONSUMIDOS

## LOCALMENTE

- POBLACIÓN: locales de expendio de comidas rápidas en la ciudad de Latacunga.
- MUESTRA: 83 individuos

### PREGUNTAS BÁSICAS

Disposición de residuos

Producción diaria de AVU

Almacenaje del AVU

El AVU como materia prima

Cantidad de residuos

Destino de sus residuos

El precio, por sus residuos

- Volumen total: 840 litros/mes
- Volumen útil: 300 litros/mes
- Costo: 0,27 USD's/litro

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

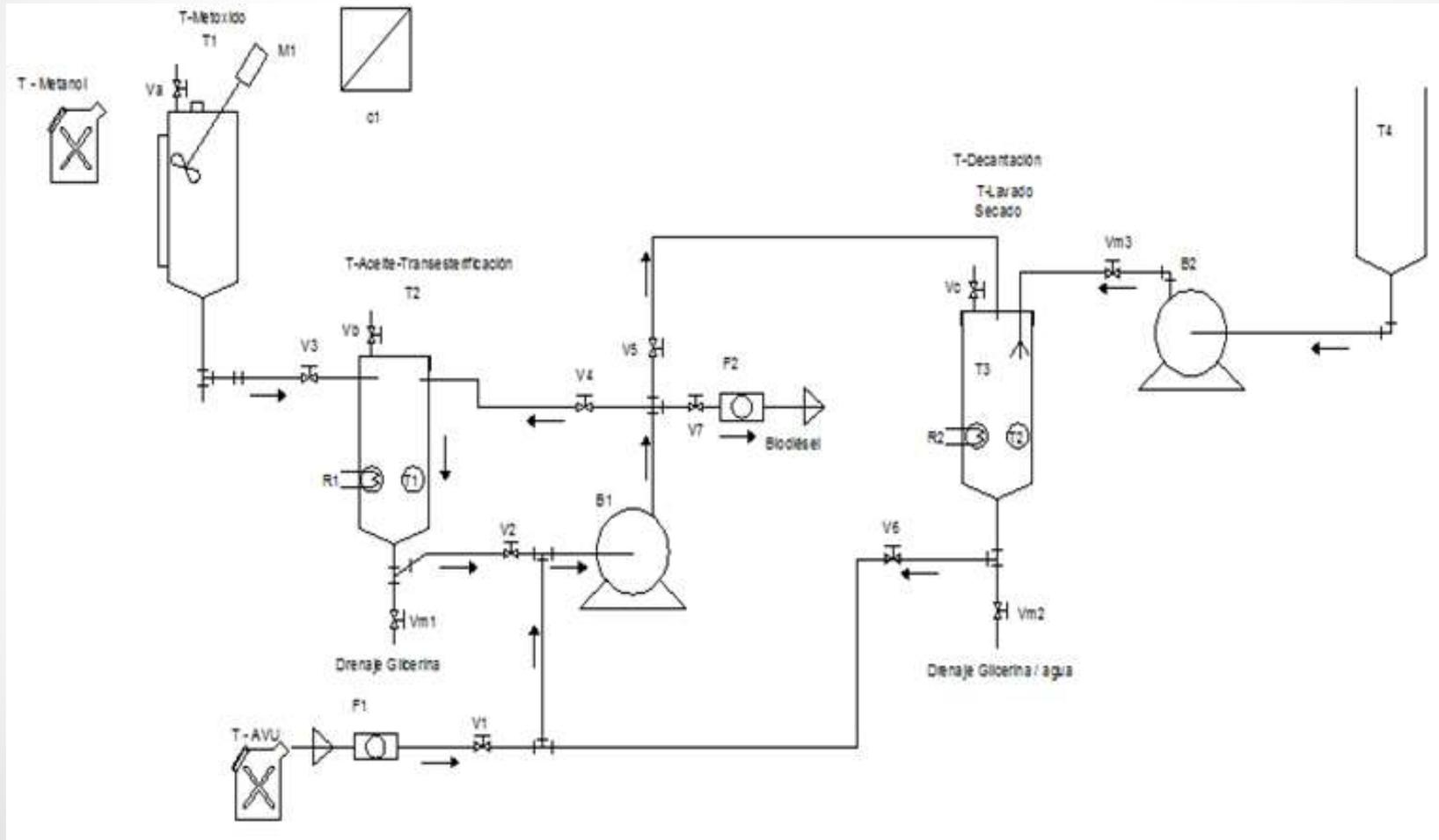
- El 7,14% de los encuestados no esta de acuerdo con un programa de reciclaje de sus residuos de aceite
- El 64,29% de la población desconoce que sus desechos de aceite pueden ser transformados en biodiesel.
- Cantidad de residuos recolectados por mes: 300 litros a un costo promedio de 0,27 USD por litro

# PARÁMETROS DE DISEÑO

- Reactor tipo: batch
- Volumen: 20 litros de AVU
- Reactor catalítico: hidróxido de sodio
- Temperatura ambiente: 17°C
- Temperatura de trabajo: 55°C
- Tipo de Material: Acero inoxidable 316



# DISEÑO



# DISEÑO DE TANQUES

- Tanque de metóxido

Capacidad: 7,4 l

Dimensiones:

Diámetro: 160 mm

Altura: 330 mm

- Tanque Reactor

Capacidad: 30,4 l

Dimensiones:

Diámetro: 275 mm

Altura: 500 mm

- Tanque de decantación

Capacidad: 43 l

Dimensiones:

Diámetro: 370 mm

Altura: 370 mm

# SELECCIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS

- TANQUES

Material: AISI 316 1.5 mm. de espesor

- IMPULSORES

Motor de agitación: 0,025 Hp, 120V, 60 Hz

- TUBERÍAS

Succión: diámetro 1 pul., 10s, NPT

Descarga: diámetro ½ pul., 10s, NPT

- AISLAMIENTO TÉRMICO

Material: Lana de vidrio 25 mm.



# Control electrónico

PIC 16F877A



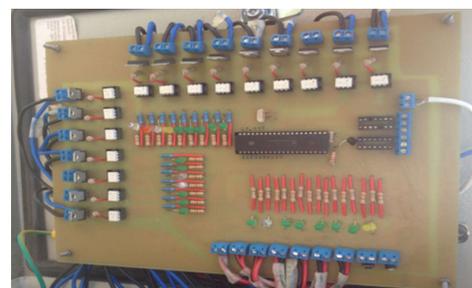
Termocupla "K"



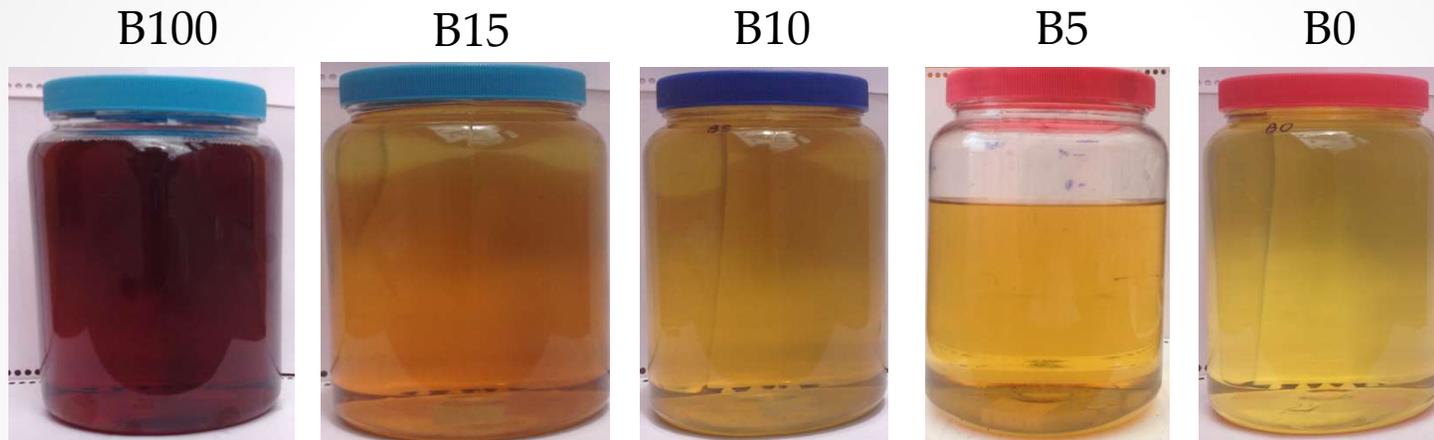
Control de temperatura



Tarjeta de control



# Biodiesel Producido

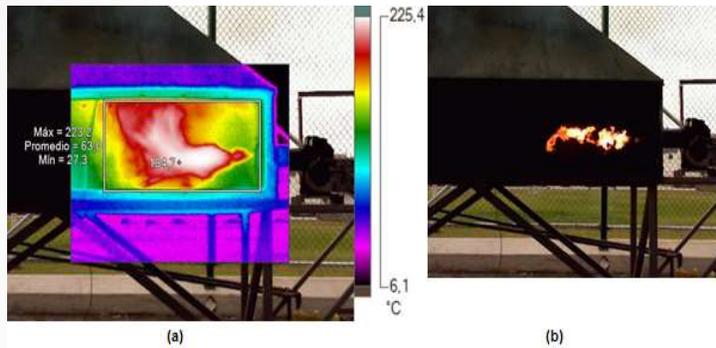


## Poder calorífico del biodiesel, diesel y sus mezclas

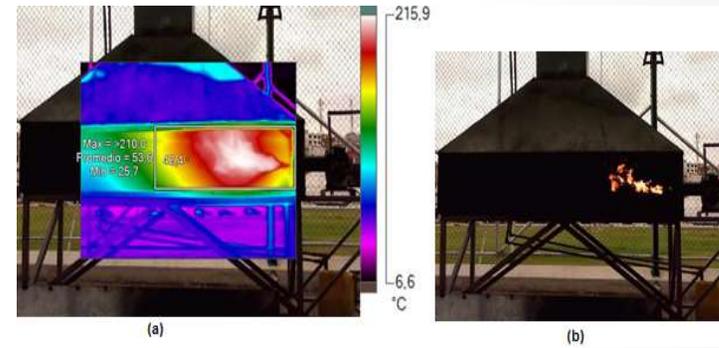
Análisis	B100	B15	B10	B5	Diesel
Poder calorífico (MJ/kg)	36,68	44,11	44,55	44,99	45,43

# Pruebas de combustión

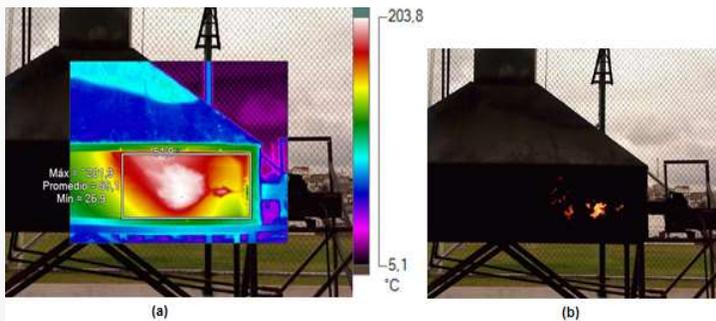
## Incineración de B0



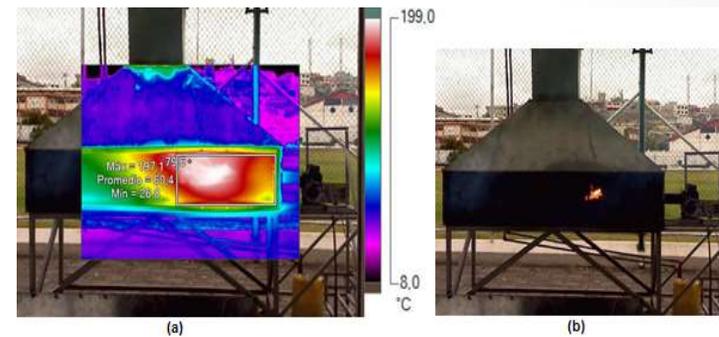
## Incineración de B5



## Incineración de B10



## Incineración de B15



# CONCLUSIONES

- El volumen de aceite vegetal usado que es posible recolectar es de 300 litros al mes a un costo promedio de 0,27 dólares por litro.
- Se diseñó y se puso en funcionamiento un micro reactor tipo discontinuo, con una eficiencia del 88% y un costo de producción de 0,83 USD's/litro.
- Análisis del poder calorífico establece un valor de 39373 kJ/kg para el poder calorífico superior, muy próximo al dato teórico 40000 kJ/kg
- Los resultados de los ensayos en el quemador diésel, confirman que el biodiésel es un buen aditivo del diésel, la funcionalidad del equipo y el método de producción.



# RECOMENDACIONES

- El pretratamiento del aceite, es determinante para la transesterificación.
- El análisis de acidez del aceite vegetal reciclado contribuye con la eficiencia del proceso
- Luego de haber procesado un lote es importante un ciclo de lavado de tuberías
- Ya que recordar las medidas de protección personal al manipular sustancias químicas
- Antes de iniciar cualquier etapa del proceso de producción, verificar la apertura y cierre de las válvulas de alivio y purga.

