



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES: ÁVILA CALDERÓN CHRISTIAN ANDRÉS  
TUNALA MORETA JUAN CARLOS**

**TEMA: RECICLAJE DE ACEITE VEGETAL DE FRITURAS  
PARA USO COMO BIOCOMBUSTIBLE EN MOTORES  
DIESEL EN DIFERENTES PROPORCIONES**

**DIRECTOR: ING. ERAZO GERMÁN  
CODIRECTOR: ING. MENA LUIS**

**LATACUNGA, ABRIL 2014**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo: Christian Andrés Ávila Calderón, y

Yo: Juan Carlos Tunala Moreta

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado **“RECICLAJE DE ACEITE VEGETAL DE FRITURAS PARA USO COMO BIOCOMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL EN DIFERENTES PROPORCIONES”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Abril del 2014

---

Christian Andrés Ávila Calderón

CI: 172225443-8

---

Juan Carlos Tunala Moreta

CI: 171804545-1

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

## CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

### CERTIFICADO

Ing. Germán Erazo (DIRECTOR)

Ing. Luis Mena (CODIRECTOR)

### CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“RECICLAJE DE ACEITE VEGETAL DE FRITURAS PARA USO COMO BIOCOMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL EN DIFERENTES PROPORCIONES”**, realizado por Christian Andrés Ávila Calderón y Juan Carlos Tunala Moreta, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente calidad y contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Christian Andrés Ávila Calderón y Juan Carlos Tunala Moreta que lo entreguen al Ing. Juan castro, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Abril del 2014

---

Ing. Germán Erazo  
DIRECTOR

---

Ing. Luis Mena  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Yo: Christian Andrés Ávila Calderón, y

Yo: Juan Carlos Tunala Moreta

Autorizamos a la Universidad De Las Fuerzas Armadas - ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“RECICLAJE DE ACEITE VEGETAL DE FRITURAS PARA USO COMO BIOCOMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL EN DIFERENTES PROPORCIONES”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril del 2014

---

Christian Andrés Ávila Calderón

CI: 172225443-8

---

Juan Carlos Tunala Moreta

CI: 171804545-1

## DEDICATORIA

En primer lugar dedico este trabajo principalmente a Dios y a nuestra virgencita María, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi familia; mi esposa Mayra y mi hijo Jaime Andrés, por ser el motor de mi vida, sus bondades y sacrificios me inspiraron a ser mejor, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ustedes gracias por estar a mi lado.

Con todo mi cariño y amor dedico esta meta cumplida a mis padres Jaime Rodrigo Ávila Posso e Irene del Rocío Calderón Morales, por los esfuerzos y consejos dados, a pesar de las dificultades supimos salir adelante, muchas gracias por su apoyo incondicional.

Como olvidarme de mí hermano Francisco y mi tío Roberth, siempre pendientes de mí y listos para aconsejarme; esta meta cumplida les dedico con todo mi cariño.

*Christian Andrés Ávila Calderón*

## DEDICATORIA

Quiero en primer lugar dedicar el presente trabajo a Dios mi principal mentor y protector, lleno de varias dificultades pero que con su ayuda he podido sobrellevar con mucho esfuerzo y constancia. También quiero dedicar esta meta alcanzada a mi madre querida la Virgen del Cisne, la fe que te he tenido ha sido y será mi fortaleza.

Al señor Juan Carlos Tunala Tunala y a la señora Mélida María Moreta Jácome mis queridos y amados padres, les dedico esta meta cumplida, fruto del esfuerzo compartido, sabemos lo difícil que ha sido llegar alcanzar el sueño mío y el de ustedes, pero con su sacrificio y tesón lo hemos logrado.

A mis hermanas Diana Carolina y Rita Lizeth les dedico mi trabajo, espero que les pueda servir como ejemplo para que ustedes cumplan también sus objetivos profesionales.

A mi abuelita Zoila Rosa una mujer que me ha enseñado lecciones de vida, una mujer humilde pero sobretodo trabajadora que con su ejemplo me guía y me impulsa a seguir adelante.

A mi pequeño sobrino Juan Pablo que con la alegría que contagia llena de dicha el hogar y levanta mis ánimos.

“Muchos de nuestros sueños parecen imposibles al principio, luego pueden parecer improbables, y luego, cuando nos comprometemos firmemente, se vuelven inevitables”

*Juan Carlos Tunala Moreta*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a nuestra virgencita María por ayudarme a cumplir una de mis metas, por la sabiduría y la salud que me da cada día.

A mis padres Jaime Ávila y Rocío Calderón, mi hermano Francisco por el apoyo incondicional.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por los conocimientos adquiridos y más que eso, por enseñarnos a ser personas de bien.

A nuestro director Ing. Germán Erazo y codirector Ing. Luis Mena por la colaboración y tiempo prestado a este proyecto.

Al Dr. Román Rodríguez por su colaboración en la investigación y facilitación del Laboratorio de Química

*Christian Andrés Ávila Calderón*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dar la gracias a varias personas que han sido parte fundamental para que pueda culminar con éxito este proyecto:

A Dios por darme la dicha de vivir, bendecirme con la salud, e iluminar mi camino con sabiduría para que pueda tomar las mejores decisiones.

A mi churonita la Virgen del Cisne a la que cada año visito y siempre le he pedido que me permitiera algún día llegar hacer un profesional.

A mis queridos padres Juan Carlos y Mélida María, que supieron llevarme por el camino del bien, me formaron como persona con valores éticos y morales, me brindaron su cariño y apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanas Diana y Rita por el respaldo absoluto, por los buenos y malos momentos vividos que fortalecieron nuestros los lazos de amistad.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por aportar a mi formación académica y a sus docentes en especial al Ing. Germán Erazo por la colaboración y el tiempo dedicado en la ejecución de este proyecto.

Al Dr. Román Rodríguez por su ayuda y asesoramiento.

Y a mi compañero de proyecto Christian por el trabajo en conjunto realizado.

*Juan Carlos Tunala Moreta*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	ii
CERTIFICADO.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
SUMMARY.....	xxii
CAPÍTULO 1 .....	1
GENERALIDADES .....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5 METAS.....	4
1.6 HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1 DIESEL.....	5

2.1.1	DEFINICIÓN .....	5
2.1.2	REQUISITOS DEL COMBUSTIBLE DIESEL.....	6
2.2	BIODIESEL .....	8
2.2.1	HISTORIA.....	8
2.2.2	DEFINICIÓN .....	8
2.2.3	BENEFICIOS DEL BIODIESEL .....	9
2.2.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BIODIESEL FRENTE AL DIESEL .....	11
2.2.5	COMPATIBILIDAD CON OTROS MATERIALES .....	12
2.2.6	MATERIA PRIMA.....	13
2.2.7	PROCESO DE OBTENCIÓN.....	16
2.2.8	NORMATIVA PARA EL BIODIESEL.....	21
2.2.9	NORMAS AMBIENTALES RESPECTO A LOS GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN EN AUTOMOTORES A DIESEL.....	23
CAPÍTULO 3.....		24
LEVANTAMIENTO ESTADÍSTICO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS ACEITES USADOS COMO MATERIA PRIMA .....		24
3.1	LEVANTAMIENTO ESTADÍSTICO .....	24
3.1.1	OBTENCIÓN DE DATOS ESTADÍSTICOS .....	24
3.1.2	ORDENAMIENTO, REPRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS .....	26
CAPÍTULO 4.....		31
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BIOREACTOR PARA BIODIESEL ..		31
4.1	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	31
4.1.1	DIMENSIONAMIENTO POR CANTIDAD DE MATERIA PRIMA ..	31

4.1.2	TIPO DE BIOREACTOR .....	31
4.1.3	COMPATIBILIDAD DE MATERIALES .....	32
4.1.4	SOPORTE DE TEMPERATURAS .....	32
4.2	ELEMENTOS DEL BIOREACTOR .....	32
4.3	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS DEPÓSITOS.....	34
4.3.1	DISEÑO DEL CILINDRO .....	34
4.3.2	DISEÑO DEL CONO .....	35
4.3.3	ANÁLISIS DE FUERZAS ESTÁTICAS .....	36
4.3.4	ESFUERZO DE VON MISES.....	37
4.3.5	DESPLAZAMIENTOS.....	38
4.3.6	FACTOR DE SEGURIDAD .....	38
4.4	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE METÓXIDO .	39
4.4.1	DISEÑO DEL CILINDRO .....	39
4.4.2	ANÁLISIS DE FUERZAS ESTÁTICAS .....	39
4.4.3	ESFUERZO DE VON MISES.....	40
4.4.4	DESPLAZAMIENTOS.....	41
4.4.5	FACTOR DE SEGURIDAD .....	41
4.5	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCUTRA .....	42
4.5.1	ANÁLISIS DE FUERZAS EN LA ESTRUCTURA .....	42
4.5.2	ESFUERZOS DE VON MISES .....	45
4.5.3	DEFORMACIÓN .....	46
	 CAPÍTULO 5.....	 48
	OBTENCIÓN DEL BODIESEL.....	48
5.1	ETAPA DE FILTRACIÓN .....	48
5.2	ETAPA DE DESHIDRATACIÓN .....	50
5.3	DETERMINACIÓN DE PUREZA DE REACTIVOS .....	51
5.4	TITULACIÓN DEL ACEITE Y PREPARACIÓN DEL METÓXIDO..	54
5.5	ETAPA DE REACCIÓN .....	56
5.6	ETAPA DE LAVADO.....	58

5.7	ETAPA DE ALMACENAMIENTO.....	60
5.8	SEGURIDAD EN LA OBTENCIÓN DEL BIODIESEL .....	61
	CAPÍTULO 6.....	63
	ANÁLISIS DEL DIESEL Y BIODIESEL.....	63
6.1	PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN.....	63
6.1.1	PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL .....	63
6.1.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL.....	78
6.1.3	ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES FÍSICO – QUÍMICAS ENTRE BIODIESEL Y DIESEL .....	82
6.2	PRUEBAS DE RENDIMIENTO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE DIESEL Y BIODIESEL.....	85
6.2.1	PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 100% DIESEL.....	88
6.2.2	PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 5% BIODIESEL (B5) .	89
6.2.3	PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 10% BIODIESEL (B10).....	91
6.2.4	PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 15% BIODIESEL (B15).....	92
6.2.5	PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 20% BIODIESEL (B20).....	93
6.2.6	PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 50% BIODIESEL (B50).....	95
6.2.7	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE POTENCIA Y TORQUE..	96
6.2.8	ANÁLISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	101
6.3	PRUEBAS DE OPACIDAD .....	104
6.3.1	OPACIDAD 100% DIESEL .....	107
6.3.2	OPACIDAD 5% BIODIESEL .....	108
6.3.3	OPACIDAD 10% BIODIESEL .....	108
6.3.4	OPACIDAD 15% BIODIESEL .....	109

6.3.5	OPACIDAD 20% BIODIESEL .....	110
6.3.6	OPACIDAD 50% BIODIESEL .....	110
6.3.7	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE OPACIDAD.....	111
	CAPÍTULO 7 .....	112
	MARCO ADMINISTRATIVO .....	112
7.1	MARCO ADMINISTRATIVO .....	112
7.2	FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	112
7.2.1	COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL REACTOR .....	114
7.2.2	COSTOS DE OBTENCIÓN DEL BIODIESEL.....	115
	CONCLUSIONES .....	117
	RECOMENDACIONES.....	119
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	121
	ANEXOS.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Especificaciones para el diesel .....	5
Tabla 2.2	Principales materias primas para la producción de biodiesel..	13
Tabla 2.3	Comparación entre catalizadores .....	19
Tabla 2.4	Normativa ASTM D-6751-03.....	22
Tabla 2.5	Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor diesel.....	23
Tabla 3.1	Cantidad de aceite desechado al día .....	26
Tabla 3.2	Actividad luego de usar el aceite .....	27
Tabla 3.3	Nivel de conocimiento sobre el grado de contaminación del aceite .....	28
Tabla 3.4	Nivel de conocimiento sobre usos que se da al aceite usado.	29
Tabla 3.5	Cantidad de locales dispuestos a entregar el aceite a un recolector .....	30
Tabla 5.1	Pureza del hidróxido de potasio.....	53
Tabla 5.2	Ajuste de la cantidad básica del catalizador según su pureza	55
Tabla 6.1	Datos para determinar la densidad del biodiesel .....	65
Tabla 6.2	Resultados iniciales y finales de la muestra de biodiesel vs normas de calidad para biodiesel .....	79
Tabla 6.3	Resultados finales de la muestra de biodiesel vs resultados de diesel Premium .....	82
Tabla 6.4	Especificaciones Chevrolet motor 2.5 TD .....	86
Tabla 6.5	Pruebas de potencia y torque 100% diesel.....	88
Tabla 6.6	Pruebas de potencia y torque 5% biodiesel .....	90
Tabla 6.7	Pruebas de potencia y torque 10% biodiesel .....	91
Tabla 6.8	Pruebas de potencia y torque 15% biodiesel .....	92
Tabla 6.9	Pruebas de potencia y torque 20% biodiesel .....	94
Tabla 6.10	Pruebas de potencia y torque 50% biodiesel .....	95
Tabla 6.11	Pruebas de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes.....	97

Tabla 6.12 Cuadro estadístico de torque y potencia.....	98
Tabla 6.13 Cálculos para determinar consumo de combustible .....	103
Tabla 6.14 Comparación % de Opacidad (N) – Coeficiente de absorción luminosa (K).....	106
Tabla 6.15 Opacidad en las diferentes mezclas .....	111
Tabla 7.1 Recursos materiales .....	112
Tabla 7.2 Talentos humanos.....	113
Tabla 7.3 Gastos efectuados en el proyecto.....	114
Tabla 7.4 Costo de obtención del biodiesel .....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama causa - efecto.....	2
Figura 3.1 Aplicando la encuesta en un comedor particular de frituras ...	25
Figura 3.2 Aplicando la encuesta en el C.C. Maltería Plaza .....	25
Figura 3.3 Cantidad de aceite desechado al día.....	26
Figura 3.4 Actividad luego de usar el aceite .....	27
Figura 3.5 Nivel de conocimiento sobre el grado de contaminación del aceite .....	28
Figura 3.6 Nivel de conocimiento sobre usos que se da al aceite usado.	29
Figura 3.7 Cantidad de locales dispuestos a entregar el aceite a un recolector .....	30
Figura 4.1 Elementos del bioreactor .....	33
Figura 4.2 Dimensiones del cilindro .....	34
Figura 4.3 Medidas del tanque y cono .....	35
Figura 4.4 Tensiones estáticas en los depósitos grandes .....	37
Figura 4.5 Esfuerzo de Von Mises en los depósitos grandes .....	37
Figura 4.6 Desplazamientos en los depósitos grandes.....	38
Figura 4.7 Factor de seguridad en los depósitos grandes .....	38
Figura 4.8 Tensiones estáticas en el depósito de metóxido .....	40
Figura 4.9 Esfuerzo de Von Mises en el depósito de metóxido .....	40
Figura 4.10 Desplazamientos en el depósito de metóxido.....	41
Figura 4.11 Factor de seguridad en el depósito de metóxido .....	41
Figura 4.12 Construcción de la estructura .....	42
Figura 4.13 Masa de depósitos grandes.....	43
Figura 4.14 Masa del depósito de metóxido .....	43
Figura 4.15 Fuerzas resultantes en la estructura.....	44
Figura 4.16 Esfuerzo de Von Mises en la estructura .....	46
Figura 4.17 Deformación en la estructura .....	46
Figura 5.1 Demostración de un filtrado .....	48
Figura 5.2 Partes para el filtrado.....	49

Figura 5.3 Filtro con trampa de agua .....	49
Figura 5.4 Aceite filtrado .....	50
Figura 5.5 Proceso de deshidratación .....	51
Figura 5.6 Pesaje del hidróxido de potasio .....	51
Figura 5.7 Determinación de pureza del hidróxido de potasio .....	53
Figura 5.8 Valoración del aceite.....	54
Figura 5.9 Preparación del metóxido .....	56
Figura 5.10 Llenado del tanque del reactor con metóxido .....	56
Figura 5.11 Etapa de reacción .....	57
Figura 5.12 Drenaje de la glicerina .....	57
Figura 5.13 Lavado del biodiesel con un atomizador.....	58
Figura 5.14 Lavado del biodiesel con una bomba de acuario .....	59
Figura 5.15 Ph del primer lavado.....	59
Figura 5.16 Agua después de los tres lavados .....	60
Figura 5.17 Etapa de almacenamiento .....	60
Figura 5.18 Elementos de seguridad .....	61
Figura 6.1 Peso del picnómetro vacío.....	64
Figura 6.2 Picnómetro con biodiesel en baño maría.....	64
Figura 6.3 Peso del picnómetro lleno con biodiesel.....	65
Figura 6.4 Medición del peso de agua destilada.....	67
Figura 6.5 Alambre de fusible .....	67
Figura 6.6 Medición del peso de la pastilla de ácido benzoico .....	67
Figura 6.7 Calor de combustión de la pastilla de ácido benzoico .....	68
Figura 6.8 Peso de la muestra de biodiesel.....	68
Figura 6.9 Montaje de la pastilla en la bomba colorimétrica .....	69
Figura 6.10 Carga de oxígeno a la bomba colorimétrica .....	69
Figura 6.11 Conexión de todos los componentes del calorímetro .....	70
Figura 6.12 Típica curva de incremento de temperatura .....	70
Figura 6.13 Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del biodiesel.....	72

Figura 6.14 Biodiesel en vaso del comprobador del punto de inflamación .....	73
Figura 6.15 Ubicación de componentes del comprobador de punto de inflamación.....	74
Figura 6.16 Llama para la ignición del biodiesel .....	74
Figura 6.17 Identificación del viscosímetro .....	76
Figura 6.18 Medición de la viscosidad cinemática en el bulbo C .....	77
Figura 6.19 Análisis de la densidad del biodiesel .....	79
Figura 6.20 Análisis de poder calorífico del biodiesel .....	80
Figura 6.21 Análisis del punto de inflamación del biodiesel.....	81
Figura 6.22 Análisis de viscosidad cinemática del biodiesel.....	81
Figura 6.23 Densidad biodiesel – diesel .....	83
Figura 6.24 Viscosidad cinemática biodiesel - diesel.....	83
Figura 6.25 Poder calorífico biodiesel - diesel .....	84
Figura 6.26 Punto de inflamación biodiesel – diesel .....	84
Figura 6.27 Punto de escurrimiento biodiesel - diesel .....	85
Figura 6.28 Residuo carbonoso biodiesel - diesel .....	85
Figura 6.29 Dinamómetro de rodillos .....	86
Figura 6.30 Implementos para la mezcla biodiesel – diesel.....	87
Figura 6.31 Conexión al vehículo.....	87
Figura 6.32 Resultados de potencia y torque al 100% diesel .....	89
Figura 6.33 Resultados de potencia y torque al 5% biodiesel .....	90
Figura 6.34 Resultados de potencia y torque al 10% biodiesel .....	92
Figura 6.35 Resultados de potencia y torque al 15% biodiesel .....	93
Figura 6.36 Pruebas de potencia y torque al 20% biodiesel .....	94
Figura 6.37 Pruebas de potencia y torque al 50% Biodiesel.....	96
Figura 6.38 Pruebas de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes.....	98
Figura 6.39 Resumen estadístico de comportamiento de torque.....	99
Figura 6.40 Resumen estadístico de comportamiento de potencia .....	99
Figura 6.41 Porcentajes de variación de torque .....	100

Figura 6. 42 Porcentajes de variación de potencia .....	100
Figura 6. 43 Consumo de combustible en diferentes porcentajes .....	103
Figura 6.44 Opacímetro .....	105
Figura 6.45 Gráfica de relación de opacidad y coeficiente de absorción luminosa.....	107
Figura 6.46 Opacidad 100% diesel.....	108
Figura 6.47 Opacidad 5% biodiesel .....	108
Figura 6.48 Opacidad 10% biodiesel .....	109
Figura 6.49 Opacidad 15% biodiesel .....	109
Figura 6.50 Opacidad 20% biodiesel .....	110
Figura 6.51 Opacidad 50% biodiesel .....	110
Figura 6.52 Opacidad en porcentajes para diesel y biodiesel.....	111

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A TABLA DE COMPATIBILIDAD DEL BIODIESEL CON OTROS MATERIALES.....	124
ANEXO B ENCUESTA APLICADA.....	125
ANEXO C PROYECTO DE INICIACIÓN CIENTÍFICA.....	126
ANEXO D CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE PROYECTOS.....	127
ANEXO E ADQUISICIÓN DE TANQUES DE ACEROINOXIDABLE..	128
ANEXO F ADQUISICIÓN DE MANGUERA DE TEFLÓN.....	129
ANEXO G ADQUISICIÓN DE SERVICIOS DE PRUEBAS DE LABORATIRIO.....	130
ANEXO H INFORMES DE CIERRE DE PROYECTO.....	131
ANEXO I PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL BIOREACTOR.....	132
ANEXO J MANUAL DE USUARIO.....	133
ANEXO K ARTÍCULO DEL PROYECTO.....	134

## RESUMEN

Ante la búsqueda de soluciones ambientalmente sostenibles, que disminuyan la contaminación ambiental por efecto de la combustión del motor diesel, se ha visto necesario realizar este proyecto que consiste en el reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible. Se pone a consideración un levantamiento estadístico acerca del uso y disponibilidad de aceite de cocina usado en la ciudad de Latacunga, se recolecta y utiliza el aceite como materia prima para la elaboración de biocombustible, tratándose de una fuente de energía renovable. Para la obtención del biodiesel se diseña y construye un prototipo de reactor semiautomático considerando la compatibilidad de materiales del reactor, con los fluidos y sustancias químicas que interviene en el proceso y también ayudado con software de diseño gráfico SolidWorks y Ansys, que determinan la fiabilidad de la máquina. Mediante la investigación del proceso químico llamado transesterificación se determina la cantidad de catalizador y metanol para convertir el aceite vegetal en biodiesel. Este biocombustible es sometido a ensayos de caracterización físico-químicas para dar cumplimiento con las normativas de calidad Europea y Estadunidense. En un vehículo con motor diesel se desarrollan pruebas mecánicas de torque, potencia, consumo de combustible y opacidad de gases combustionados, con biodiesel en diferentes porcentajes con el fin de conocer la mezcla biodiesel- diesel ideal.

## **SUMMARY**

Because of the environmental and sustainable search for solutions, which decrease environmental pollution cause by combustion of motor diesel, it has been necessary to carry out this project that consists of the recycling of vegetable oil from fries to be used as bio-fuel for motors run by diesel

The present investigation consisted of carrying out a statistical analysis on the use and availability of home-used oil in Latacunga in order to give it utility as raw material for the elaboration of biofuel. For obtaining biodiesel, a semi-aquatic prototype is designed and built, to accomplish that goal, the compatibility is considered of the reactor materials with chemical substances that intervene in the process of producing biofuel and assisted by the SolidWorks Graphic Design software and Ansys, which determines the reliability of the machine. Through the study of a chemical process called "transesterification", it was possible to determine the amount of catalyzer and methanol to convert vegetable oil into biodiesel. This biofuel is subjected to the physical and chemical characterization tests in order to comply with the norms of European and American quality. In a vehicle run by a diesel motor, a few torque mechanical tests were carried out, as well as power tests, fuel consumption and opacity of fueled gasses, using biodiesel at different percentages with the aim of getting to know the mixture of biofuel and ideal diesel.

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 ANTECEDENTES**

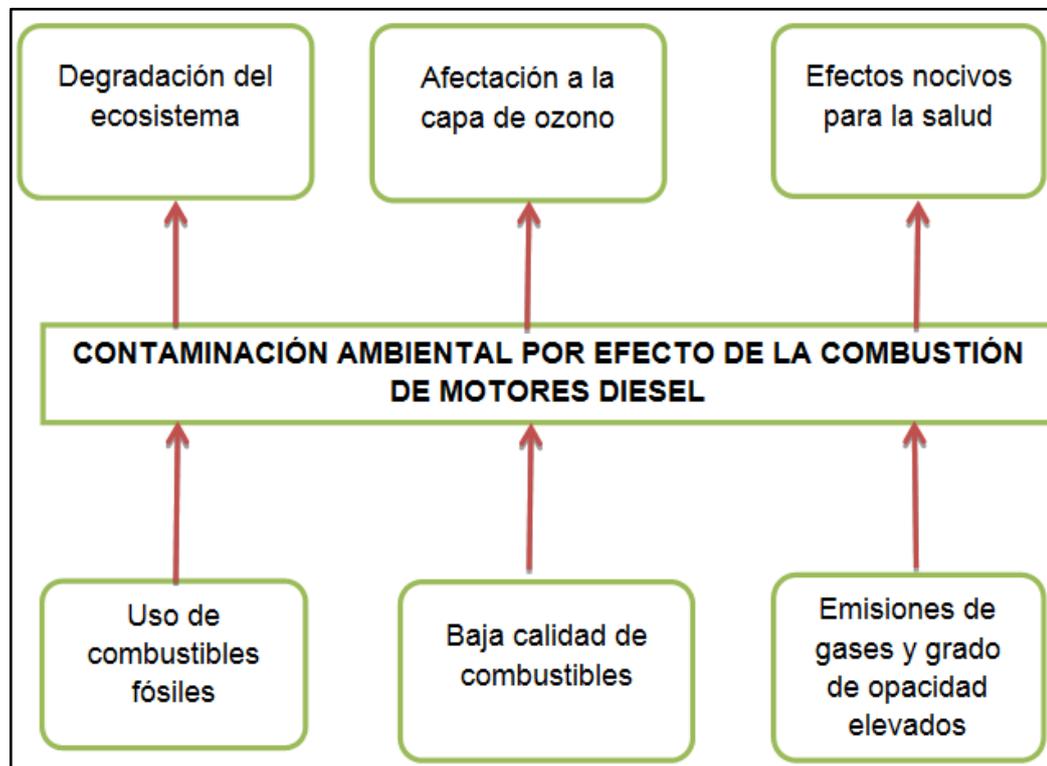
La contaminación ambiental se inicia con el uso de combustibles de gasoil o diesel, y se incrementa con el transcurso del tiempo y las ventas realizadas de este tipo de motor dando lugar así al primer control de emisiones de gases contaminantes en 1966 en el estado de California, pero en 1968 se implementó en todos los Estados Unidos y en las siguientes décadas y en la actualidad son estándares internacionales.

La utilización de biocombustibles es tan antigua como la de los mismos combustibles de origen fósil. La idea de usar aceites vegetales como combustible para motores de combustión interna data de 1900. En ese año el Rudolf Diesel uso aceite de maní en su motor de compresión, para impulsar una de sus creaciones en la exposición de París.

Durante la segunda guerra mundial, y ante la escasez de combustibles fósiles, se destacó la investigación realizada por Otto y Vivacqua en el Brasil, sobre diesel de origen vegetal, pero fue hasta el año de 1970, que el biodiesel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética, y al elevado costo del petróleo.

Las primeras pruebas técnicas con biodiesel se llevaron a cabo en 1982 en Austria y Alemania, y para el año de 1985 en Austria, se construyó la primera planta productora de biodiesel.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Fuente: Grupo de investigación

Figura 1.1 Diagrama causa - efecto

La contaminación ambiental por efecto de la combustión de motores diesel, se debe al uso de combustibles fósiles y que al ser de baja calidad, producen emisiones contaminantes como dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, material particulado, hidrocarburos y sulfuros, que afectan a la capa de ozono y que son perjudiciales para la salud de todo esto es de donde parte el reciclaje y la búsqueda de combustibles menos contaminantes y alternativos para usarlos en motores diesel sin ser necesario ningún tipo de modificación.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

La aplicación de este biocombustible en motores diesel dará como resultado una disminución de los contaminantes (dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, material particulado, hidrocarburos y sulfuros) producidos por el motor diesel, y además con respecto a la economía de la sociedad este nuevo biocombustible resultaría más económico y accesible al bolsillo porque podría ser usado a parte de los vehículos diesel, en generadores de electricidad y calefactores.

El uso de combustibles de origen vegetal, cobra una gran importancia en nuestros días por varias razones, como el hecho de provenir de una fuente renovable.

La importancia de producir biodiesel por este método es evitar posibles deforestaciones, incremento del precio en alimentos y escases de los mismos como el maíz, la caña de azúcar, etc.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Reciclar el aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes proporciones.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantar una estadística de los desechos de aceite vegetal de frituras producidos en la ciudad de Latacunga.
- Tratar el aceite vegetal reciclado.

- Caracterizar el diesel y biodiesel mediante pruebas de laboratorio.
- Realizar pruebas mecánicas de torque, potencia, consumo de combustible y opacidad en un vehículo con motor diesel en diferentes proporciones de diesel - biodiesel.

## 1.5 METAS

- Disponer de un prototipo de bioreactor para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado, con la capacidad de producir 40 litros de biodiesel.
- Obtener un biodiesel de excelente calidad con las siguientes características:

Densidad.- (860-900)Kg/m<sup>3</sup>

Viscosidad.- (1.9-6)cSt

Punto de inflamación.- mínimo 120°C

Poder calorífico.- (39-42) MJ/Kg

- Mantener la potencia y torque del motor en el que sea probado la mezcla diesel - biodiesel.
- Reducir la opacidad un 40%.
- Utilizar una mezcla de diesel y biodiesel al 5%, 10%, 15%, 20% y 50%.

## 1.6 HIPÓTESIS

¿El reciclaje de aceite vegetal será una alternativa para proteger al medio ambiente?

¿El reciclaje de aceite vegetal para uso como biocombustible será una alternativa de combustible para motores diesel?

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

#### 2.1 DIESEL

##### 2.1.1 DEFINICIÓN

Según Rodríguez J. (2007) “El diesel no es más que un combustible, que a semejanza de la gasolina es un derivado del petróleo. Es obtenido como producto intermedio en la columna de destilación atmosférica a temperaturas entre los 190 a 400 (°C). El diesel está formado principalmente por hidrocarburos parafínicos, aromáticos y naftalénicos que en general tienen entre 10 a 22 carbonos en su cadena. Adicionalmente, en su composición se encuentra nitrógeno, azufre, metales pesados como el vanadio, oxígeno, etc”.

**Tabla 2.1 Especificaciones para el diesel**

PROPIEDAD	MÉTODO ASTM	DIESEL GRADO 2	
		BAJO SULFURO	COMÚN
Punto de inflamación (min) [°C]	D-93	52	52
Agua y sedimentos (máx) [%vol]	D-2709	0,05	0,05
Temperatura de destilación T90 [°C]	min D-86	282	282
	máx D-86	338	338
Viscosidad cinemática @ 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]	min D-445	1,9	1,9
	máx D-445	4,1	4,1
Cenizas (máx) [%masa]	D-482	0,01	0,01
Sulfuro (máx) [%masa]	D-2622	0,05	—
	D-129	—	0,50
Corrosión en lámina de cobre (máx) @ 50 °C por 3 horas	D-130	Nº 3	Nº 3
Número de cetano (min)	D-613	40	40
* Índice de cetano (min)	D-976	40	—
* Aromaticidad (máx) [%vol]	D-1319	35	—
Punto de nebulización (máx) [°C]	D-2500	—	—
Residuos de carbón (máx) [%masa]	D-524	0,35	0,35

**Fuente:** Norma ASTM D-975

García J. (2006) “La calidad del diesel es muy importante para el desempeño del motor por lo que este combustible debe cumplir con las especificaciones mencionadas en la tabla 2.1. Propiedades como la viscosidad cinemática, temperaturas de destilación, poder calórico y número de cetano son de extrema importancia para el buen funcionamiento de un motor diesel. El límite de sulfuro en el combustible es importante para la reducción de emisiones de SOx, al igual que para disminuir el ataque químico del azufre en las válvulas de escape, bomba de inyección, en el múltiple de escape y daños causados al catalizador. Si el motor va a operar a bajas temperaturas, resulta importante tomar en cuenta el punto de nebulización. El punto de inflamación y la cantidad de agua y sedimentos son importantes para el almacenamiento, transporte y seguridad”.

El diesel es usado en vehículos, camiones, autobuses, taxis, en motores estacionarios de plantas eléctricas y motores marinos, además como combustible para la producción de energía en quemadores y calderas.

### **2.1.2 REQUISITOS DEL COMBUSTIBLE DIESEL**

Según Castro P. (2007) menciona que “El diesel debe cumplir con los siguientes requerimientos”:

- **Inflamabilidad**

El tiempo de retardo de encendido debe ser lo suficientemente corto para permitir el arranque fácil del motor. El combustible diesel debe permitir la marcha suave del motor con poco golpeteo.

- **Fluidez en baja temperatura**

El combustible debe permanecer líquido a bajas temperaturas, de tal modo que el motor arrancará fácilmente y marchará suavemente.

- **Lubricidad**

El combustible diesel sirve como lubricante para la bomba de inyección e inyectores, por lo tanto, este debe tener adecuadas propiedades de lubricación.

- **Viscosidad**

Debe de tener una apropiada viscosidad (espesor), de tal modo que sea asegurada una apropiada atomización por los inyectores.

- **Bajo contenido de azufre**

El contenido de azufre causa corrosión y desgaste en las piezas del motor, de manera que su contenido debe ser mínimo.

- **Estabilidad**

No pueden ocurrir cambios en la calidad y no debe de producir goma, etc. durante su almacenaje.

- **Número de Cetano**

El número de cetano o clasificación de un combustible diesel es un método de indicación de la habilidad de un combustible diesel para

evitar el golpeteo. Cuando es mayor la clasificación de cetano, mejor es la habilidad del combustible para hacer esto.

## **2.2 BIODIESEL**

### **2.2.1 HISTORIA**

A fines de siglo XIX. Un ingeniero alemán llamado Diesel R. (1913), inventa el motor de combustión que utiliza fuel oíl y a partir de allí implementó tempranas versiones de una máquina que utilizaba aceite de maní como energía.

- 1970. El biodiesel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética y el elevado costo del petróleo.
- 1982. En Austria y Alemania, se llevaron a cabo las primeras pruebas técnicas con este combustible vegetal.
- 1985. En Silberberg (Austria) se construyó la primera planta piloto productora de biodiesel a partir de las semillas de colza o canola.

Actualmente Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Malasia y Suecia son pioneros en la producción, ensayo y uso de biodiesel en automóviles.

### **2.2.2 DEFINICIÓN**

Según Benjunea P. (2009) el biodiesel “es un combustible sustituto del gasóleo para motores diesel, el cual puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas, animales). Posee las mismas propiedades del combustible diesel empleado como combustible para automóviles, camiones, ómnibus y puede ser mezclado

en cualquier proporción con el diesel obtenido de la refinación del petróleo.”

La (ASTM) lo define como “Ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales y que se emplean en los motores de ignición de compresión (motores diesel) o en calderas de calefacción”.

Este combustible puede utilizarse puro (B100, conocido como “gasoil verde”), o en mezclas de diferentes concentraciones con el diesel de petróleo. La mezcla más utilizada en nuestros días es al 20%, es decir 20 partes de éter vegetal y 80 partes de petrodiesel. Cuando es utilizado como aditivo, sus concentraciones normalmente no superan el 5%.

Uno de los principales beneficios del biodiesel es su bajo contenido de azufre y que, debido a la presencia de oxígeno en su composición química, su combustión es más completa, reduciendo la emisión de partículas, monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados, entre otros contaminantes.

Por otro lado, durante su proceso de producción se produce un subproducto altamente valorado, como es el caso de la glicerina, la cual luego de su purificación puede ser utilizada, en múltiples usos, en la industria farmacéutica y cosmética, donde cuenta con una gran demanda.

### **2.2.3 BENEFICIOS DEL BIODIESEL**

#### **a. Beneficios ecológicos**

- Proviene de un recurso renovable.
- Es bio-degradable.

- Es menos contaminante que el gasoil mineral.
- Reduce partículas (smoke) en más de un 50% y las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Está libre de sulfuro, benceno y aromatizantes potencialmente cancerígenos.
- Posee productos derivados del residuo de su proceso como glicerina y fertilizantes orgánicos.

#### **b. Beneficios económicos**

- La producción de biodiesel es alentada con importantes incentivos y exenciones fiscales a nivel nacional e internacional.
- El Protocolo de Kioto financia la inversión otorgando “créditos de carbono” a quienes logren reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Da independencia a la indisponibilidad y variación de precios del diesel fósil.
- Es menos contaminante que el gasoil mineral.
- Es un combustible seguro en su manejo y almacenamiento.
- Utiliza las mismas instalaciones que las empleadas para el diesel.
- Posibilita su propia producción en ciclo completo (cosecha de oleaginosas – prensado de aceite – producción de biodiesel) reduciendo costos e intermediarios.
- La comercialización de sus subproductos (Expeller de soja, girasol, etc. como base para alimento balanceado para ganado) constituye un negocio accesorio, rentable.

#### **c. Beneficios mecánicos**

- Incrementa la eficiencia y duplica la durabilidad del motor, mejorando su ignición y lubricidad.

- Posee un importante poder lubricante, por lo que puede ser considerado un aditivo para mejorar la lubricidad. Además, el gasoil sin azufre pierde cualidades lubricantes y para suplir dicha falencia, deben usarse aditivos.

#### **2.2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BIODIESEL FRENTE AL DIESEL**

Stratta J. (2000) "El biodiesel, utilizado como combustible líquido, presenta ventajas energéticas, medioambientales y económicas.

Los motores diesel de hoy requieren un combustible que sea limpio al quemarlo, además de permanecer estable bajo las distintas condiciones en las que opera. El biodiesel es el único combustible alternativo que puede usarse directamente en cualquier motor diesel, sin ser necesario ningún tipo de modificación. Como sus propiedades son similares al combustible diesel de petróleo, se pueden mezclar ambos en cualquier proporción, sin ningún tipo de problema.

El biodiesel tiene unas propiedades físicas similares a las del gasóleo (densidad equivalente, viscosidad sólo ligeramente superior), sin embargo, como inconvenientes presenta un menor poder calorífico (alrededor de un 10%) y un comportamiento inferior a bajas temperaturas con tendencia al solidificarse en condiciones de frío extremas, lo que obliga a que deba ser tratado con aditivos específicos al igual que, por otra parte, se realiza con el propio gasóleo. Como ventajas cabe mencionar que presenta un número de cetano superior al del gasóleo, mejorándolo si se emplea como aditivo de éste y que presenta un punto de inflamación más alto, permitiendo un almacenamiento mucho más seguro.

Las bajas emisiones del biodiesel hacen que sea un combustible ideal para el uso en las áreas marinas, parques nacionales, bosques y sobre todo en las grandes ciudades”.

### **2.2.5 COMPATIBILIDAD CON OTROS MATERIALES**

En términos generales, biodiesel no es compatible con elastómeros de caucho natural o metales conteniendo cobre. El efecto en elastómeros se minimiza cuando se utiliza B-20. Erwan B. (2010) Realizó recientemente una prueba en los elastómeros que se detallan, utilizando una matriz de diez combustibles basados en biodiesel puro y B-20 y B-30 mezclados con distintos tipos de diesel de petróleo. Se probó resistencia a la tensión, elongación, dureza y variaciones de volumen.

En el ANEXO “A” podemos observar una tabla más detallada de los materiales compatible con el biodiesel.

Erwan B. (2010) Informó que “el biodiesel y las mezclas de biodiesel son compatibles con todos los elastómeros probados aunque hubo pequeñas diferencias con la goma de Nitrilo. Los elastómeros que mejor performance tuvieron con el biodiesel son vitón y teflón.

Para depósito de muestras o transporte de biodiesel debe tenerse presente la compatibilidad con metales (cobre). Los contenedores de vidrio tienen un desempeño aceptable. Se han manifestado algunos problemas al utilizar contenedores de polietileno muy delgado y en menor medida de polipropileno. Si se desea depositar en contenedores de plástico se recomienda utilizar polipropileno de alta densidad u otros plásticos con un recubrimiento interior fluorizado. Esto es para evitar filtraciones del producto”.

## 2.2.6 MATERIA PRIMA

Según Castro P. (2007)“las materias primas más utilizadas para la fabricación de biodiesel son los aceites de frituras usados y el aceite de girasol (el contenido medio del girasol en aceite es de 44% por lo que sería la mejor opción en cuanto a agricultura energética). También se han realizado pruebas con aceite de colza y con Brassica carinata.

Cualquier materia que tenga triglicéridos puede utilizarse para la producción de biodiesel (girasol, colza, soja, aceite de frituras usado, sebo de vaca, etc.). Por otra parte, la utilización de aceites usados no es todavía significativa”.

**Tabla 2.2 Principales materias primas para la producción de biodiesel**

<b>Aceites Convencionales</b>	<b>Aceites Vegetales Alternativos</b>	<b>Otras Fuentes</b>
Girasol	Brassica carinata	Aceite de semillas modificadas genéticamente
Coiza	Cynara	Grasas de animales
Coco	Curdunculus	Aceites de micro algas
Soja	Camelina sativa	Aceite de producciones microbianas
Palma	Pogianus	Aceites de frituras

**Fuente:** Castro P. (2007)

El ingeniero Castro P. (2007) identifica a las siguientes principales materias primas para la producción de biodiesel.

### **a. Aceites vegetales convencionales**

Las materias primas utilizadas convencionalmente en la producción de biodiesel han sido los aceites de semillas oleaginosas como el girasol y la colza (Europa), la soja (Estados Unidos) y el coco (Filipinas); y los

aceites de frutos oleaginosos como la palma (Malasia e Indonesia). Por razones climatológicas, la colza (*Brassica napus*) se produce principalmente en el norte de Europa y el girasol (*Helianthus annuus*) en los países mediterráneos del sur, como España o Italia. En el caso de Ecuador se encuentran semillas altamente oleaginosas como la higuera, palma, piñón y colza.

#### **b. Aceites vegetales alternativos**

Además de los aceites vegetales convencionales, existen otras especies más adaptadas a las condiciones del país donde se desarrollan y mejor posicionadas en el ámbito de los cultivos energéticos. En este sentido, destacan la utilización, como materias primas de la producción de biodiesel, de los aceites de *Camelina sativa*, *Crambe abyssinica* y *Jatropha curcas*. La *Brassica carinata* es una alternativa real al secano y regadío extensivo. La *Cynara cardunculus* es un cultivo plurianual y permanente, de unos diez años de ocupación del terreno, y orientado fundamentalmente a la producción de biomasa, aunque también puede aprovecharse sus semillas para la obtención de aceite. Se obtienen de 2000 a 3000 kilogramos de semillas, cuyo aceite sirve de materia prima para la fabricación de biodiesel.

#### **c. Aceites vegetales modificados genéticamente**

Los aceites y las grasas se diferencian principalmente en su contenido de ácidos grasos. Los aceites con proporciones altas de ácidos grasos insaturados, como el aceite de girasol o de *Camelina sativa*, mejoran la operatividad del biodiesel a bajas temperaturas, pero disminuye su estabilidad a la oxidación, que se traduce en un índice de yodo elevado. Por este motivo, se puede tener en consideración, como

materias primas para producir biodiesel, los aceites con elevado contenido en insaturaciones, que han sido modificados genéticamente para reducir esta proporción, como el aceite de girasol de alto contenido oleico.

#### **d. Aceites de frituras usados**

El aceite de fritura usado es una de las alternativas con mejores perspectivas en la producción de biodiesel, ya que es la materia prima más barata, y con su utilización se evitan los costes de tratamiento como residuo. Ecuador es un gran consumidor de aceites vegetales, centrándose el consumo en el aceite de palma.

Por su parte, los aceites usados presentan un bajo nivel de reutilización, por lo que no sufren grandes alteraciones y muestran una buena aptitud para su aprovechamiento como biocombustible.

Además, como valor añadido, la utilización de aceites usados significa la buena gestión y uso del residuo, el informe sobre el marco regulatorio de los carburantes propone reciclar aceites de frituras en biodiesel, este aceite da problemas al depurar el agua; sin embargo, su recogida es problemática. El Ministerio del Medio Ambiente (a nivel nacional) y los Municipios (a nivel cantonal) son los llamados a crear un sistema de recogida de aceite frito, oleínas y grasas proponiéndoselo en tres etapas: industrial, hostería y doméstica, con especial atención a su control y trazabilidad debido a su carácter de residuo. En el país, dicha recogida no está siendo promovida pese a la existencia del TULAS que establece la prohibición de verter aceites usados, lo cual es un incentivo más para su utilización en la fabricación de biodiesel.

#### **e. Grasas animales**

Además de los aceites vegetales y los aceites de frituras usados, las grasas animales, y más concretamente el sebo de la vaca, pueden utilizarse como materia prima de la transesterificación para obtener biodiesel. El sebo tiene diferentes grados de calidad respecto a su utilización en la alimentación, empleándose los de peor calidad en la formulación de los alimentos de animales. La aplicación de grasas animales surgió a raíz de la prohibición de su utilización en la producción de piensos, como salida para los mismos como subproducto. Sin embargo, actualmente no existe un nivel de aplicación industrial.

#### **f. Aceites de otras fuentes**

Por otra parte, es interesante señalar la producción de lípidos de composiciones similares a los aceites vegetales, mediante procesos microbianos, a partir de algas, bacterias y hongos, así como a partir de micro algas.

### **2.2.7 PROCESO DE OBTENCIÓN**

Según Acosta F. (2008) el biodiesel se elabora a partir de grasas de origen animal y vegetal, que desde el punto de vista químico son triglicéridos. No puede hacerse con grasa de origen inorgánico, como el aceite lubricante.

Básicamente existen tres caminos para producir biodiesel:

- Transesterificación del aceite con un catalizador básico.
- Transesterificación del aceite con un catalizador ácido.

- Conversión del aceite a sus ácidos grasos y posteriormente al biodiesel.

Pero el más acertado y utilizado en la actualidad es mediante un catalizador básico, ya que se realiza a bajas presiones y temperaturas; además, de que no existen productos intermedios.

Cada molécula de triglicérido está formada por tres moléculas de ácido graso unidas a una molécula de glicerina. La reacción de formación de biodiesel consiste en separar los ácidos grasos de la glicerina con ayuda de un catalizador (NaOH o KOH), y unir cada uno de ellos a una molécula de metanol o de etanol. Esta reacción se llama transesterificación.

Como en este caso se va a producir biodiesel a partir de aceite vegetal de frituras hay que añadir unos pasos antes de la transesterificación.

#### **a. Proceso de filtrado**

Este punto tiene como objetivo separar la mayor cantidad de impurezas sólidas, para que así no exista ningún contaminante externo el momento de la reacción.

#### **b. Proceso de deshidratación**

El proceso de deshidratación consiste en calentar el aceite a una temperatura de 100°C e instantáneamente dejarlo que se enfríe, no debe ser tapado para que el vapor salga.

El agua del aceite reacciona con el catalizador, especialmente si hay un exceso de catalizador, y puede que la mezcla se convierta en gelatina, por eso es importante el proceso de deshidratación.

### c. Proceso de transesterificación

La transesterificación es una reacción química que realiza el aceite vegetal (glicerol) para ser sustituido por un alcohol más simple (metanol o etanol), utilizando una lejía como catalizador. De este proceso, y tras una transesterificación química importante, se obtienen esteres grasos (el ester etílico o el ester metílico). Debido a la transesterificación se forma un residuo llamado glicerina. Esta puede tener varias aplicaciones, una de ellas puede ser la fabricación de jabón. Para tener un óptimo proceso de transesterificación se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- **Alcohol.**-el alcohol puede ser metanol o etanol. Puede hacerse metanol a partir de biomasa (madera), sin embargo casi todo el metanol disponible procede del gas natural, que es un combustible fósil. La mayor parte del etanol disponible procede de las plantas (el resto procede del petróleo), y además puede producirse de forma casera. Hacer biodiesel con etanol es mucho más difícil que hacerlo con metanol. El biodiesel de etanol no es para principiantes.
- **Catalizador.**-el catalizador puede ser hidróxido de potasio (KOH) o hidróxido de sodio (NaOH, sosa caustica). Ambos son higroscópicos, es decir, que absorben fácilmente la humedad del aire, y eso reduce su capacidad para catalizar la reacción. Hay que guardarlos siempre en recipientes cerrados herméticamente.

**Tabla 2.3 Comparación entre catalizadores**

HIDRÓXIDO DE SODIO (NaOH)	HIDRÓXIDO DE POTASIO (KOH)
Más económico	Más caro
Bueno como catalizador	Excelente como catalizador
Produce Glicerina	Produce fertilizante como subproducto, glicerina
Se disuelve con un poco de dificultad	Se disuelve con facilidad
Se utiliza en menor cantidad para la transesterificación	Se utiliza en mayor cantidad para la transesterificación

**Fuente:** Grupo de investigación

#### **d. Proceso de lavado**

Hay que lavar el biodiesel para quitarle el jabón, el metanol, el catalizador, la glicerina y otras impurezas. Algunas personas (cada día menos) insisten en que no hace falta lavarlo, argumentando que unas pocas impurezas no dañan el motor.

Pero tocaría ver lo que dicen sobre esas impurezas los fabricantes de equipos de inyección de combustible (Delphi, Stanadyne, Denso, Bosch).

Para el lavado del biodiesel se recomienda hacerlo por los dos métodos existentes:

- **Lavado por niebla.-** consiste en colocar un atomizador en una manguera para que al momento de regar el agua salga en pequeñas partículas y así logramos no agitar el biodiesel.

Si el biodiesel se agita con fuerza mientras se riega el agua se produce una emulsificación del agua y luego se vuelve dificultosa la separación del agua.

Se recomienda colocar un racor para el caso de que exista agua emulsificada.

- **Lavado por burbujas.**-mediante una bomba de acuario, lo que hacemos es colocar directamente el agua y después encender la bomba de acuario, lo que esto nos permite es elevar burbujas de agua y mientras descienden van arrastrando las impurezas al fondo.

- Cuanto más frío hace menos efectivo es el lavado, porque tarda más y necesita más agua.

Si el reactor y el tanque de lavado están dentro de un edificio con calefacción no deberías tener problemas; de lo contrario tienes que calentar el biodiesel o, mejor, el agua. Procura que la temperatura dentro del tanque se mantenga como mínimo a 30° C (86° F).

NOTA: Tanto el lavado con burbujas como el lavado con niebla funcionan bien en lotes grandes, aunque con los mismos problemas que en los lotes pequeños: el lavado con niebla necesita más agua y forma menos emulsión que el lavado con burbujas, que necesita poca agua, pero puede formar una emulsión.

#### **e. Proceso de secado y almacenamiento**

Cuando el combustible está cristalino, es decir, que se puede ver a través de él, ya está seco. En realidad nunca queda totalmente seco; aunque los estándares dicen que no debe contener agua, siempre absorbe un poco de humedad de la atmósfera, entre 1.200 y 1.500 ppm, pero es agua diluida, que no da problemas, a diferencia del agua en suspensión.

Se seca solo. Tarda entre un día y una semana empezando a contar desde que se separa del agua del último lavado.

Ya frío el biodiesel hay que guardarlo en un recipiente hermético para evitar que se oxide por el oxígeno de la atmosfera y así tendrá más tiempo de duración.

### **2.2.8 NORMATIVA PARA EL BIODIESEL**

Dentro de la (ASTM) se elaboró la especificación D-6751 (ver tabla 2.4) para asegurar así la calidad del biodiesel producido. Aunque originalmente se trató de hacer una norma para el uso del B100 como combustible único en motores Diesel, la falta de experiencia con mezclas altamente concentradas impidió que esto ocurra. Por lo tanto, este estándar es aplicable para realizar mezclas B20 o menores. A pesar de ello, muchos usuarios en EEUU utilizan el B100 basándose en esta norma.

**Tabla 2.4 Normativa ASTM D-6751-03**

PROPIEDAD	MÉTODO ASTM	LÍMITES	UNIDADES
Punto de Inflamación	D-93	130,0 min.	°C
Agua y Sedimentos	D-2709	0,050 máx.	% vol.
Viscosidad Cinemática @ 40 °C	D-445	1,9 @ 6,0	mm <sup>2</sup> /s
Cenizas Sulfatadas	D-874	0,020 máx.	% masa
Sulfuro*	D-5453	0,0015 máx. ( S 15 ) 0,0500 máx ( S 500 )	% masa
Corrosión en el Cobre	D-130	No 3. máx.	
Número de Cetano	D-613	47 mín.	
Punto Nube	D-2500	Reportar al usuario**	°C
Residuos de Carbón***	D-4530	0,050 máx.	% masa
Número Ácido	D-664	0,80 máx.	mg. KOH/g
Glicerina Libre	D-6584	0,020 máx.	% masa
Glicerina Total	D-6584	0,240 máx.	% masa
Contenido de Fósforo	D-4951	0,001 máx.	% masa
Temperatura de Destilación ( T 90 )****	D-1160	360 máx.	°C
<p>* El contenido de sulfuro será reducido a 15 ppm para el 2006 en los EEUU.  ** Se debe tomar en cuenta que el punto nube aumenta al realizar las mezclas  *** El contenido de carbón debe ser medido en el 100 % de la muestra.  **** Temperatura atmosférica equivalente.</p>			

**Fuente:** Standart Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels

## 2.2.9 NORMAS AMBIENTALES RESPECTO A LOS GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN EN AUTOMOTORES A DIESEL

Para el caso del diesel puro, las emisiones de gases contaminantes provenientes del proceso de combustión dentro de vehículos automotores, tienen que encontrarse dentro de ciertos límites normados. Mundialmente, muchos países adoptan los estándares EURO como base para el control de las emisiones. En el Ecuador, estos límites se detallan en la norma NTE INEN 2 207:2002. El alcance de esta norma abarca todos los motores de fuentes móviles de más de 3 ruedas que usan diesel como combustible, las cuales pueden ser bien importadas o ensambladas en el país. En la tabla 2.5 se detallan los límites máximos de emisiones permitidos.

**Tabla 2.5 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor diesel**

CLASE	PESO DEL VEHÍCULO [Kg]	PESO DEL VEHÍCULO CARGADO [Kg]	CO [g/Km]	HC [g/Km]	NOx [g/Km]	PM [g/Km]	CICLOS DE PRUEBA
Vehículos livianos *	Todos	Todos	2,10	0,25	0,62	0,12	FTP – 75
Vehículos medianos *	≤ 3860	≤ 1700	6,2	0,5	0,75	0,16	
		>1700 ≤3860	6,2	0,5	1,1	0,28	
Vehículos pesados**	> 3860	Todos	15,5	1,3	5,0	0,10***	Transiente pesado
M1 <sup>(1)</sup>	≤ 3500	Todos	2,72	0,97	0,14	ECE- 15 +EUDC	
M2 <sup>(2)</sup> , N1		≤ 1250	2,72	0,97	0,14		
		>1200 ≤1700	5,17	1,4	0,19		
		> 1700	6,9	1,7	0,25		
N2,N3, M2, M3 <sup>(3)</sup>	> 3500	Todos	4,0	1,1	7,0	0,15	ECE - 49

\* Prueba realizada a nivel del mar  
 \*\* En [g/BHP-h]  
 \*\*\* Para buses urbanos el valor es 0,07 [g/BHP-h]

(1) Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas.  
 (2) Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda a 2,5 toneladas.  
 (3) Unidades [g/Kw-h]

**Fuente:** NTE INEN 2 207:2002

## **CAPÍTULO 3**

### **LEVANTAMIENTO ESTADÍSTICO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS ACEITES USADOS COMO MATERIA PRIMA**

#### **3.1 LEVANTAMIENTO ESTADÍSTICO**

El tipo de investigación que se aplicó para el levantamiento estadístico es una investigación directa, aquella en la que el investigador observa directamente los casos o individuos en los cuales se produce el fenómeno, entrando en contacto con ellos; sus resultados se consideran datos estadísticos originales, por esto se llama también investigación primaria.

El levantamiento estadístico se realizó con la finalidad de obtener información acerca de la disponibilidad de la materia prima (aceite de frituras) en la ciudad de Latacunga y también sobre el uso que se da a los aceites vegetales usados, para lo cual se tomó una muestra de 30 lugares donde se preparan frituras.

##### **3.1.1 OBTENCIÓN DE DATOS ESTADÍSTICOS**

Para la recolección de datos se usó una encuesta la cual fue aplicada a los salones de comida del C.C. Maltería Plaza, puestos ambulantes de frituras y salones dentro de la ciudad de Latacunga.



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 3.1 Aplicando la encuesta en un comedor particular de frituras**

La encuesta posee cuestionario mixto; es decir contiene preguntas abiertas y cerradas.

Las preguntas abiertas le dan la libertad de contestar lo que el entrevistado desee, mientras que las preguntas cerradas le presentan opciones de respuesta, teniendo que elegir una de ellas.

La encuesta aplicada se encuentra en el ANEXO "B".



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 3.2 Aplicando la encuesta en el C.C. Maltería Plaza**

### 3.1.2 ORDENAMIENTO, REPRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS

Para el ordenamiento, representación y análisis de los datos obtenidos mediante la encuesta, se procedió a estudiar de forma individual cada pregunta.

A parte de la distribución de frecuencias, los datos también son presentados en gráficos contentivos. La representación gráfica permite apreciar de forma más rápida los datos obtenidos.

La conclusión se efectuó al último de cada pregunta.

#### a. Ordenamiento, representación y análisis de datos de la primera pregunta

Pregunta: ¿Qué cantidad de aceite desecha al día?

**Tabla 3.1 Cantidad de aceite desechado al día**

Litros de aceite al día	Cantidad de locales
1-5	10
6-10	8
11-15	5
16-20	5
21-25	2

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

**Figura 3.3 Cantidad de aceite desechado al día**

Con respecto a la figura 3.3 se determinó que el 33.3% de los lugares de frituras desechan de 1 a 5 litros de aceite por día, siendo la mayor parte de la muestra, mientras que el 6.6% desechan de 21 a 25 litros por día.

El promedio de aceite desechado diariamente es de 280 lt entre todos los establecimientos de comidas. Con esta cantidad de aceite se puede realizar un total de 6 procesos y obtener 250 lt de biodiesel.

**b. Ordenamiento, representación y análisis de datos de la segunda pregunta**

Pregunta: Luego de usar el aceite ¿Qué realiza con él?

**Tabla 3.2 Actividad luego de usar el aceite**

Actividad	Cantidad
Arroja por el caño	21
Vende	0
Entrega a un recolector	3
Otros	6

**Fuente:** Grupo de investigación



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 3.4 Actividad luego de usar el aceite**

La figura 3.4 determina que el 70% de los locales de frituras arrojan el aceite por el caño, mientras que el 30 % lo entregan a un recolector o realiza otra actividad con él.

Cabe recalcar que los únicos establecimientos que entregan el aceite a un recolector son los locales ubicados en el Centro Comercial Maltería Plaza.

**c. Ordenamiento, representación y análisis de datos de la tercera pregunta**

Pregunta: ¿Sabía usted que el aceite es un gran contaminante como desperdicio y su tratamiento es costoso?

**Tabla 3.3 Nivel de conocimiento sobre el grado de contaminación del aceite**

Opciones	Cantidad
SI	12
NO	18

**Fuente:** Grupo de investigación



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 3.5 Nivel de conocimiento sobre el grado de contaminación del aceite**

El 60% de los establecimientos de comida encuestados desconocen la contaminación que producen al arrojar los aceites usados por las cañerías o al medio ambiente.

**d. Ordenamiento, representación y análisis de datos de la cuarta pregunta**

Pregunta: ¿Sabía usted que con el aceite usado se pueden realizar jabones, biodiesel entre otras cosas?

**Tabla 3.4 Nivel de conocimiento sobre usos que se da al aceite usado**

Opciones	Cantidad
SI	9
NO	21

**Fuente:** Grupo de investigación



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 3.6 Nivel de conocimiento sobre usos que se da al aceite usado**

El 90% de la muestra desconoce acerca de los derivados que se puede obtener a partir del aceite usado.

**e. Ordenamiento, representación y análisis de datos de la quinta pregunta**

Pregunta: Estaría usted dispuesto a entregar el aceite gratuitamente a un recolector.

**Tabla 3.5 Cantidad de locales dispuestos a entregar el aceite a un recolector**

Opciones	Cantidad
SI	26
NO	4

**Fuente:** Grupo de investigación



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 3.7 Cantidad de locales dispuestos a entregar el aceite a un recolector**

El 86.6 % de los locales encuestados están dispuestos a entregar el aceite de forma gratuita a un recolector, con un promedio de 240lt de aceite al día.

Este dato es beneficioso para este proyecto, por la colaboración que presentan los establecimientos de comidas; además, de colaborar con el medio ambiente ayudan a la formación de más fuentes de trabajo.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BIOREACTOR PARA BIODIESEL**

#### **4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Un prototipo de tratamiento de aceite vegetal reciclado o también llamado bioreactor requiere de ciertos parámetros para su diseño y construcción los cuales son el dimensionamiento, tipo, compatibilidad de materiales, temperaturas, etc.

##### **4.1.1 DIMENSIONAMIENTO POR CANTIDAD DE MATERIA PRIMA**

La cantidad de biodiesel a producirse es 40 litros por proceso, debido a que la empresa que proporciona el aceite vegetal reciclado nos entrega 50 litros semanalmente, este valor es muy importante porque a partir de ahí se procede al dimensionamiento, diseño y construcción de los depósitos para cada etapa del proceso.

##### **4.1.2 TIPO DE BIOREACTOR**

El tipo de bioreactor es semiautomático y en serie, ya que para la obtención de biodiesel se lo hará por etapas de filtrado, deshidratado, reacción y lavado consecutivamente. Cada una de estas etapas utilizará un depósito diferente.

### **4.1.3 COMPATIBILIDAD DE MATERIALES**

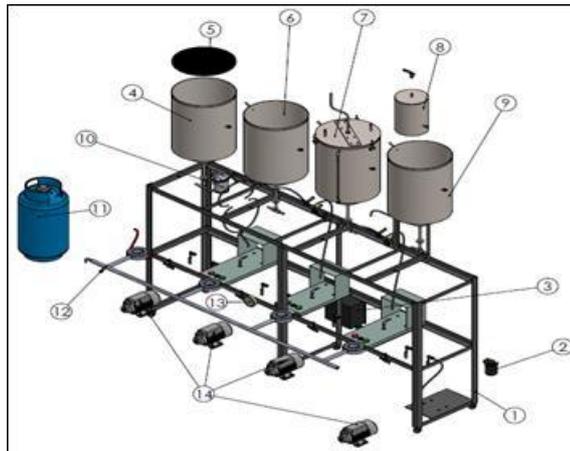
En el proceso de obtención de biodiesel se dan varias reacciones químicas de las cuales forman parte los fluidos, sustancias químicas y los materiales por donde se desplacen estos, algunos fluidos y sustancias químicas no son compatibles con ciertos materiales afectando directamente en la calidad del biodiesel, por esta razón se ha seleccionado de acuerdo a la tabla de compatibilidad de materiales con sustancias que intervienen en la producción de biodiesel ver ANEXO "A".

### **4.1.4 SOPORTE DE TEMPERATURAS**

En la mayoría de las etapas del proceso de producción de biodiesel los fluidos como aceite vegetal reciclado, biodiesel, agua, etc. son llevados a temperaturas de 100 °C por esta razón los depósitos que los contengan y los conductos por donde se desplacen deben soportar este tipo de temperaturas.

## **4.2 ELEMENTOS DEL BIOREACTOR**

El bioreactor se conforma de varios elementos los cuales se muestran en la figura 4.1.



Fuente: Grupo de investigación

**Figura 4.1 Elementos del bioreactor**

1. Estructura
2. Filtro primario
3. Caja eléctrica
4. Depósito de filtrado
5. Malla
6. Depósito de deshidratado
7. Depósito de reacción
8. Depósito de metóxido
9. Depósito de lavado
10. Filtro secundario
11. Cilindro de gas
12. Quemadores
13. Termómetro
14. Bombas

### 4.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS DEPÓSITOS

#### 4.3.1 DISEÑO DEL CILINDRO

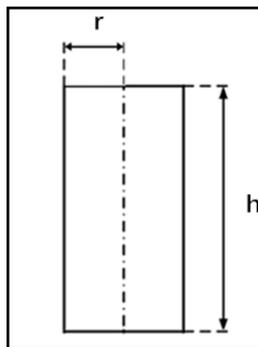
Para el diseño del cilindro se parte de la siguiente fórmula:

$$V_1 = \pi * r^2 * h \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

$V_1$  = volumen del cilindro

$r$  = radio

$h$  = altura



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura4.2 Dimensiones del cilindro**

- Cálculo del volumen del cilindro asumir  $r = 19.3\text{cm}$  y  $h = 53\text{cm}$ .

$$V_1 = \pi * (19.3 \text{ cm})^2 * 53 \text{ cm}$$

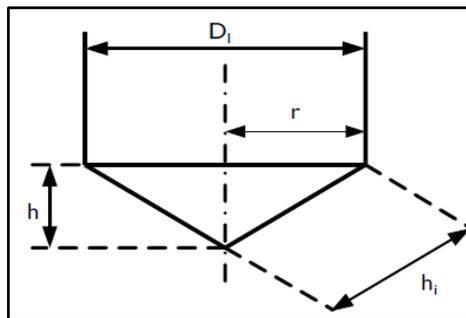
$$V_1 = \pi * 372.49 \text{ cm}^2 * 53 \text{ cm}$$

$$V_1 = 62021.22 \text{ cm}^3$$

$$V_1 = 62 \text{ litros}$$

### 4.3.2 DISEÑO DEL CONO

Para el diseño del cono se mide y se calcula el diámetro exterior del cilindro. Primerohay que hallar la medida de  $h_i$ , que se calcula mediante el teorema de Pitágoras:



**Fuente:** Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala

**Figura 4.3 Medidas del tanque y cono**

$$h_i = \sqrt{r^2 + h^2}$$

**Ecuación (4.2)**

$h_i$  = medida que indica el largo del cono

$r$  = radio

$h$  = altura

$D_i$  = diámetro del cilindro

$h_i$  va a indicar el radio del círculo que deberá tener la plancha para construir el cono.

- Cálculo de  $h_i$  asumir  $r = 19.3\text{cm}$  y  $h = 15\text{cm}$ .

$$h_i = \sqrt{(19.3 \text{ cm})^2 + (15 \text{ cm})^2}$$

$$h_i = \sqrt{579 \text{ cm}^2}$$

$$h_i = 24.443 \text{ cm}$$

- Cálculo del volumen del cono.

$$V_2 = \frac{1}{3} * \pi * r^2 * h \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

$$V_2 = \frac{1}{3} * \pi * (19.3 \text{ cm})^2 * 15 \text{ cm}$$

$$V_2 = 5851.05 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = 6 \text{ litros}$$

- Cálculo del volumen total del depósito.

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 \quad \text{Ecuación (4.4)}$$

$V_{\text{total}}$  = volumen total del depósito

$V_1$  = volumen del cilindro

$V_2$  = volumen del cono

$$V_{\text{total}} = 62 \text{ lt} + 6 \text{ lt}$$

$$V_{\text{total}} = 68 \text{ lt}$$

### 4.3.3 ANÁLISIS DE FUERZAS ESTÁTICAS

En el depósito se encuentran tensiones estáticas de sujeción, que se ubican en los puntos de apoyo formadas por el apriete que existe de los pernos con la estructura metálica y de los acoples con la tubería, estas fuerzas son representadas de color verde. También existen tensiones estáticas al interior del depósito que son generadas por la presión del fluido que contenga el depósito, estas fuerzas son representadas de color morado como se puede observar en la figura 4.4.

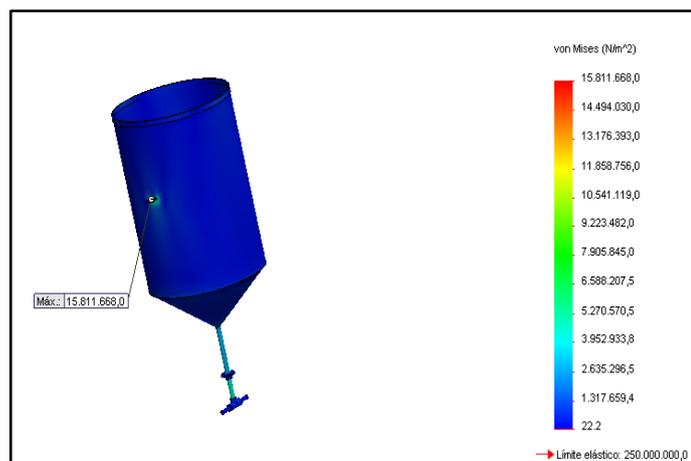


Fuente: Grupo de investigación

**Figura 4.4 Tensiones estáticas en los depósitos grandes**

#### 4.3.4 ESFUERZO DE VON MISES

La tensión máxima a la que está sometido el depósito es 15811.688Pa (0.1613bar) ubicada en los puntos de apoyo y representada de color verdoso, mientras que el límite elástico del material es 250000000Pa (2551.02bar), por ende el diseño y material de fabricación son los correctos.

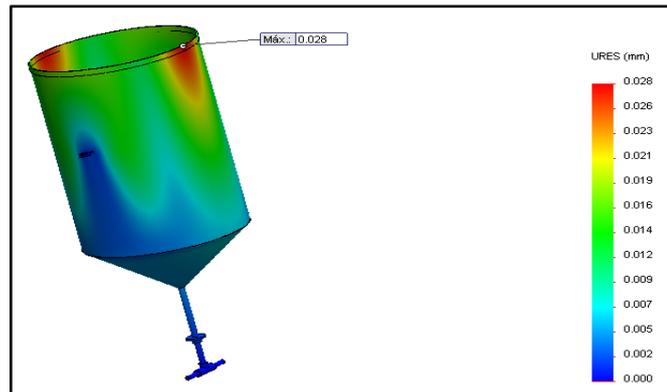


Fuente: Grupo de investigación

**Figura 4.5 Esfuerzo de Von Mises en los depósitos grandes**

### 4.3.5 DESPLAZAMIENTOS

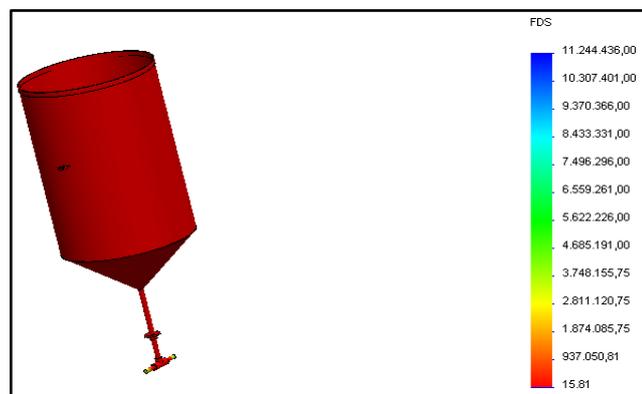
El desplazamiento máximo se ubica en la parte superior del depósito, tiene una magnitud 0.028mm y representa la parte roja de la figura 4.6.



Fuente: Grupo de investigación  
Figura 4.6 Desplazamientos en los depósitos grandes

### 4.3.6 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad de los depósitos grandes es de 15.81, esto quiere decir que los depósitos soportan 15.81 veces su peso lo cual es bastante confiable, considerando que este análisis se ha hecho con las cargas máximas aplicadas.



Fuente: Grupo de investigación  
Figura 4.7 Factor de seguridad en los depósitos grandes

#### **4.4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE METÓXIDO**

El depósito de metóxido se fabrica en acero inoxidable tipo 304, tiene forma cilíndrica. Para su construcción se corta un rectángulo de 30.5cm x 62.8cm y para las caras laterales del cilindro se corta dos círculos de diámetros 20cm.

##### **4.4.1 DISEÑO DEL CILINDRO**

Considerando que la cantidad de metóxido representa un 20% de la cantidad aceite vegetal reciclado para procesar, se calcula el volumen del depósito de metóxido.

- Cálculo del volumen del cilindro utilizando la ecuación 4.1, asumir  $r = 10\text{cm}$  y  $h = 30.5\text{cm}$ .

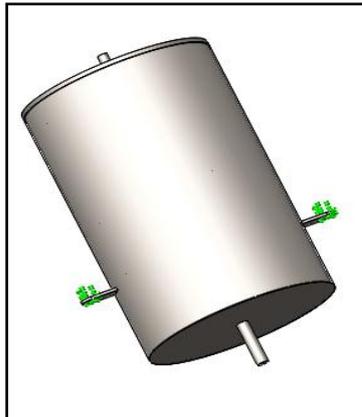
$$V = \pi * 100 \text{ cm}^2 * 30.5 \text{ cm}$$

$$V = 9581.85 \text{ cm}^3$$

$$V = 9.5 \text{ lt}$$

##### **4.4.2 ANÁLISIS DE FUERZAS ESTÁTICAS**

En el depósito de metóxido se encuentra tensiones estáticas de sujeción, las cuales están ubicadas en los puntos de apoyo, estas fuerzas se forman por el apriete que existe entre los pernos la estructura metálica y están representadas de color verde en la figura 4.8.

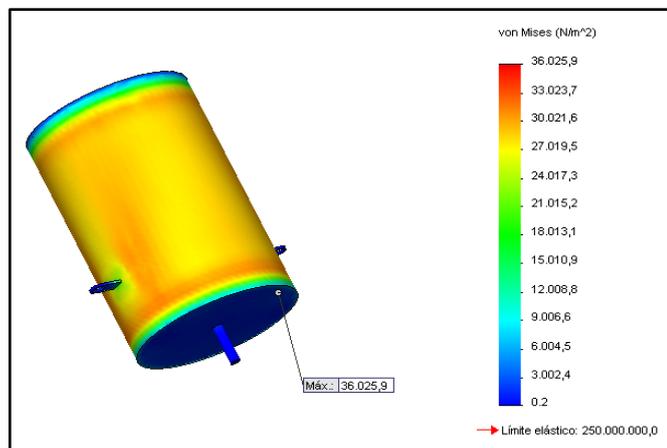


Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.8 Tensiones estáticas en el depósito de metóxido

#### 4.4.3 ESFUERZO DE VON MISES

El depósito de metóxido está sometido a una tensión máxima 36025.9Pa (0.3676bar), siendo el límite elástico del material 50000000Pa (510.20bar) el diseño y material son los correctos.

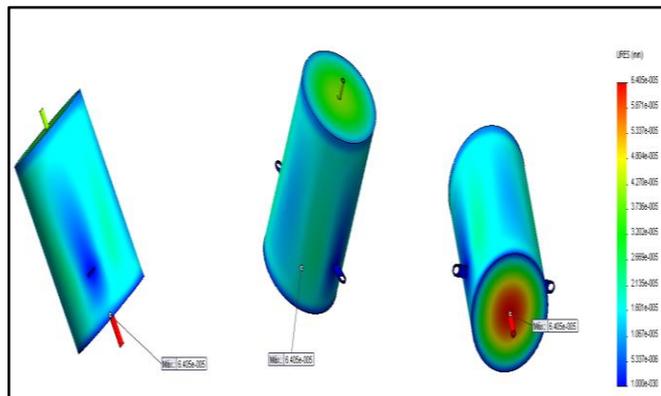


Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.9 Esfuerzo de Von Mises en el depósito de metóxido

#### 4.4.4 DESPLAZAMIENTOS

El desplazamiento máximo del depósito de metóxido tiene un valor de  $6.405e^{-005}$ mm, este se ubica en la parte posterior como se puede observar en la figura 4.10.

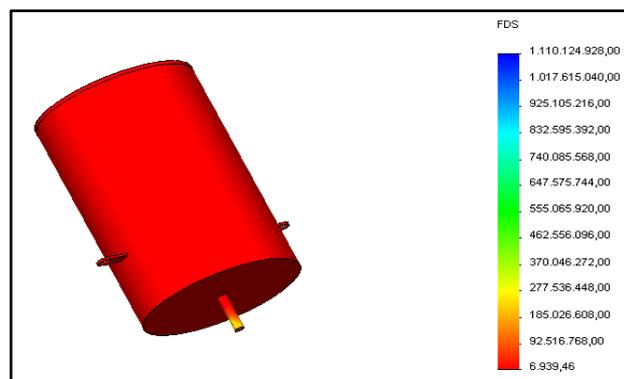


Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.10 Desplazamientos en el depósito de metóxido

#### 4.4.5 FACTOR DE SEGURIDAD

En el depósito de metóxido se tiene un factor de seguridad de 6939.46, con las cargas aplicadas al máximo se considera fiable.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.11 Factor de seguridad en el depósito de metóxido

## 4.5 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCUTRA

La estructura metálica debe ser robusta y firme para soportar el peso de todos los elementos del bioreactor. Está hecha con ángulos en “L” de hierro de (40\*40\*3) mm para el soporte de los depósitos grandes y ángulos en “L” de hierro de (25\*25\*2)mm para el depósito de metóxido.

- Primero con un flexómetro se toma las medidas y se corta con una amoladora los ángulos en “L”.
- Utilizando soldadura tipo SMAW, se suelda la estructura y también unas ruedas metálicas que le permiten ser una estructura móvil.
- Con el taladro de mano se procede a realizar las perforaciones necesarias para la ubicación de todos los componentes del reactor.
- Se pinta la estructura de color negro para evitar la oxidación del metal.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.12 Construcción de la estructura

### 4.5.1 ANÁLISIS DE FUERZAS EN LA ESTRUCTURA

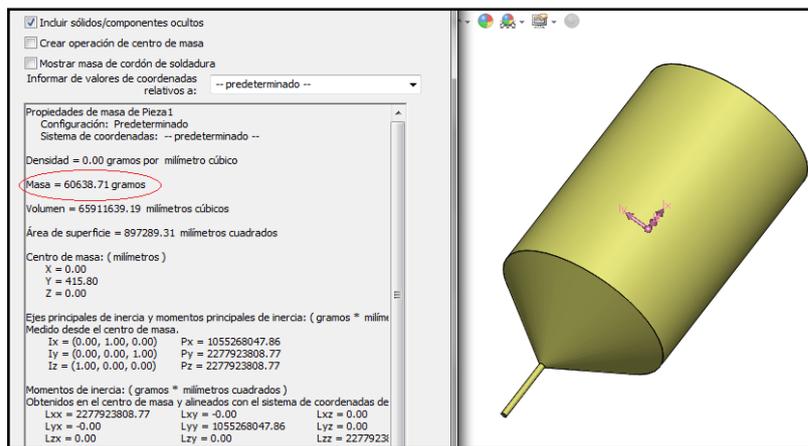
Para determinar las fuerzas que intervienen en la estructura se empieza por conocer el valor de la masa de cada uno de los depósitos, para ello tenemos que hacer el siguiente análisis.

Debido a que la densidad del aceite es mayor que la densidad del diesel, se utiliza la densidad del diesel para el cálculo de la masa.

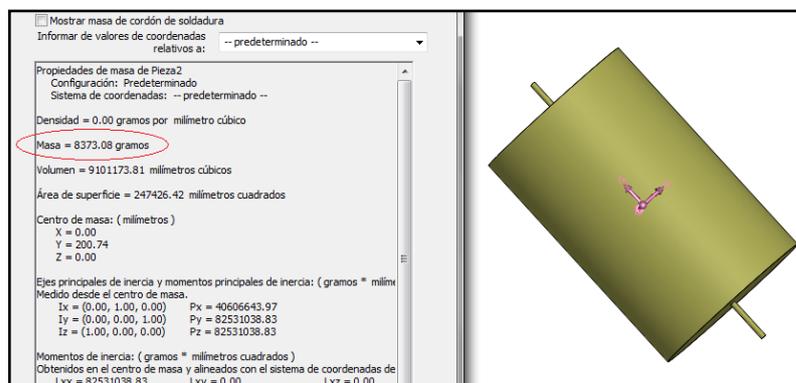
$$\text{Densidad del aceite} = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Densidad del diesel} = 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Mediante el programa de diseño gráfico SolidWorks se puede conocer la masa de los depósitos grandes que equivale a 60.638kg como se puede observar en la figura 4.13 y también la masa del depósito pequeño que equivale a 8.373kg que se visualiza en la figura 4.14.

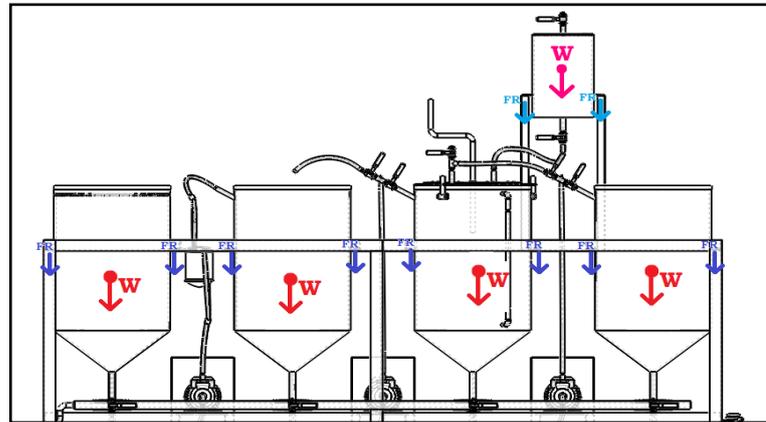


Fuente: Grupo de investigación  
 Figura 4.13 Masa de depósitos grandes



Fuente: Grupo de investigación  
 Figura 4.14 Masa del depósito de metóxido

En la figura 4.15 se puede observar cómo se distribuyen las fuerzas en toda la estructura y también los puntos críticos donde se concentran.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.15 Fuerzas resultantes en la estructura

$$W = m * g$$

Ecuación (4.5)

W = fuerza resultante

m = masa de los depósitos

g= gravedad

- Cálculo de la fuerza resultante de depósitos grandes ( $W_{dg}$ ).

$$W_{dg} = 60.638 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{dg} = 594.85 \text{ N}$$

- Cálculo de la fuerza resultante del depósito de pequeño ( $W_{dp}$ ).

$$W_{dp} = 8.373 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{dp} = 82.13 \text{ N}$$

- Cálculo de la fuerza resultante en los soportes de los depósitos grandes ( $FR_{dg}$ ).

$$FR_{dg} = \frac{w}{2} \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

$$FR_{dg} = \frac{594.85 \text{ N}}{2}$$

$$FR_{dg} = 297.42 \text{ N}$$

- Cálculo de la fuerza resultante en los soportes del depósito de metóxido ( $FR_{dp}$ ).

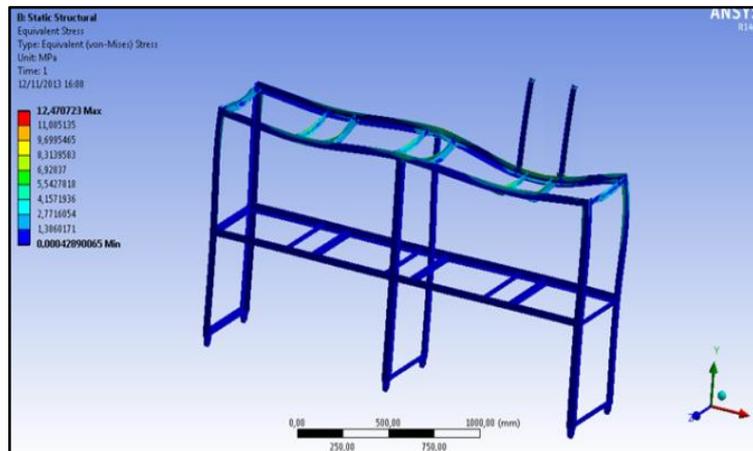
$$FR_{dp} = \frac{82.13 \text{ N}}{2}$$

$$FR_{dp} = 41.06 \text{ N}$$

#### 4.5.2 ESFUERZOS DE VON MISES

Mediante el análisis estructural del esfuerzo de Von Mises se puede observar en la figura 4.16, como la estructura en su mayoría presenta un color azul, lo cual quiere decir que está sometida a una tensión mínima de 0.00042890065MPa (0.0043bar).

Estando muy lejos de alcanzar el valor de la tensión máxima que es 12.470723MPa (127.2522bar) la cual es representada de color rojo, se puede decir que el diseño y material de la estructura son los correctos.

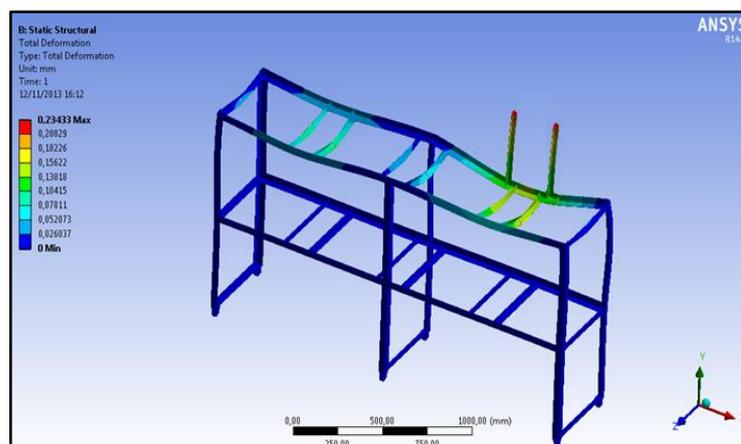


Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.16 Esfuerzo de Von Mises en la estructura

### 4.5.3 DEFORMACIÓN

La estructura en su mayoría presenta un valor mínimo de deformación de 0mm representada de color azul y un valor máximo de deformación 0.23433 mm representada de color rojo, considerando que la deformación máxima se encuentra donde existen varios componentes del reactor y que los depósitos son de acero inoxidable, se puede decir que la estructura es altamente confiable.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 4.17 Deformación en la estructura

Para la construcción de toda máquina lo primordial son los planos de diseño, y este caso no es la excepción, los planos del bioreactor se encuentran en el ANEXO "1".

## CAPÍTULO 5

### OBTENCIÓN DEL BIODIESEL

#### 5.1 ETAPA DE FILTRACIÓN

El depósito de filtrado posee un anillo con una malla y tela para filtrar, esto es para impurezas relativamente grandes (pedazos de carne, comida, etc.).

En esta etapa se reposa el aceite en los galones durante 24 horas con la finalidad que las impurezas y el agua se vayan al fondo, para lograr obtener un aceite más limpio.

Una vez reposado el aceite, se vertió en el primer tanque del reactor.



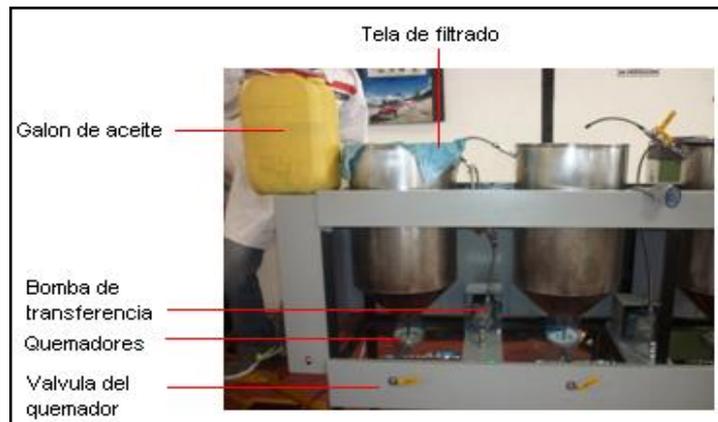
**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 5.1 Demostración de un filtrado**

A continuación se calentó el aceite a 30°C con las siguientes finalidades:

- Disminuir la densidad y viscosidad del aceite durante todo el proceso.

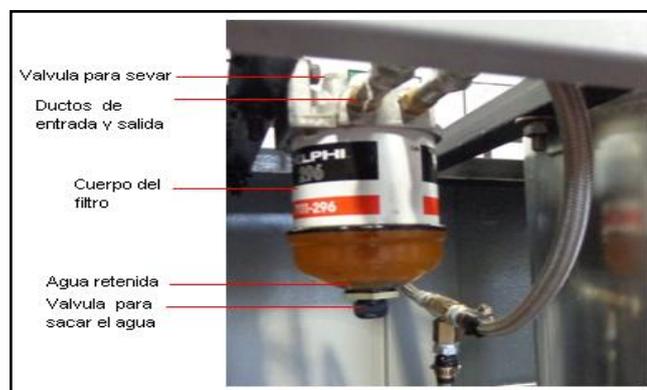
- Proteger los esfuerzos generados por las bombas.
- Salvaguardar los filtros de menor micraje presentes más adelante en el proceso.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.2 Partes para el filtrado**

Calentado el aceite, se procede a encender la bomba de transferencia para transvasar el fluido al depósito de deshidratación, pasando a la vez por el filtro de mayor micraje.

Cabe recalcar que las bombas de transferencia han sido modificadas internamente con el propósito que puedan soportar altas temperaturas.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.3 Filtro con trampa de agua**

El filtro mostrado en la figura 5.3 posee doble ducto de entrada y salida, esto ayuda a tener un mayor flujo de aceite, además; presenta la ventaja de capturar la mayor cantidad de agua posible para ahorrar energía en el proceso de deshidratación.

## 5.2 ETAPA DE DESHIDRATACIÓN

Consiste en eliminar el agua contenida en el aceite, mediante evaporación o por decantación.



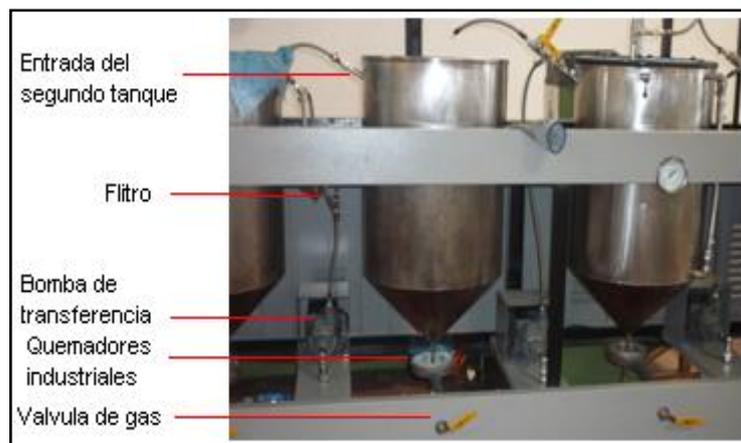
**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.4 Aceite filtrado**

Para la deshidratación se calentó el aceite a 90°C y posteriormente se dejó reposar por ocho horas para que el agua existente se decante y poderlo drenar con facilidad.

Se procedió a realizar una valoración del aceite tomando una muestra de 20ml; si se observa pequeñas partículas de agua suspendidas, significa que la deshidratación anterior no fue satisfactoria y se procede de la siguiente manera:

- Elevar la temperatura del aceite a 100°C, con 5 minutos a esta temperatura será suficiente para que el agua suspendida se evapore.

Este último proceso no se recomienda por largos periodos de tiempo (10-15 minutos) ya que mientras más alta la temperatura y más tiempo permanezca así, el aceite se vuelve más ácido y eso involucraría más reactivos para neutralizar el aceite.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 5.5 Proceso de deshidratación**

### 5.3 DETERMINACIÓN DE PUREZA DE REACTIVOS

Previa obtención del biodiesel se determinó la pureza del KOH (hidróxido de potasio al 90% de pureza), este es uno de los factores que sirve para saber la cantidad de KOH a utilizar, el otro factor depende de la acidez del aceite.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 5.6 Pesaje del hidróxido de potasio**

Para identificar la pureza del KOH se utiliza ftalato ácido de potasio (KPH).

Procedimiento aplicado:

- Pesar 0,2gr de KOH (hidróxido de potasio) y considerar su peso molar.

$$P_{\text{KOH}} = 0,2921\text{gr}$$

$$1\text{molKOH} = 56\text{gr}$$

- Disolver 0.2921gr de KOH en 100ml de agua destilada y cargarla en una bureta.
- En tres Erlen Mehier pesar 0.2gr de ftalato ácido de potasio (no debe ser exacto el valor), y apuntar los valores (mientras mayor cantidad de Ftalato ácido de potasio mejor resultado)

$$P_{1\text{KPH}} = 0,1700\text{gr}$$

$$P_{2\text{KPH}} = 0,2011\text{gr}$$

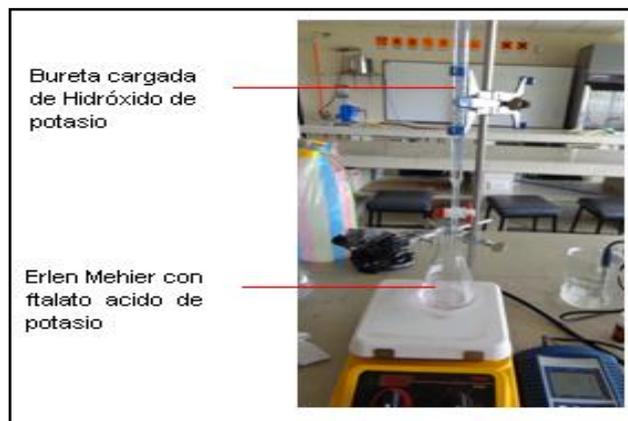
$$P_{3\text{KPH}} = 0,1490\text{gr}$$

- Disolver en 10ml de agua destilada a cada uno.
- Colocar dos gotas de fenolftaleína en los Erlen Mehier, para cuando se neutralice la solución tome color rosado.
- Tomar uno de los Erlen Mehier y añadirle la solución de hidróxido de potasio, hasta que se torne de color rosado y apuntar los valores de cuantos ml de KOH fueron necesarios.
- Repetir el último procedimiento con los Erlen Mehier restantes.

$$P_{1\text{KPH}} = 0,1700\text{g} \Rightarrow V_1 = 17,90\text{ml}$$

$$P_{2\text{KPH}} = 0,2011\text{g} \Rightarrow V_2 = 20,95\text{ml}$$

$$P_{3\text{KPH}} = 0,1490\text{g} \Rightarrow V_3 = 15,5\text{ml}$$



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 5.7 Determinación de pureza del hidróxido de potasio**

Para calcular la pureza con los datos adquiridos se aplicó las siguientes formulas:

$$C_{1(\text{PUREZA})} = \frac{P_{1\text{KPH}}}{V_1} \times \frac{1\text{mol}_{\text{KOH}}}{204,22\text{g}_{\text{KPH}}} \times \frac{56\text{gr}}{1\text{mol}_{\text{KOH}}} \times \frac{10000}{P_{\text{KOH}}} \quad \text{Ecuación (5.1)}$$

$$C_1 = \frac{0,1700\text{g}_{\text{KPH}}}{17,90\text{ml}} \times \frac{1\text{mol}_{\text{KOH}}}{204,22\text{g}_{\text{KPH}}} \times \frac{56\text{gr}}{1\text{mol}_{\text{KOH}}} \times \frac{10000}{0,2921\text{KOH}}$$

$$C_1 = 89,15$$

$$C_{2(\text{PUREZA})} = \frac{P_{2\text{KPH}}}{V_2} \times \frac{1\text{mol}_{\text{KOH}}}{204,22\text{g}_{\text{KPH}}} \times \frac{56\text{gr}}{1\text{mol}_{\text{KOH}}} \times \frac{10000}{P_{\text{KOH}}}$$

$$C_2 = \frac{0,2011\text{g}_{\text{KPH}}}{20,95\text{ml}} \times \frac{1\text{mol}_{\text{KOH}}}{204,22\text{g}_{\text{KPH}}} \times \frac{56\text{gr}}{1\text{mol}_{\text{KOH}}} \times \frac{10000}{0,2921\text{KOH}}$$

$$C_2 = 90,11$$

$$C_{3(\text{PUREZA})} = \frac{P_{3\text{KPH}}}{V_3} \times \frac{1\text{mol}_{\text{KOH}}}{204,22\text{g}_{\text{KPH}}} \times \frac{56\text{gr}}{1\text{mol}_{\text{KOH}}} \times \frac{10000}{P_{\text{KOH}}}$$

$$C_3 = \frac{0,1490\text{g}_{\text{KPH}}}{15,5\text{ml}} \times \frac{1\text{mol}_{\text{KOH}}}{204,22\text{g}_{\text{KPH}}} \times \frac{56\text{gr}}{1\text{mol}_{\text{KOH}}} \times \frac{10000}{0,2921\text{KOH}}$$

$$C_3 = 90,24$$

**Tabla 5.1 Pureza del hidróxido de potasio**

ITEM	CONCENTRACIÓN %	MEDIA
1	89.15	89.83%
2	90.11	
2	90.24	

Fuente: Grupo de investigación

Una vez observado los resultados de las tres pruebas se procedió a sacar la media, que es 89.83% de pureza del hidróxido de potasio.

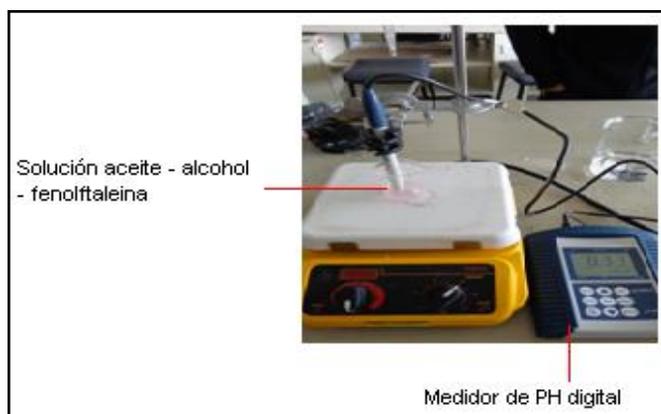
#### 5.4 TITULACIÓN DEL ACEITE Y PREPARACIÓN DEL METÓXIDO

Al procesar aceite usado es esencial titularlo, para determinar la cantidad de ácidos grasos libres que contiene y calcular cuánto catalizador hace falta para neutralizarlos.

Lo mejor es usar un medidor de ph electrónico, pero también se puede usar fenolftaleína, en este caso se usa los dos elementos para tener datos exactos.

Procedimiento aplicado:

- Disolver un gramo de hidróxido de potasio (KOH) en un litro de agua destilada (solución de KOH al 0,1% masa/ volumen).
- En un vaso de medición disolver 1ml de aceite en 10ml de alcohol isopropílico puro.
- Someter a baño maría y agitar hasta que el aceite se disuelva totalmente en el alcohol.
- Añadir dos gotas de fenolftaleína.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.8 Valoración del aceite**

- Con una jeringa graduada añadir la solución de KOH al 0,1%, en la solución de aceite-alcohol-fenolftaleína.
- Agitar todo el tiempo hasta que la mezcla se mantenga de color rosa durante quince segundos.
- Apuntar el número de ml de solución al 0,1% que se ha añadido.

En este caso se añadió 2ml y se agregó 5.5gr (la cantidad básica de catalizador para procesar aceite nuevo). El resultado es el número de gramos de catalizador que hacen falta por cada litro de aceite para procesar.

El KOH no suele ser tan puro como el NaOH. Su pureza suele ser de 92%, 90% u 85% en este caso se determinó una pureza del 89.83% que aproximadamente es 90%.

**Tabla 5.2 Ajuste de la cantidad básica del catalizador según su pureza**

	Pureza	Gramos	Aproximado
KOH	100%	4.872g	4,9g
KOH	92%	5,336g	5,3g
KOH	90%	5,454g	5,5g
KOH	85%	5,775g	5,8g

**Fuente:** Journey to Forever

Para la producción de biodiesel se dispuso de 45 litros de aceite usado, para los cuales se necesitó 337,5gr de KOH. Mientras que para determinar la cantidad de metanol según Stratta J. (2000) se debe considerar el 20% del volumen de aceite, lo cual es 9 litros de metanol. Teniendo claro las cantidades necesarias para la preparación del metóxido, se lo preparó en un recipiente de polietileno de alta densidad (HDPE), agitándolo hasta que se disuelva por completo todo el KOH.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.9 Preparación del metóxido**

Una vez preparado el metóxido se lo cargó en el depósito de químicos del reactor.

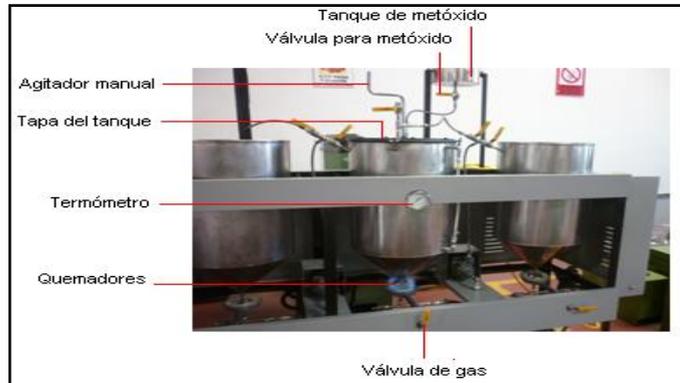


**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.10 Llenado del tanque del reactor con metóxido**

## 5.5 ETAPA DE REACCIÓN

En esta etapa del proceso de obtención del biodiesel se calienta y mantiene el aceite a una temperatura promedio de 55-60 °C, logrado esto se abrió la válvula para que ingrese el metóxido y al mismo tiempo se proporcionó una agitación uniforme.

El tanque de reacción debe estar bien cerrado para evitar fugas de gases y así acelerar el proceso.

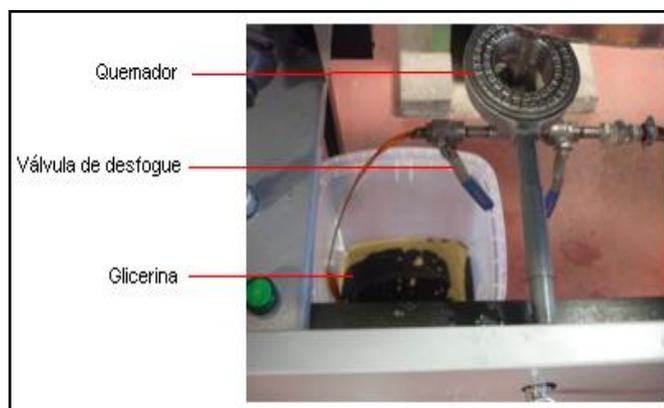


**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.11** Etapa de reacción

El tiempo de reacción es 3 horas, transcurrido este tiempo se dejó reposar hasta el día siguiente.

La glicerina asentada en el fondo del tanque se drenó a través de una llave de desfogue situada en la parte inferior del tanque, mientras se sacó la glicerina el flujo fue uniforme, pero cuando empezó a caer el biodiésel se notó una turbiedad en el flujo y ese fue el indicador para cerrar la válvula.

La cantidad de glicerina producida en la reacción fue de 4lt.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.12** Drenaje de la glicerina

## 5.6 ETAPA DE LAVADO

Antes de lavar el biodiesel se evapora todo el metanol posible, calentando el depósito a 65-70 °C, esta temperatura es suficiente ya que el metanol se evapora a los 65°C.

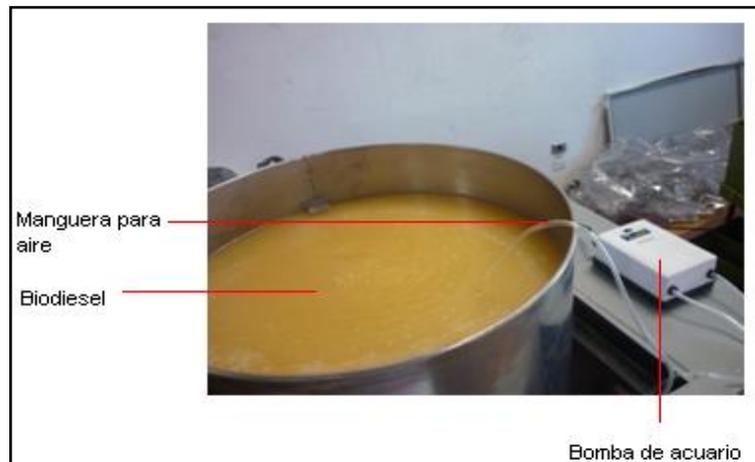
Existen dos formas recomendadas para el lavado del biodiesel, mediante niebla y mediante un lavado de burbujas; para nuestro biodiesel se utilizó las dos.

Primero a través de un atomizador colocado a una manguera según Stratta J. (2000) se añade 20% de agua, respecto del total de biodiesel. El atomizador cumple la función de disminuir el impacto del flujo del agua con el biodiesel lo cual produciría gran cantidad de jabón.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.13 Lavado del biodiesel con un atomizador**

Una vez vertida el agua se conectó una bomba de acuario con la finalidad que al salir las burbujas arrastren el agua a la superficie y al reventarse lleven los residuos de jabón, glicerina y metanol.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.14 Lavado del biodiesel con una bomba de acuario**

El tiempo recomendado para un lavado de burbujas según Benjunea P. (2009) es de una hora, posteriormente se dejó reposar el biodiesel por 8 horas y se drenó el agua.

Del agua drenada se toma una muestra y se apunta su ph.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.15 Ph del primer lavado**

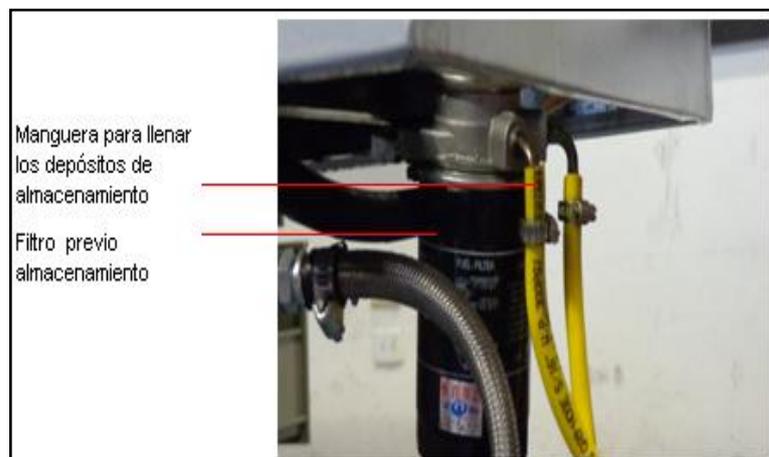
La cantidad de lavados necesarios lo determina el ph del agua; es decir que se debe lavar hasta que se igualen el ph del agua luego lavar el biodiesel y el ph del agua antes de lavar el biodiesel, después se drena toda el agua existente y se calienta el biodiesel hasta 90°C para eliminar toda el agua posible.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.16** Agua después de los tres lavados

## 5.7 ETAPA DE ALMACENAMIENTO

Para el almacenamiento del biodiesel previamente se lo filtró mediante un racor, el cual ayuda a separar el agua del biodiesel en caso de que exista. El recipiente donde se vaya almacenar debe estar completamente seco, se recomienda el uso de recipientes de polietileno de alta densidad para mayor seguridad.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.17** Etapa de almacenamiento

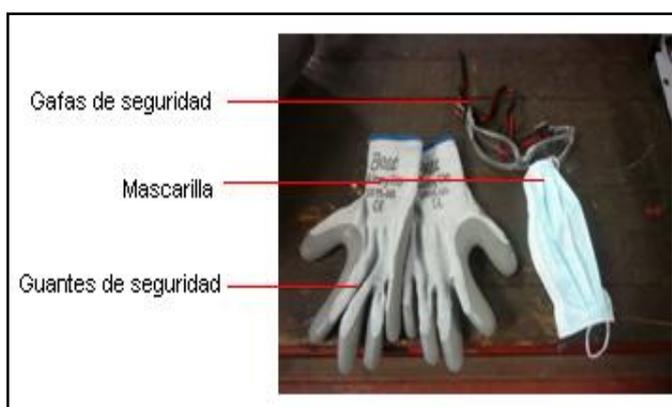
El biodiesel producido no debe permanecer almacenado por largos periodos de tiempo, porque al lavarlo con burbujas se acelera su oxidación.

La cantidad de biodiesel obtenido fue en relación 9:8; es decir, por cada 45lt de aceite se obtuvo 40 lt de biodiesel.

## 5.8 SEGURIDAD EN LA OBTENCIÓN DEL BIODIESEL

La protección personal siempre es importante antes de empezar a realizar cualquier trabajo y este caso no es la excepción, la producción de biodiesel conlleva algunos riesgos, pero con el cuidado correcto todo saldrá bien.

Ponerse guantes adecuados, delantal y gafas protectoras, y no respirar los gases. El metanol puede causar ceguera y la muerte; no debes beberlo por ningún motivo, además que es absorbido por la piel. El hidróxido de potasio puede causar quemaduras graves y la muerte. Cuando se mezclan estas dos sustancias forman metóxido de potasio, que es extremadamente caustico (corrosivo). Son productos peligrosos, trátalos con cuidado. Los guantes deben ser resistentes a los productos químicos y largos para que cubran las mangas y así los brazos queden totalmente protegidos. No sirve cualquier guante. Tener siempre agua corriente cerca cuando se manipulen estos productos. El lugar de trabajo debe estar muy bien ventilado. No puede haber cerca personas ajenas al proceso.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 5.18 Elementos de seguridad**

Los respiradores con cartucho para gases orgánicos son más o menos útiles contra el vapor de metanol. Los profesionales aconsejan usar los cartuchos contra gases orgánicos como máximo durante unas pocas horas, o no usarlos en absoluto. Sólo deben usarse sistemas con suministro de aire.

El mejor consejo es que no se expongan directamente a los gases. El mayor peligro es el metanol caliente. Cuando está frío o a temperatura ambiente desprende muy pocos gases y es fácil ventilarlos. Los reactores para biodiesel deben estar cerrados, sin fugas de gases. Todos los recipientes que contengan metanol deben estar cerrados herméticamente para que no entre la humedad del aire.

## **CAPÍTULO 6**

### **ANÁLISIS DEL DIESEL Y BIODIESEL**

#### **6.1 PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN**

Dentro del análisis de caracterización se realizó pruebas físico – químicas tanto al diesel como al biodiesel, para luego realizar una comparación entre ambos y así garantizar la calidad del biodiesel.

##### **6.1.1 PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL**

Para determinar la calidad del biodiesel se realizó en un inicio pruebas físico – químicas en el laboratorio de Química de la Universidad de las Fuerza Armadas ESPE Extensión Latacunga, una vez que los resultados obtenidos fueron favorables se envió a realizar un análisis más amplio de la muestra en la Universidad Central Del Ecuador.

A continuación se menciona las pruebas realizadas en la Universidad de las Fuerza Armadas ESPE:

##### **a. Densidad**

Materiales y equipos:

- Biodiesel 25ml
- Balanza electrónica apreciación 0.0001gr
- Baño maría
- Picnómetro de 25ml
- Vaso de precipitación de 100ml

Procedimiento:

- Pesar el picnómetro vacío, limpio y libre de impurezas en la balanza electrónica.



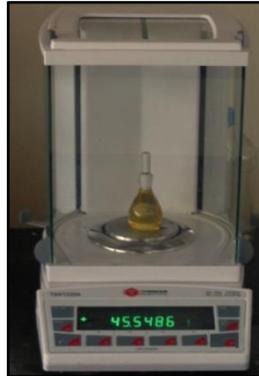
**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.1** Peso del picnómetro vacío

- Colocar biodiesel en el vaso de precipitación y con ayuda de una pipeta tomar el biodiesel y llenar el picnómetro con 25 ml, taparlo inmediatamente y cerciorarse que el picnómetro este completamente lleno.
- Llevar el picnómetro a baño maría a una temperatura de 15°C.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.2** Picnómetro con biodiesel en baño maría

- Pesar el picnómetro lleno en la balanza electrónica.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.3 Peso del picnómetro lleno con biodiesel**

- Tabular los datos obtenidos

**Tabla 6.1 Datos para determinar la densidad del biodiesel**

Dato	Cantidad
Masa del picnómetro vacío	23.4084 gr
Masa del picnómetro lleno	45.5486 gr
Volumen de biodiesel	25 ml

Fuente: Grupo de investigación

- Con los datos obtenidos calcular la masa del biodiesel con la siguiente fórmula:

$$m_b = m_{p2} - m_{p1} \quad \text{Ecuación (6.1)}$$

$m_b$  = masa de biodiesel

$m_{p2}$  = masa del picnómetro lleno

$m_{p1}$  = masa del picnómetro vacío

$$m_b = 45.5486 \text{ gr} - 23.4084 \text{ gr}$$

$$m_b = 22.1402 \text{ gr}$$

- Con el valor conocido de la masa de biodiesel se calcula la densidad con la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{m_b}{v} \quad \text{Ecuación (6.2)}$$

$\delta$  = densidad

v = volumen de biodiesel

$$\delta = \frac{22.1402 \text{ gr}}{25 \text{ ml}}$$

$$\delta = 0.8856 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

$$\delta = 885.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

#### b. Poder calorífico

Materiales y equipos:

- Agua destilada 2000gr
- Alambre de fusible 10cm
- Balanza electrónica apreciación 0.0001gr
- Biodiesel 1gr
- Calorímetro
- Pastilla de ácido benzoico
- Pipeta
- Tapa de cerámica
- Tanque de oxígeno
- Vaso de precipitación de 25ml

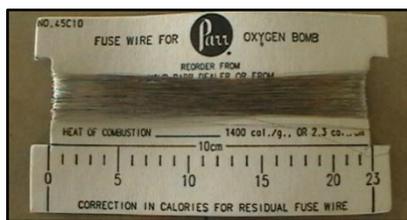
Procedimiento:

- Llenar el recipiente del calorímetro con 2000gr de agua destilada y fijarlo en los agujeros correspondientes del calorímetro.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.4 Medición del peso de agua destilada**

- Cortar 10cm de alambre de fusible.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.5 Alambre de fusible**

- Pesar la pastilla de ácido benzoico en la balanza electrónica e identificar el valor del calor de combustión de la pastilla.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.6 Medición del peso de la pastilla de ácido benzoico**



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.7 Calor de combustión de la pastilla de ácido benzoica**

- Pesar aproximadamente 1gr de biodiesel en la tapa de cerámica.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.8 Peso de la muestra de biodiesel**

- Colocar la tapa de cerámica con la muestra de biodiesel en el alojamiento de la bomba calorimétrica, con el alambre de fusible envolver la pastilla de ácido benzoica y conectar a los terminales de la bomba asegurarse que la pastilla quede sumergida en la muestra de biodiesel.



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 6.9 Montaje de la pastilla en la bomba colorimétrica**

- Cerrar herméticamente la tapa de la bomba colorimétrica y cargar de oxígeno a 30bar de presión.



**Fuente:** Grupo de investigación

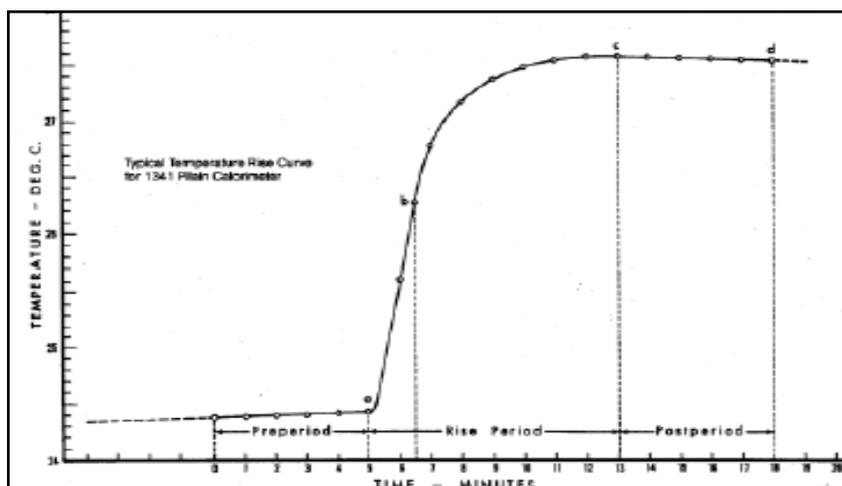
**Figura 6.10 Carga de oxígeno a la bomba colorimétrica**

- Colocar la bomba en el calorímetro, y realizar las conexiones correspondientes para iniciar el proceso de medición del poder calorífico.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.11 Conexión de todos los componentes del calorímetro**

- Registrar en video los valores de tiempo y temperatura que aparecen en el termómetro digital para posterior realizar la típica curva de incremento de temperatura.



Fuente: Manual de la bomba calorimétrica de oxígeno 1341  
**Figura 6.12 Típica curva de incremento de temperatura**

- Para la medición del poder calorífico de biodiesel primero se calcula el incremento de temperatura mediante la siguiente fórmula:

$$t = t_c - t_a - r_1(b - a) - r_2(c - b) \quad \text{Ecuación (6.3)}$$

t = temperatura de incremento

$$t = 20.832^{\circ}\text{C} - 16.93^{\circ}\text{C} - 0.0364 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{min}} (6.356 \text{ min} - 5 \text{ min}) + 0.017 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{min}} (14.83 \text{ min} - 6.38 \text{ min})$$

$$t = 3.9967^{\circ}\text{C}$$

- Corrección de calorías.

$$e_3 = 2.3 * c_3 \quad \text{Ecuación (6.4)}$$

$e_3$  = corrección en calorías para calor de combustión del cable de fusible

$C_3$  = Centímetros de alambre de fusible

$$e_3 = 2.3 * 10\text{cm}$$

$$e_3 = 23\text{cal}$$

- Cálculo del poder calorífico.

$$H_g = \frac{(t*w) - e_1 - e_2 - e_3}{m} \quad \text{Ecuación (6.5)}$$

Donde:

$H_g$  = poder calorífico de biodiesel

$w$  = energía equivalente del calorímetro igual a 2456.102 cal/ $^{\circ}\text{C}$

$m$  = masa de la muestra de biodiesel 0.999gr

$e_1$  = corrección de calorías para el calor de formación de ácido nítrico asumir 0

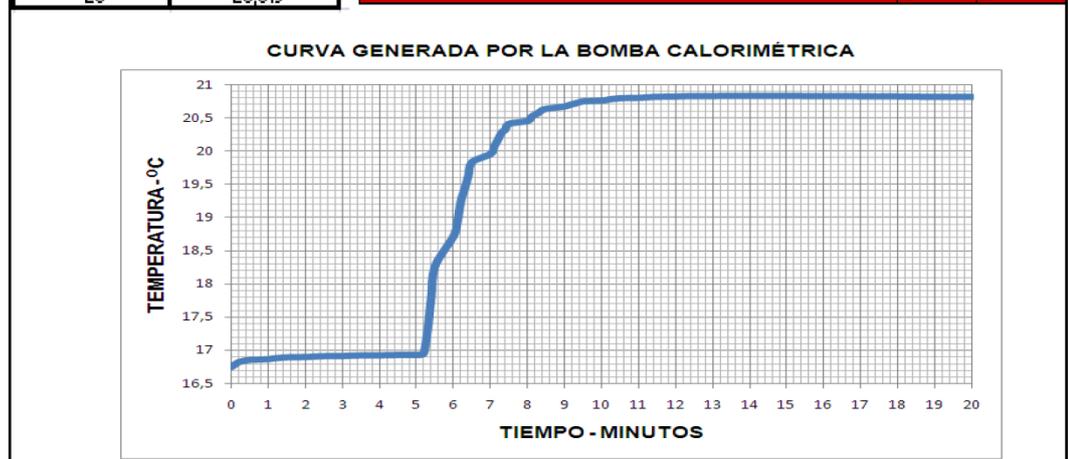
$e_2$  = corrección de calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico asumir 0

$$H_g = \frac{(3.9967 * 2456.102 \text{ cal}) - 0 - 0 - 23\text{cal}}{0.999 \text{ gr}}$$

$$H_g = 9803.1059 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$$

$$H_g = 41043.64 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	PARAMETRO	VARIABLE	VALOR	UNIDADES	
0	16,748	Tiempo de ignición	a	5	Min	
0,5	16,836	Tiempo cercano a 0.1 minutos. Cuando la temperatura alcanza el 60% del total del incremento de la curva	b	6.356	Min	
1	16,866	Tiempo al inicio del periodo (después del incremento de temperatura) cuando la velocidad de la temperatura es llega a ser constante	c	14.83	Min	
1,5	16,885	Temperatura al tiempo de ignición	t <sub>g</sub>	16.93	°C	
2	16,898	Temperatura en el tiempo c	t <sub>c</sub>	20.832	°C	
2,5	16,906	Velocidad (unidades de temperatura por minuto) a la cual la temperatura fue incrementándose durante 5 minutos antes del periodo de ignición	r <sub>1</sub>	0.0364	°C/min	
3	16,914	Velocidad (unidades de temperatura por minuto) a la cual la temperatura fue incrementándose durante 5 minutos después del tiempo c	r <sub>2</sub>	-0.017	°C/min	
3,5	16,919	Centímetros de alambre de fusible	C <sub>2</sub>	10	cm	
4	16,923	Energía del calorímetro	W	2456.102	cal/°C	
4,5	16,927	Masa de la muestra de biodiesel	m	0.999	gr	
5	16,93	Temperatura máxima	t <sub>max</sub>	20.92	°C	
5,5	17,294	Corrección en calorías de calor de formación de ácido nítrico	e <sub>1</sub>	0	Cal	
6	18,717	Corrección en calorías de calor de formación de ácido sulfúrico	e <sub>2</sub>	0	Cal	
6,5	19,425	Corrección en calorías para el alambre de fusible	e <sub>3</sub>	23	Cal	
7	19,356					
7,5	20,277					
8	20,453					
8,5	20,576					
9	20,671					
9,5	20,719					
10	20,761					
10,5	20,786					
11	20,802					
11,5	20,812					
12	20,821					
12,5	20,827					
13	20,828					
13,5	20,83					
14	20,831					
14,5	20,831					
15	20,83					
15,5	20,83					
16	20,828					
16,5	20,827					
17	20,825					
17,5	20,824					
18	20,822					
18,5	20,82					
19	20,818					
19,5	20,817					
20	20,815					
				$t = t_c - t_g - r_1(b-a) - r_2(c-b)$	3.9967	°C
				$H_g = \frac{(t \cdot w) - e_1 - e_2 - e_3}{m}$	41043.64	kJ/kg



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.13** Procesamiento de datos y cálculo del poder calorífico del biodiesel

### c. Punto de inflamación

Materiales y equipos:

- Biodiesel 250 ml
- Comprobador de punto de inflamación
- Vaso de precipitación de 250 ml
- Tanque de gas
- Termómetro
- Caja de fósforos

Procedimiento:

- Colocar biodiesel en el vaso del comprobador del punto de inflamación hasta la señal indicada en el vaso.



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 6.14 Biodiesel en vaso del comprobador del punto de inflamación**

- Ubicar el vaso en la máquina, cerrar la tapa con el agitador y ubicar al termómetro.



Fuente: Grupo de investigación

**Figura 6.15 Ubicación de componentes del comprobador de punto de inflamación**

- Abrir el paso de las dos tuberías de gas, encender y regular la llama.



Fuente: Grupo de investigación

**Figura 6.16 Llama para la ignición del biodiesel**

- Encender la máquina y ubicar el interruptor del agitador en 250rpm luego seleccionar la potencia del calentador inicialmente en 20%, a medida que aumenta la temperatura se incrementa el porcentaje de la potencia del calentador.
- Con la máquina en funcionamiento pulsar el interruptor de prueba de ignición cada cierto tiempo, a medida que aumente la temperatura hacerlo más seguido hasta que se apague la llama.

Cuando se apague la llama quiere decir que los vapores de la muestra de biodiesel se encendieron y observamos de inmediato la temperatura que marca el termómetro que en este ensayo dio un valor de 165 °C grados Celsius el cual es el punto de inflamación para la muestra de biodiesel.

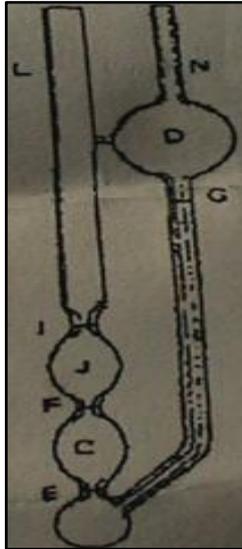
#### **d. Viscosidad cinemática**

Materiales y equipos:

- Vaso de precipitación de 250 ml
- Viscosímetro de tamaño 200
- Pinza
- Biodiesel 200 ml
- Baño maría
- Cronómetro

Procedimiento:

- Asegúrese que el viscosímetro este completamente limpio y seco.
- Para el llenado se coloca el viscosímetro en posición invertida en el vaso que contiene la muestra de biodiesel. Se succiona mediante un tubo de goma colocado en la rama L hasta que el líquido alcance el punto G. Entonces se levanta el viscosímetro, y se coloca en posición normal. Se seca la parte externa del tubo N.



**Fuente:** Instrucciones para viscosímetro COMECTA  
**Figura 6.17** Identificación del viscosímetro

- Coloque el viscosímetro en el baño maría de modo que la rama L esté completamente vertical y el bulbo D completamente sumergido. Se tapan los tubos N y L.
- Transcurridos 15 minutos puede considerarse estabilizada la temperatura. Se destapan los tubos N y L con los que la muestra empieza a fluir con la gravedad.
- Medir con un cronómetro el tiempo que tarda en llenar el bulbo C desde el punto E al F, y con otro, el tiempo correspondiente al bulbo J, entre los puntos F e I.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.18 Medición de la viscosidad cinemática en el bulbo C**

- Para la medida de la viscosidad, aplicar el valor de la constante que corresponda, para el bulbo C la constante es igual a 0.10037 y para el bulbo J la constante es igual a 0.062820, considérese también la temperatura de 40°C para el ensayo.
- Cálculo de la viscosidad cinemática para el bulbo C.

$$V_{BC} = C * t \quad \text{Ecuación (6.6)}$$

$V_{BC}$  = viscosidad cinemática en el bulbo C

C = contante del viscosímetro

t = tiempo en segundos

$$V_{BC} = 0.10037 * 60.28$$

$$V_{BC} = 6.05 \text{ centistokes}$$

- Cálculo de la viscosidad cinemática para el bulbo J.

$$V_{BJ} = C * t$$

$V_{BJ}$  = viscosidad cinemática en el bulbo J

$$V_{BJ} = 0.062820 * 93.12$$

$$V_{BJ} = 5.85 \text{ centistokes}$$

- El valor final para la viscosidad cinemática de la muestra de biodiesel es un valor promedio de la viscosidad cinemática de los bulbos C y J.

$$V_{cin} = \frac{V_{BC} + V_{BJ}}{2} \quad \text{Ecuación (6.7)}$$

$V_{cin}$  = viscosidad cinemática de la muestra de biodiesel

$$V_{cin} = \frac{6.05 + 5.85}{2}$$

$$V_{cin} = 5.95 \text{ centistokes}$$

### 6.1.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL

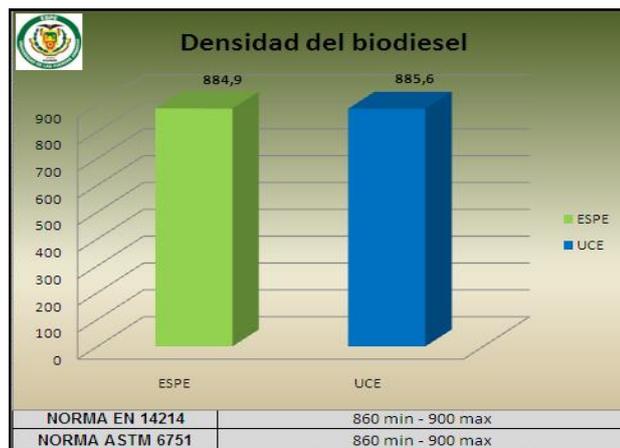
La tabla 6.3 permite comparar los resultados de las pruebas de caracterización realizados en el laboratorio de Química de la ESPE Extensión Latacunga, con los resultados proporcionados por el laboratorio del Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación de la UCE, y la vez con las especificaciones que establece la norma Europea EN 14214 y la norma Estadunidense ASTM 6751.

**Tabla 6.2 Resultados iniciales y finales de la muestra de biodiesel vs normas de calidad para biodiesel**

ENSAYO	UNIDAD	BIODIESEL INICIAL (ESPE)	BIODIESEL FINAL (UCE)	NORMA EN 14214	NORMA ASTM 6751
Densidad a 15°C	Kg/m <sup>3</sup>	885.6	884.9	860min – 900max	860min – 900max
Poder calórico	MJ/Kg	41.043	39.870	-	-
Punto de inflamación	°C	165	259.2	Mínimo 120	Mínimo 130
Viscosidad cinemática 40°C	cSt	5.95	5.76	3.5min – 5max	1.9min – 6max

**Fuente:** Grupo de investigación

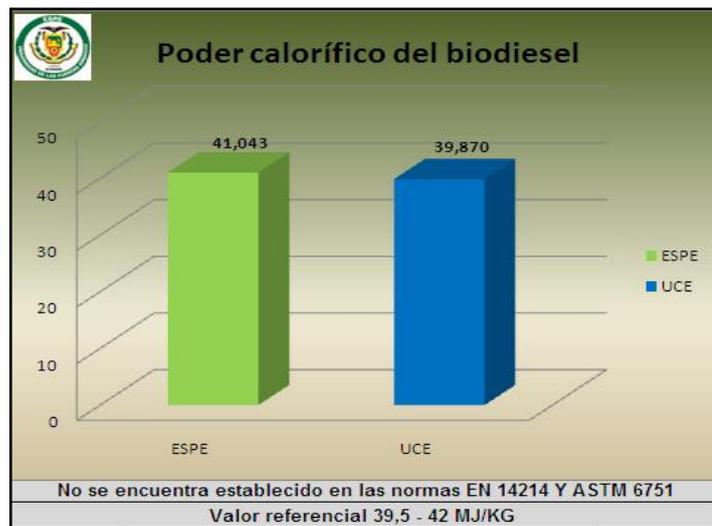
- Densidad.- el ensayo se efectuó a 15 °C tal como indican las dos normas, con resultados positivos de 885.6 kg/m<sup>3</sup> y 884.9kg/m<sup>3</sup>, los mismos que se están entre los límites mínimo y máximo establecidos tanto por la norma EN14214 y ASTM 6751, por lo cual cumple con esta especificación.



**Fuente:** Grupo de investigación

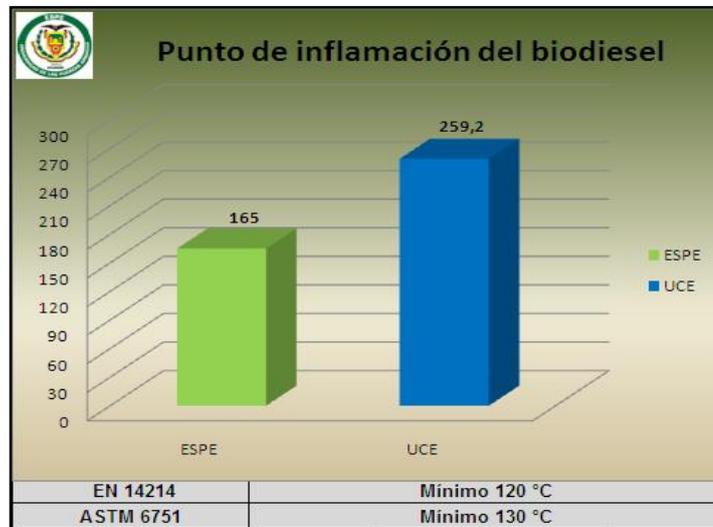
**Figura 6.19 Análisis de la densidad del biodiesel**

- Poder calórico.- si bien las normas de calidad no establecen un requerimiento en cuanto al poder calórico del biodiesel, se considera este un parámetro muy importante en cuanto a la ignición del combustible en el motor. El valor promedio de poder calórico oscila entre 39.5 y 42 MJ/kg, dependiendo de la materia prima utilizada para su producción.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.20 Análisis de poder calórico del biodiesel**

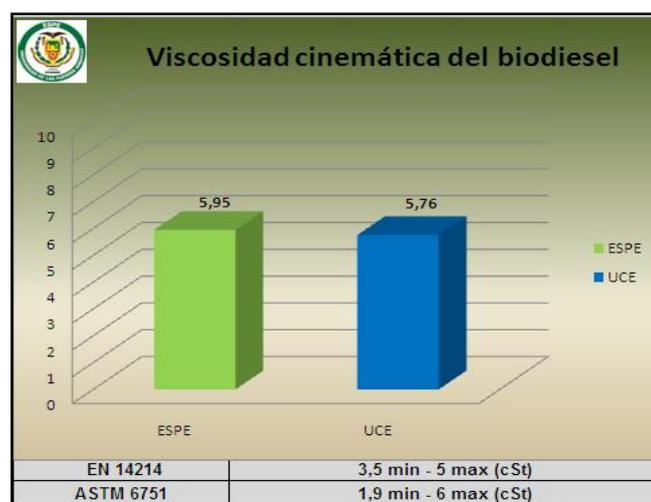
- Punto de inflamación.- tanto la norma Europea como Americana establecen un punto de inflamación de 120 °C y 130 °C como mínimo respectivamente, al haber obtenido un valor inicial 165 °C ya se está cumpliendo con las normas, sin embargo se obtiene un valor más estable de 259.2 °C en la prueba final, ya que mientras más elevado es el punto de inflamación se considera mejor por motivos de seguridad.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 6.21 Análisis del punto de inflamación del biodiesel

- Viscosidad.- este ensayo se lo ha realizado a 40 °C tal como indica ambas normas. El resultado inicial es de 5.95 centistokes y el resultado final 5.76centistokes, en ambos casos cumplen la especificación de la norma Estadunidense pero no la especificación de la norma Europea; sin embargo considerando que la materia prima para producir biodiesel, es aceite vegetal de frituras, se considera como admisible.



Fuente: Grupo de investigación

Figura 6.22 Análisis de viscosidad cinemática del biodiesel

Una vez realizado el análisis de los ensayos, se puede decir que los resultados iniciales son muy buenos y cumplen con las normas, y los resultados finales certifican la veracidad de los resultados iniciales e incluso son mejores, razón por la cual se puede dar uso de este tipo de biocombustible en vehículos con motor a diesel.

### 6.1.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS ENTRE BIODIESEL Y DIESEL

Con los resultados de diesel y biodiesel entregados mediante informe, por parte de la Universidad Central del Ecuador se comparan los resultados de cada propiedad analizada.

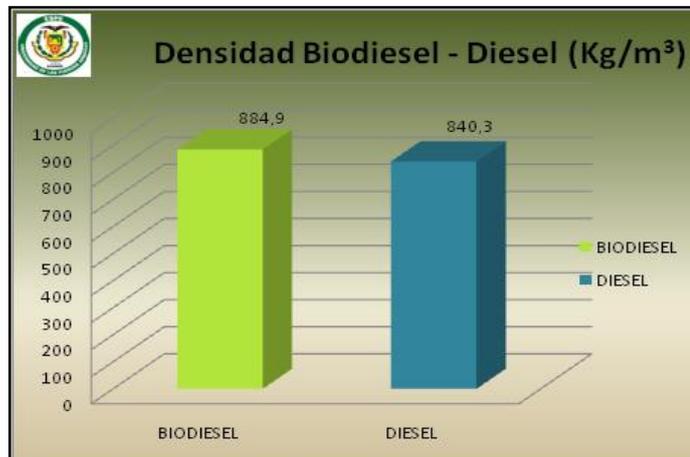
**Tabla 6.3 Resultados finales de la muestra de biodiesel vs resultados de diesel Premium**

ENSAYO	UNIDAD	BIODIESEL	DIESEL
Densidad a 15 °C	Kg/m <sup>3</sup>	884.9	840.3
Poder calorífico	MJ/Kg	39.870	45.960
Punto de inflamación	°C	259.2	61.1
Viscosidad cinemática 40 °C	cSt	5.76	3.30
Agua por destilación	%V	0.1	<0.1
Punto de escurrimiento	°C	-18	-30
Residuo carbonoso sobre el 10 % del residuo de la destilación ASTM D-86	%P	2.60	0.60

**Fuente:** Grupo de investigación

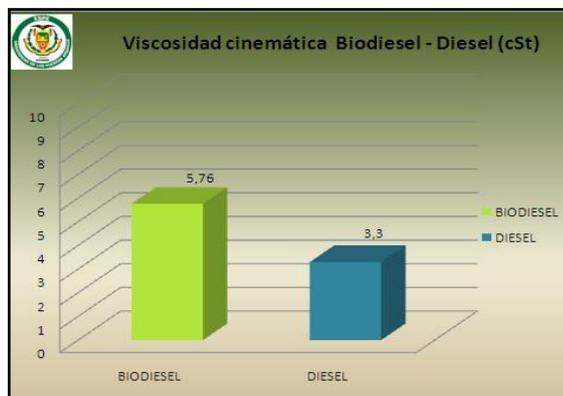
La tabla 6.3 permite comparar las pruebas finales del biodiesel con las especificaciones del diesel comercializado en el Ecuador.

- Densidad.- en la figura 6.23 se observa un aumento de 5.3% de la densidad del biodiesel respecto al diesel.



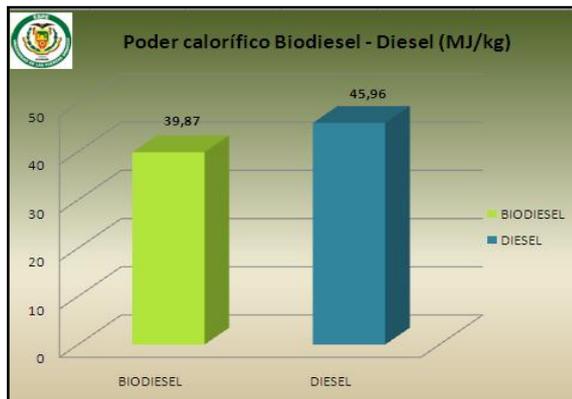
Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.23 Densidad biodiesel –diesel**

- Viscosidad.- aumentan 42.71% respecto al diesel, existiría posibles problemas de fluidez del biodiesel en el motor solamente en climas extremadamente fríos para ello se requeriría de anticongelantes.



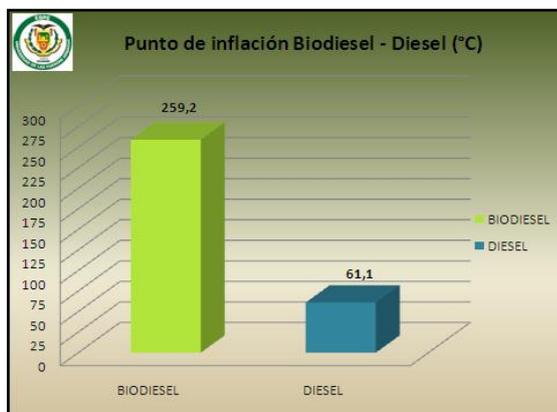
Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.24 Viscosidad cinemática biodiesel - diesel**

- Poder calorífico.- es el calor desprendido por la combustión completa de una unidad de masa (kilogramos) de combustible, en este caso el biodiesel tiene 13.25% menos poder calorífico que el diesel.



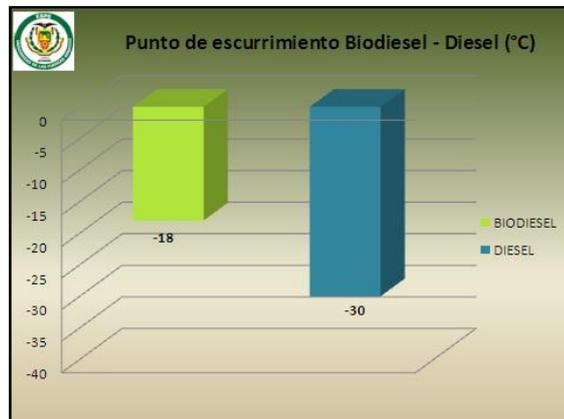
**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.25 Poder calorífico biodiesel - diesel**

- Punto de inflamación.- en el caso del biodiesel el punto de inflamación es más elevado que el diesel, por lo que se considera más seguro al manipular y almacenar.



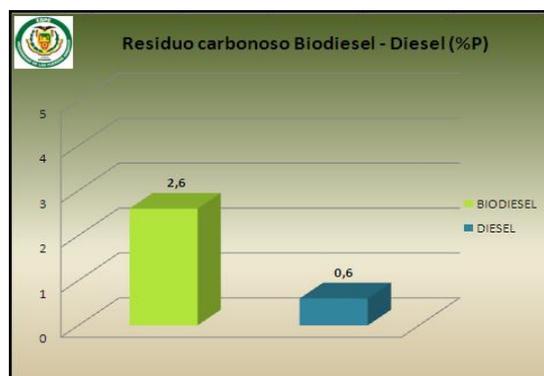
**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.26 Punto de inflamación biodiesel –diesel**

- Punto de escurrimiento.-indica la temperatura más baja a la cual el combustible todavía puede fluir, para el diesel es mejor el punto de escurrimiento, porque la temperatura es más baja respecto a la del biodiesel. El uso de biodiesel en zonas frías con temperaturas menores a -18 °C ocasionaría problemas en el arranque del motor.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.27 Punto de escurrimiento biodiesel - diesel**

- Residuo carbonoso.- el porcentaje de carbono es mayor en el biodiesel pero se compensa con el dióxido de carbono que absorben las plantas de las cuales se origina el biodiesel.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.28 Residuo carbonoso biodiesel - diesel**

## 6.2 PRUEBAS DE RENDIMIENTO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE DIESEL Y BIODIESEL

Las pruebas de rendimiento son mediciones de torque y potencia con diferentes porcentajes de diesel y biodiesel, las cuales se realizaron en una camioneta Chevrolet 2.5 TD que dispone de las siguientes especificaciones para la investigación.

**Tabla 6.4 Especificaciones Chevrolet motor 2.5 TD**

Motor	2.5 TD Cabina simple 4x2
Alimentación	Bomba de inyección directa de alta presión
Relación de compresión	18.5
Desplazamiento (c.c)	2.499
Diámetro de giro (m)	5.9
Diámetro x Carrera	93 x 92
Dirección	Dirección hidráulica de piñón y cremallera
Nº de cilindros	4 en línea

**Fuente:** Autolasa

El equipo que determina la potencia (KW) y torque (Nm) es un dinamómetro hidráulico de rodillos (figura 6.29), el cual grafica y permite comparar curvas de varias mediciones mediante una interface con la PC.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.29 Dinamómetro de rodillos**

Las mezclas se realizaron al 5%, 10%, 15%, 20% y 50% de biodiesel, para lo cual se requirió de un tanque de polietileno de alta densidad, probetas de 500ml, embudo y un tanque de combustible externo.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.30 Implementos para la mezcla biodiesel –diesel**

Los pasos para introducir las mezclas en el sistema de combustible son las siguientes:

- Desconectar la manguera de entrada del filtro de combustible.
- Desconectar el retorno de combustible.
- Conectar las mangueras del tanque de combustible externo respectivamente.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.31 Conexión al vehículo**

Para cada mezcla se efectuó cuatro pruebas en el vehículo que se las distingue por diferentes colores en la gráfica.

La curva de potencia es de color más intenso mientras que la curva de torque es del mismo color pero más opaco.

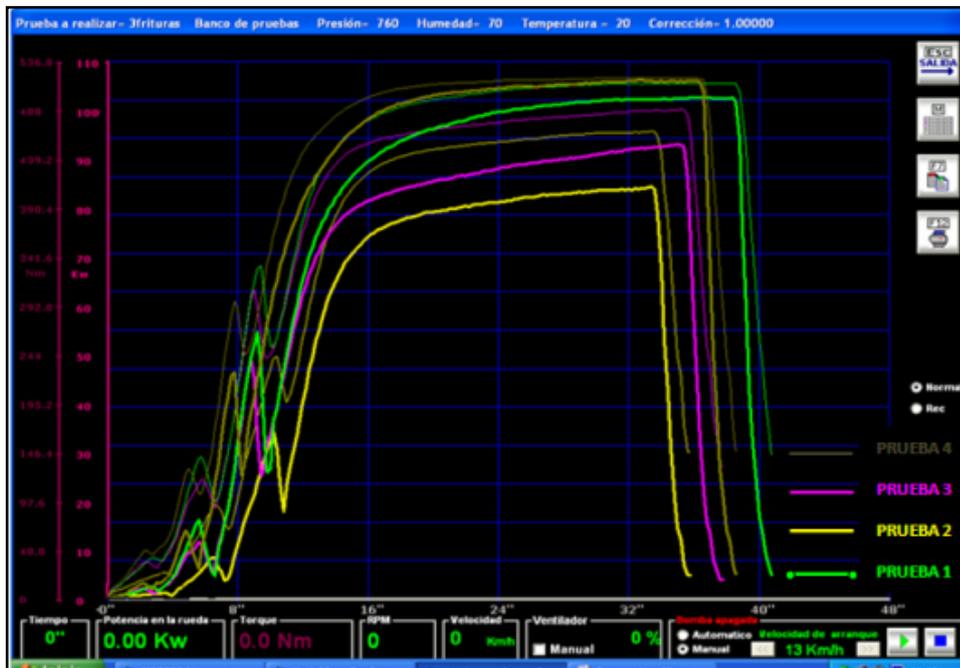
A continuación se presentan los datos más sobresalientes de las mediciones realizadas.

### 6.2.1 PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 100% DIESEL

**Tabla 6.5 Pruebas de potencia y torque 100% diesel**

Tiempo	100% DIESEL							
	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	5,13	0,14	7,69	0,22	5,82	0,16	6,31	0,18
2	18,83	0,74	35,00	1,85	32,05	1,63	44,76	2,83
4	23,86	0,70	55,71	3,91	57,39	4,13	72,47	6,00
6	79,57	6,46	119,50	8,68	136,56	9,58	123,35	12,85
8	102,25	10,33	216,23	29,80	21,23	30,14	297,97	33,92
10	236,25	30,42	250,54	31,49	260,21	24,80	357,52	55,55
12	267,80	37,67	377,05	58,42	387,60	61,20	458,49	76,30
14	392,63	60,84	446,66	71,69	463,62	76,79	495,76	86,18
16	438,08	69,45	468,05	76,36	491,52	83,88	514,89	91,98
18	458,05	72,65	476,44	78,48	505,62	87,80	524,26	94,98
20	461,74	74,11	482,06	80,02	512,92	90,11	528,89	96,55
22	465,98	75,27	485,90	81,15	517,55	91,80	530,67	97,34
24	469,34	76,06	489,45	82,49	522,28	93,34	532,34	97,99
26	472,20	77,00	493,20	83,56	524,75	94,16	533,23	98,26
28	476,53	77,72	495,27	84,37	527,11	94,86	533,53	98,59
30	478,41	78,19	497,44	85,17	528,40	95,47	534,51	98,94
32	533,33	99,01	500,59	86,21	528,99	95,82	534,91	99,25
34	457,21	63,25	501,78	86,71	529,09	95,83	534,81	99,25
36	435,52	47,99	443,90	55,02	529,38	96,09	534,81	99,27
38	413,83	32,73	386,02	48,63	522,58	95,95	249,56	13,39
40	392,14	17,47	328,14	26,74	265,73	15,78	156,32	10,54

**Fuente:** Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.32 Resultados de potencia y torque al 100% diesel**

La tabla 6.5 y figura 6.32 presentan los valores de torque y potencia cada dos segundos para las cuatro pruebas realizadas con 100% diesel, se distingue los valores máximos de torque y potencia, los cuales son 534.91Nm y 99.27Kw respectivamente, estos resultados se encuentran en la prueba 4 y se denota por las curvas de color marrón.

### 6.2.2 PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 5% BIODIESEL (B5)

En la medición con 5% biodiesel no se observa mayor diferencia en las curvas generadas. El valor máximo de torque es 529.58Nm y para potencia 96.09Kw a los 24 segundos de la prueba 4.

**Tabla 6.6 Pruebas de potencia y torque 5% biodiesel**

Tiempo	5% BIODIESEL							
	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	27,41	1,28	22,68	0,90	4,04	0,12	5,92	0,21
2	114,67	7,23	64,39	2,50	40,62	2,41	42,89	2,53
4	204,00	26,51	149,18	9,77	91,99	8,84	105,31	10,47
6	226,98	30,42	269,67	38,99	145,83	16,35	190,40	24,51
8	318,97	46,68	333,66	54,20	225,40	30,50	227,57	31,74
10	336,33	54,46	533,84	97,43	289,10	44,36	291,26	47,33
12	501,78	89,63	276,28	50,72	276,08	46,66	283,77	55,00
14	323,41	53,61	251,73	48,52	287,72	51,63	286,43	53,09
16	325,18	52,13	279,73	54,41	533,13	92,56	285,55	52,50
18	311,58	52,41	247,39	50,12	261,98	52,97	287,42	51,11
20	307,63	50,11	267,50	47,43	211,69	42,86	261,66	52,99
22	312,17	51,62	266,22	51,68	232,60	44,90	302,70	56,76
24	300,34	50,25	263,46	39,26	241,67	47,38	529,58	96,09
26	305,27	50,70	253,70	51,53	235,56	45,78	301,62	57,61
28	317,79	52,41	278,00	53,89	249,36	47,06	295,01	57,29
30	321,63	53,07	255,28	51,24	271,05	50,78	290,87	56,36
32	304,58	51,11	251,92	50,69	252,91	49,22	143,66	8,75
34	282,19	45,72	285,64	53,90	238,91	47,07	140,65	5,36
36	302,41	50,36	283,97	53,29	236,54	46,28	125,38	4,52
38	324,00	50,49	269,77	53,35	223,33	44,85	100,89	2,36
40	320,15	53,34	271,74	54,69	236,64	46,55	98,69	1,58

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

**Figura 6.33 Resultados de potencia y torque al 5% biodiesel**

### 6.2.3 PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 10% BIODIESEL (B10)

En la figura 6.34 se observa uniformidad para las curvas generadas, se tiene como valores máximos de potencia 532.66Nm y torque 96.30Kw a los 12 segundos de la prueba 1 y se identifica de color verde.

**Tabla 6.7 Pruebas de potencia y torque 10% biodiesel**

Tiempo	10% BIODIESEL							
	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	28,89	1,24	3,94	0,11	4,24	0,13	3,16	0,09
2	84,60	4,10	100,57	9,60	90,58	5,14	84,26	9,23
4	167,42	18,47	246,40	35,45	127,00	10,26	150,17	18,61
6	193,26	23,39	463,58	81,90	188,35	25,00	215,49	32,88
8	289,88	43,77	326,86	62,73	247,45	30,48	299,23	48,76
10	329,42	53,45	315,82	60,80	276,08	42,41	533,51	96,90
12	532,66	96,30	307,63	60,44	531,24	95,95	296,59	58,03
14	345,40	61,99	297,67	58,25	272,33	52,91	280,42	55,42
16	338,40	62,45	295,31	57,86	288,90	54,33	284,66	55,99
18	337,61	63,76	300,53	58,23	292,74	56,75	285,15	55,18
20	328,83	60,67	292,94	57,01	285,35	56,87	279,43	54,45
22	332,48	62,04	288,41	56,20	274,90	55,31	277,26	5,09
24	327,06	61,91	292,25	56,38	272,73	55,12	270,07	52,48
26	328,04	62,42	287,91	55,28	265,83	53,05	270,56	51,68
28	331,00	62,92	288,70	55,14	261,59	52,38	265,23	50,88
30	330,31	63,14	288,21	55,62	257,35	51,71	259,90	50,08
32	328,93	63,25	282,00	55,22	253,11	51,04	254,57	49,28
34	331,20	64,34	271,84	51,86	248,87	50,37	249,24	48,48
36	334,85	65,47	265,89	51,02	244,63	49,70	243,91	47,68
38	330,11	64,79	259,87	50,58	240,39	49,03	238,58	46,88
40	323,31	64,07	241,65	50,26	236,15	48,36	233,25	46,08

**Fuente:** Grupo de investigación



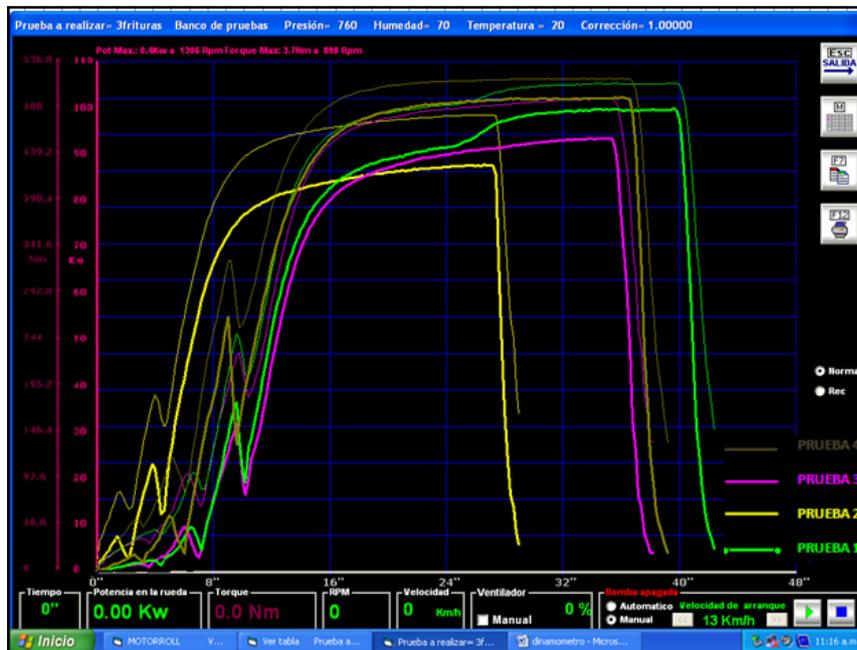
Fuente: Grupo de investigación  
 Figura 6.34 Resultados de potencia y torque al 10% biodiesel

## 6.2.4 PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 15% BIODIESEL (B15)

Tabla 6.8 Pruebas de potencia y torque 15% biodiesel

Tiempo	15% BIODIESEL							
	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	29,78	0,81	5,62	0,16	8,48	0,25	8,18	0,26
2	106,59	8,10	26,03	1,18	42,40	2,04	38,16	1,47
4	173,93	20,57	42,40	2,65	102,84	9,40	109,64	7,64
6	207,95	26,65	89,73	4,83	128,57	12,83	204,20	25,83
8	344,21	51,37	190,00	22,15	161,51	17,79	233,09	29,49
10	403,77	62,59	218,60	27,89	278,15	39,46	369,26	57,22
12	427,23	67,01	335,83	49,81	395,58	61,78	454,55	74,46
14	437,78	69,31	407,32	4,42	456,03	74,72	499,31	84,86
16	446,46	71,27	458,29	75,14	494,38	83,08	514,89	88,59
18	454,35	72,83	479,30	79,35	508,77	86,60	518,83	89,36
20	459,28	73,95	502,96	85,14	514,10	88,11	518,14	88,88
22	462,14	74,39	509,66	86,96	519,72	89,94	521,89	90,42
24	465,89	75,38	513,61	88,03	524,26	91,10	523,07	90,78
26	527,90	92,75	515,58	88,51	525,64	91,38	531,75	93,71
28	450,87	72,15	517,06	89,07	526,62	92,52	532,93	94,15
30	418,15	64,28	469,63	76,12	527,41	90,52	533,33	93,99
32	385,43	56,41	418,16	64,07	522,09	92,65	532,44	93,89
34	352,71	48,54	384,19	56,11	527,31	92,48	531,06	93,46
36	319,99	40,67	350,22	48,15	526,72	92,62	451,49	49,37
38	287,27	32,80	316,25	40,19	187,64	6,81	371,92	58,69
40	174,52	5,61	215,74	8,81	169,89	5,20	292,35	42,84

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

**Figura 6.35 Resultados de potencia y torque al 15% biodiesel**

En la tabla 6.8 se distingue el máximo torque el cual es 533.33Nm a los 30 segundos y la potencia máxima de 94.15Kw a los 28 segundos, estos resultados se encuentran en la prueba 4 y se identifican en las curvas de color marrón.

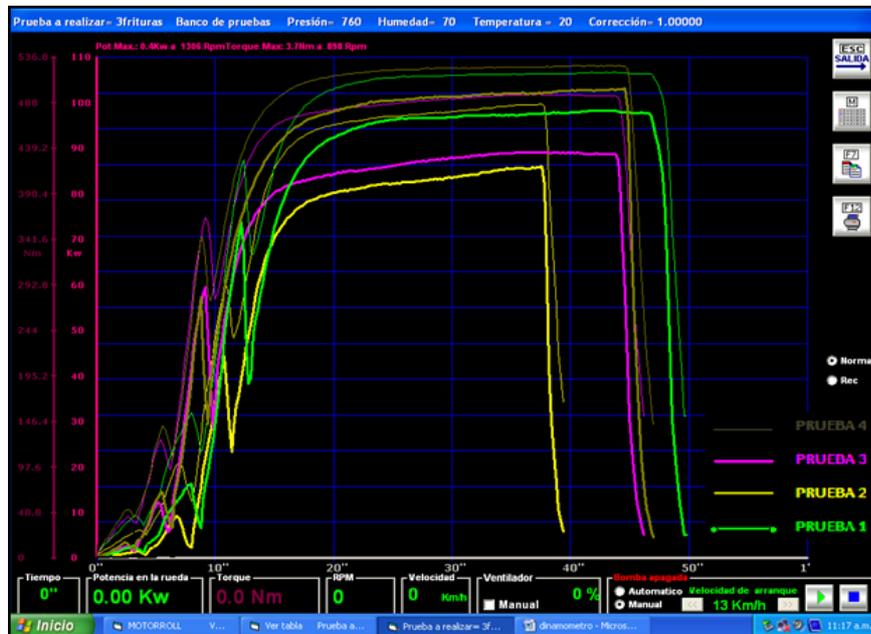
### 6.2.5 PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 20% BIODIESEL (B20)

Al comparar las pruebas con 20% biodiesel, se observa el torque máximo de 528.10Nm y la máxima potencia de 93.32Kw, alcanzados a los 34 segundos de haber comenzado la prueba 4.

**Tabla 6.9 Pruebas de potencia y torque 20% biodiesel**

Tiempo	20% BIODIESEL							
	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	24,65	0,80	5,62	0,16	7,00	0,21	7,00	0,21
2	72,67	3,20	28,99	1,29	29,48	1,33	29,48	1,33
4	191,68	20,81	41,41	2,41	45,85	2,32	45,85	2,32
6	275,88	39,00	103,23	9,21	84,80	7,10	84,80	7,10
8	396,96	62,20	133,70	14,63	131,73	14,23	131,73	14,23
10	446,95	71,77	218,99	18,77	234,77	20,44	234,77	20,44
12	465,39	75,43	289,98	41,85	323,61	48,38	323,61	48,38
14	474,66	77,33	412,54	65,16	432,26	69,04	432,26	69,04
16	480,58	78,76	462,73	67,85	473,38	77,61	473,38	77,61
18	484,62	79,78	465,32	68,65	488,76	81,32	488,76	81,32
20	488,27	80,69	467,91	69,45	496,45	83,35	496,45	83,35
22	490,93	81,32	470,50	70,25	501,28	84,80	501,28	84,80
24	493,49	81,33	473,09	71,05	502,36	85,68	505,23	85,68
26	526,10	92,32	475,68	71,85	503,44	86,02	510,45	87,85
28	377,84	32,82	478,27	73,56	504,52	86,45	520,51	91,03
30	345,16	28,84	480,86	75,27	505,60	86,88	524,85	92,43
32	312,48	24,86	483,45	76,98	506,68	87,31	527,12	92,96
34	279,80	20,88	494,38	82,00	511,44	87,43	528,10	93,32
36	247,12	16,90	487,18	72,90	527,71	93,20	527,71	93,20
38	214,44	12,92	140,90	3,97	528,00	93,24	528,00	93,24
40	181,76	8,94	100,87	1,20	526,72	91,41	526,72	91,41

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

**Figura 6.36 Pruebas de potencia y torque al 20% biodiesel**

## 6.2.6 PRUEBAS DE POTENCIA Y TORQUE AL 50% BIODIESEL (B50)

En la medición con 50% biodiesel las curvas generadas presentan un comportamiento irregular, esto se debe a la cantidad de biodiesel presente en la mezcla, sin embargo se obtiene valores máximos de torque 529.19Nm y de potencia 96.48Kw que son resultados semejantes a las pruebas antes mencionadas.

**Tabla 6.10 Pruebas de potencia y torque 50% biodiesel**

	50% BIODIESEL							
	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4	
Tiempo	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	3,35	0,09	4,34	0,13	5,52	0,15	5,52	0,17
2	18,44	0,71	36,78	1,94	30,27	1,45	42,60	2,50
4	27,02	0,82	65,18	5,04	34,51	0,96	6,85	4,96
6	75,13	6,19	103,53	5,30	100,67	8,97	130,15	8,71
8	61,03	2,00	270,07	39,34	156,28	5,24	255,97	36,91
10	237,92	31,97	278,25	29,97	208,05	27,04	297,08	42,57
12	252,91	33,40	396,96	62,34	406,63	66,02	424,77	68,34
14	384,44	59,54	451,79	72,52	363,83	56,48	478,21	80,70
16	437,49	69,53	471,01	76,47	455,34	75,01	501,38	87,03
18	457,50	73,43	478,01	77,91	490,04	82,94	512,92	90,32
20	465,69	75,14	482,06	79,02	504,24	96,47	518,24	91,96
22	469,73	76,00	484,72	79,61	511,24	88,50	521,30	93,12
24	474,17	76,82	487,18	80,30	515,68	8,80	523,96	94,09
26	475,75	77,32	489,75	81,12	517,65	90,38	525,34	94,32
28	478,21	77,77	491,92	81,78	517,95	90,47	526,52	94,80
30	479,99	78,29	493,69	82,39	518,83	90,72	527,51	95,47
32	481,86	78,95	495,47	82,85	519,52	91,05	528,30	95,86
34	485,11	79,84	496,85	83,27	520,90	91,44	528,99	96,16
36	486,89	80,19	498,13	83,37	521,79	92,00	529,19	96,18
38	456,12	56,65	497,83	83,41	521,89	91,87	529,19	96,48
40	395,15	25,69	497,73	83,30	520,71	91,67	303,20	20,67

**Fuente:** Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación  
 Figura 6.37 Pruebas de potencia y torque al 50% Biodiesel

### 6.2.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE POTENCIA Y TORQUE

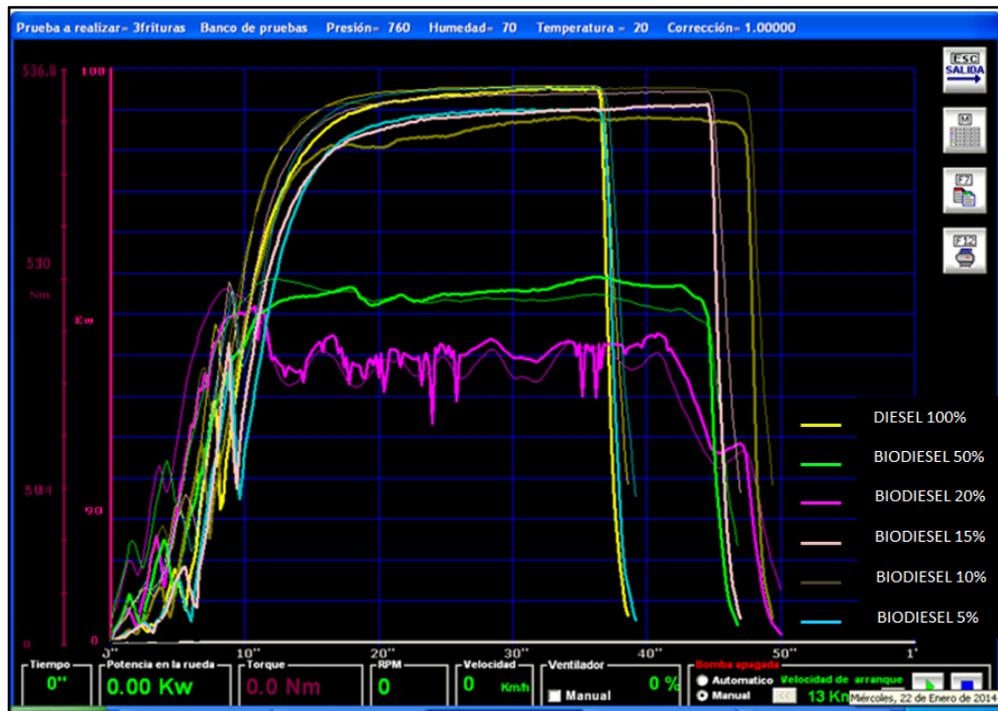
La tabla 6.11 presenta los mejores resultados de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes, esta permite encontrar la mezcla ideal respecto a los resultados alcanzados con 100% diesel.

**Tabla 6.11 Pruebas de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes**

Tiempo	BIODIESEL 5%		BIODIESEL 10%		BIODIESEL 15%		BIODIESEL 20%		BIODIESEL 50%		DIESEL 100%	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	22,68	0,90	3,16	0,09	8,18	0,26	7,00	0,21	5,52	0,17	6,31	0,18
2	64,39	2,50	84,26	9,23	38,16	1,47	29,48	1,33	42,60	2,50	44,76	2,83
4	149,18	9,77	150,17	18,61	109,64	7,64	45,85	2,32	6,85	4,96	72,47	6,00
6	269,67	38,99	215,49	32,88	204,20	25,83	84,80	7,10	130,15	8,71	123,35	12,85
8	333,66	54,20	299,23	48,76	233,09	29,49	131,73	14,23	255,97	36,91	297,97	33,92
10	533,84	97,43	533,51	96,90	369,26	57,22	234,77	20,44	297,08	42,57	357,52	55,55
12	276,28	50,72	296,59	58,03	454,55	74,46	323,61	48,38	424,77	68,34	458,49	76,30
14	251,73	48,52	280,42	55,42	499,31	84,86	432,26	69,04	478,21	80,70	495,76	86,18
16	279,73	54,41	284,66	55,99	514,89	88,59	473,38	77,61	501,38	87,03	514,89	91,98
18	247,39	50,12	285,15	55,18	518,83	89,36	488,76	81,32	512,92	90,32	524,26	94,98
20	267,50	47,43	279,43	54,45	518,14	88,88	496,45	83,35	518,24	91,96	528,89	96,55
22	266,22	51,68	277,26	5,09	521,89	90,42	501,28	84,80	521,30	93,12	530,67	97,34
24	263,46	39,26	270,07	52,48	523,07	90,78	505,23	85,68	523,96	94,09	532,34	97,99
26	253,70	51,53	270,56	51,68	531,75	93,71	510,45	87,85	525,34	94,32	533,23	98,26
28	278,00	53,89	265,23	50,88	532,93	94,15	520,51	91,03	526,52	94,80	533,53	98,59
30	255,28	51,24	259,90	50,08	533,33	93,99	524,85	92,43	527,51	95,47	534,51	98,94
32	251,92	50,69	254,57	49,28	532,44	93,89	527,12	92,96	528,30	95,86	534,91	99,25
34	285,64	53,90	249,24	48,48	531,06	93,46	528,10	93,32	528,99	96,16	534,81	99,25
36	283,97	53,29	243,91	47,68	451,49	49,37	527,71	93,20	529,19	96,18	534,81	99,27
38	269,77	53,35	238,58	46,88	371,92	58,69	528,00	93,24	529,19	96,48	249,56	13,39
40	271,74	54,69	233,25	46,08	292,35	42,84	526,72	91,41	303,20	20,67	156,32	10,54

**Fuente:** Grupo de investigación

En la figura 6.38 se distingue mejor el rendimiento de las curvas de potencia y torque para las combinaciones de 5%, 10%, y 15% biodiesel, cuya variación respecto a la curva de 100% diesel es mínima mientras que para las combinaciones de 20% y 50% cambia considerablemente.



Fuente: Grupo de investigación

**Figura 6.38 Pruebas de potencia y torque con biodiésel y diésel en diferentes porcentajes**

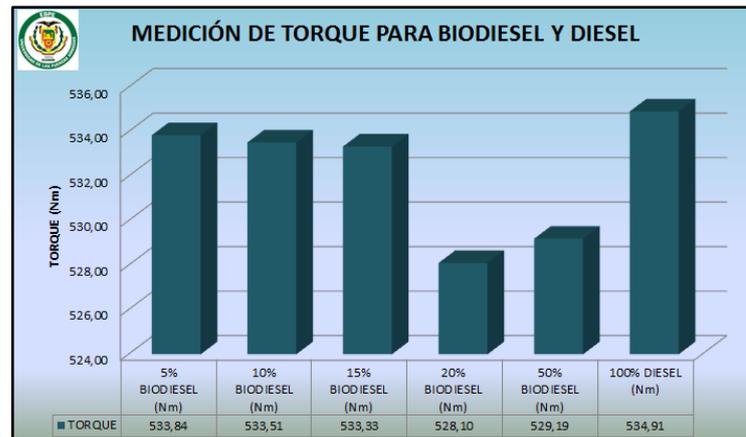
Una vez realizadas las pruebas se dispone de una tabla estadística con valores de torque y potencia para cada mezcla, la cual servirá más adelante para desarrollar cálculos referentes al consumo de combustible.

**Tabla 6.12 Cuadro estadístico de torque y potencia**

VALORES	5% BIODIESEL		10% BIODIESEL		15% BIODIESEL		20% BIODIESEL		50% BIODIESEL		100% DIESEL	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
VALOR MÁXIMO PRUEBA 1	501,78	89,63	532,66	96,30	527,90	92,75	526,10	92,32	486,89	80,19	533,33	99,01
VALOR MÁXIMO PRUEBA 2	533,84	97,43	463,58	81,90	469,63	76,12	494,38	82,00	498,13	83,41	501,78	86,71
VALOR MÁXIMO PRUEBA 3	533,13	92,56	531,24	95,95	522,09	90,52	511,44	87,43	521,89	92,00	522,58	96,09
VALOR MÁXIMO PRUEBA 4	529,58	96,09	533,51	96,90	533,33	94,15	528,10	93,32	529,19	96,48	534,91	99,27
VALOR MÍNIMO TOTAL	501,78	89,63	463,18	81,90	469,63	76,12	494,38	82,00	486,89	80,19	478,90	86,71
VALOR MÁXIMO TOTAL	533,84	97,43	533,51	96,90	533,33	94,15	528,10	93,32	529,19	96,48	534,91	99,27
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	15,32	3,53	34,46	7,25	29,43	8,31	15,63	5,19	19,84	7,53	15,26	5,89
FRECUENCIA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
MEDIANA	531,36	94,33	531,95	96,13	525,00	91,64	518,77	89,88	510,01	87,71	527,96	97,55
MODA												501,78
PROMEDIO	524,58	93,93	515,25	92,76	513,24	88,39	515,01	88,77	509,03	88,02	523,15	95,27
PORCENTAJE DE VARIACIÓN EN RELACION AL DIESEL	-0,20	-1,85	-0,26	-2,39	-0,30	-5,16	-1,27	-5,99	-1,07	-2,81	-	-

Fuente: Grupo de investigación

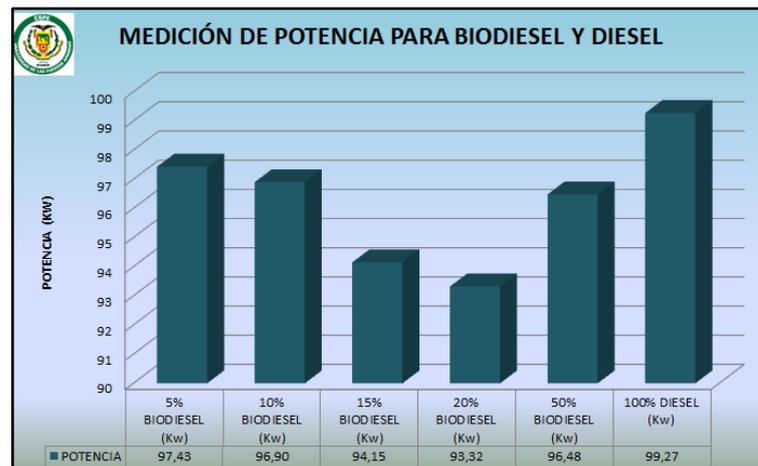
La figura 6.39 presenta los valores más relevantes de torque para cada tipo de mezcla en la cual se puede observar un mejor comportamiento cuando se trabaja con 5%, 10% y 15% biodiesel



Fuente: Grupo de investigación

Figura 6.39 Resumen estadístico de comportamiento de torque

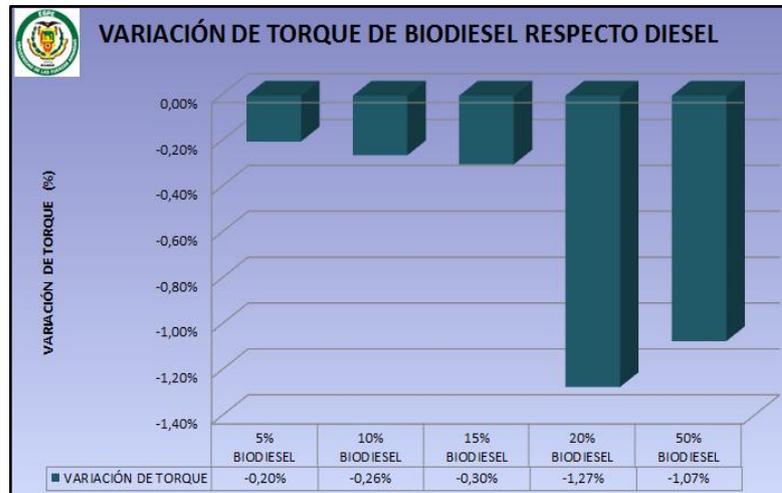
Al 5% biodiesel presenta el mejor desempeño de potencia con una disminución de 1.84Kw respecto a la potencia al utilizar 100% diesel.



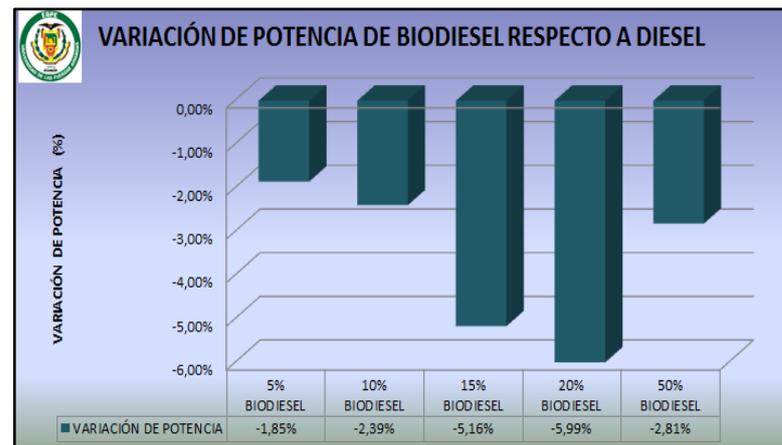
Fuente: Grupo de investigación

Figura 6. 40 Resumen estadístico de comportamiento de potencia

En la figura 6.41 y figura 6.42 se puede observar la variación en porcentaje de torque y potencia de las mezclas de biodiesel respecto al diesel.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6. 41 Porcentajes de variación de torque**



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6. 42 Porcentajes de variación de potencia**

De acuerdo a las mediciones se establece que el mejor desempeño del biocombustible en el vehículo se obtiene al trabajar con 5% biodiesel ya que presenta una reducción de 1.85% potencia y 0.20% torque con relación a la potencia y torque con 100% diesel.

## 6.2.8 ANÁLISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

- Cálculo de la presión media efectiva del ciclo.

$$P_{mc} = \frac{T}{V_h} \quad \text{Ecuación (6.8)}$$

$P_{mc}$  = presión media efectiva

$T$  = torque del vehículo 100% diesel

$V_h$  = cilindrada unitaria

$$P_{mc} = \frac{534.91 \text{ Nm}}{0.000624 \text{ m}^3}$$

$$P_{mc} = 857227.56 \text{ Pa} = 8.74 \text{ bar.}$$

- Cálculo del rendimiento térmico.

$$\eta_t = P_{mc} \frac{(\varepsilon-1)(k-1)}{P_a \varepsilon^k k(\rho-1)} \quad \text{Ecuación (6.9)}$$

$\eta_t$  = rendimiento térmico

$P_{mc}$  = presión media efectiva

$\varepsilon$  = relación de compresión

$k$  = coeficiente adiabático asumir 1.41 para motores diesel

$P_a$  = presión atmosférica en Latacunga =  $102811 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

$\rho$  = grado de expansión asumir 4.1 para motores diesel

$$\eta_t = 857227.56 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \frac{(18.5-1)(1.41-1)}{102811 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} 18.5^{1.41} 1.41(4.1-1)}$$

$$\eta_t = 22,36\%$$

- Cálculo del poder extraído.

$$Q_2 = (1 - \eta_t)Q_1 \quad \text{Ecuación (6.10)}$$

$Q_2$  = poder extraído

$\eta_t$  = rendimiento térmico

$Q_1$  = poder calorífico del combustible (diesel = 45.96MJ/Kg)

$$Q_2 = (1 - 0.2236) * 45.96 \text{ MJ/Kg}$$

$$Q_2 = 35.68 \text{ MJ/Kg}$$

- Cálculo del consumo másico de combustible.

$$mc = \frac{Pf}{Q_1 * \eta_t} \quad \text{Ecuación (6.11)}$$

mc = consumo másico de combustible

Pf = potencia al freno (potencia final 100% diesel)

$Q_1$  = poder calorífico del combustible (diesel = 45.96MJ/Kg)

$\eta_t$  = rendimiento térmico

$$mc = \frac{99.27 \text{ KJ/s}}{45960 \text{ KJ/Kg} * 0.22}$$

$$mc = 35.34 \text{ Kg/h}$$

- Cálculo de consumo específico de combustible

$$CEC = \frac{mc}{Pf} \quad \text{Ecuación (6.12)}$$

CEC = consumo específico de combustible

mc = consumo másico de combustible

Pf = potencia al freno (potencia final 100% diesel)

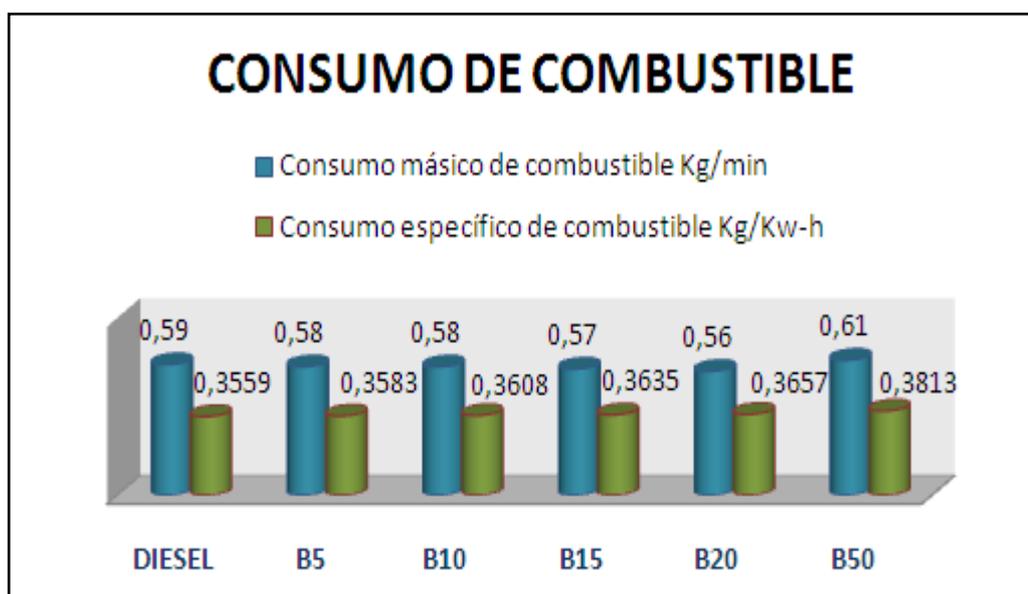
$$CEC = \frac{35.34 \text{ Kg/h}}{99.27 \text{ Kw}}$$

$$CEC = 0.35 \frac{\text{kg}}{\text{Kw} - \text{h}}$$

**Tabla 6.13 Cálculos para determinar consumo de combustible**

RELACION DE COMPRESION	18.5 : 1	CILINDRADA UNITARIA (m <sup>3</sup> )	0.000624		CILINDROS	4
PRESION ATMOSFERICA LATACUNGA (N/m <sup>2</sup> )	102811	COEFICIENTE ADIABATICO	1.41		GRADO DE EXPANSION PREVIA	4.1
MUESTRA	DIESEL	B5	B10	B15	B20	B50
TORQUE (Nm)	534.91	533.84	533.51	533.33	528.10	529.19
PRESION MEDIA EFECTIVA DEL CICLO (N/m <sup>2</sup> )	857227.5	855512.8	854983.9	854605.5	846314.1	848060.8
RENDIMIENTO TERMICO (%)	22.36%	22.32%	22.30%	22.29%	22.08%	22.12%
PODER CALORIFICO Q1 (MJ/Kg)	45.96	45.66	45.34	45.00	44.74	42.91
CALOR EXTRAIDO Q2 (MJ/Kg)	35.68	35.46	35.22	34.96	34.86	33.41
CONSUMO MASICO DE COMBUSTIBLE (Kg/h)	35.34	34.91	34.97	34.23	34.13	36.79
CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE (Kg/Kw-h)	0.3559	0.3583	0.3608	0.3635	0.3657	0.3813
POTENCIA AL FRENO (KJ/s)	99.27	97.43	96.90	94.15	93.32	96.48
PRESION MEDIA EFECTIVA DEL CICLO (bar)	8.74	8.72	8.72	8.72	8.63	8.65
CONSUMO MASICO DE COMBUSTIBLE (Kg/min)	0.5890	0.5818	0.5828	0.5705	0.5688	0.6131

Fuente: Grupo de investigación



Fuente: Grupo de investigación

**Figura 6. 43 Consumo de combustible en diferentes porcentajes**

En la figura 6.43 se establece que en el motor a diesel a través de la verificación de consumo de combustible se tiene una buena economía de consumo ya que rinde más potencia por hora de acuerdo a la masa de combustible consumido.

### **6.3 PRUEBAS DE OPACIDAD**

El Opacímetro BRAIN BEE determina el coeficiente de absorción luminosa ( $k$ ) de los gases de escape en los motores diesel y deberá ser transformado a porcentaje de opacidad.

Al igual que en las pruebas de rendimiento, se realiza las mezclas a los porcentajes (5%, 10%, 15%, 20%, 50% biodiesel y 100% diesel), posterior se conecta el opacímetro al tubo de escape del vehículo y se espera que el opacímetro detecte la temperatura del motor.

Para cada prueba se debe realizar tres veces el siguiente procedimiento:

- Esperar que la computadora emita una señal para empezar a acelerar y luego dará otra señal para dejar de acelerar, la primera aceleración se hace a 1000rpm, la segunda a 2000rpm y la tercera a 3000rpm.

La computadora analiza los resultados de cada aceleración y emite en pantalla los resultados de cada prueba además entrega un valor medio de los tres, siendo este valor el resultado final.

El opacímetro desplegará en pantalla si pasa o no pasa la prueba de acuerdo a lo establecido.

El programa del opacímetro entrega el resultado final con un solo decimal, para desarrollar un mejor análisis se requiere de valores más específicos, con dos decimales.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 6.44 Opacímetro**

La expresión que relaciona la opacidad (N (%)) y el coeficiente de absorción luminosa ( $K(m^{-1})$ ) esta dado por:

$$K = -\frac{1}{L} \ln \left[ 1 - \frac{N}{100} \right] \quad \text{Ecuación (6.13)}$$

Donde:

L = longitud efectiva del paso de la luz a través de la muestra del gas

N = lectura en la escala lineal

K = valor correspondiente del coeficiente de absorción

ln = logaritmo natural

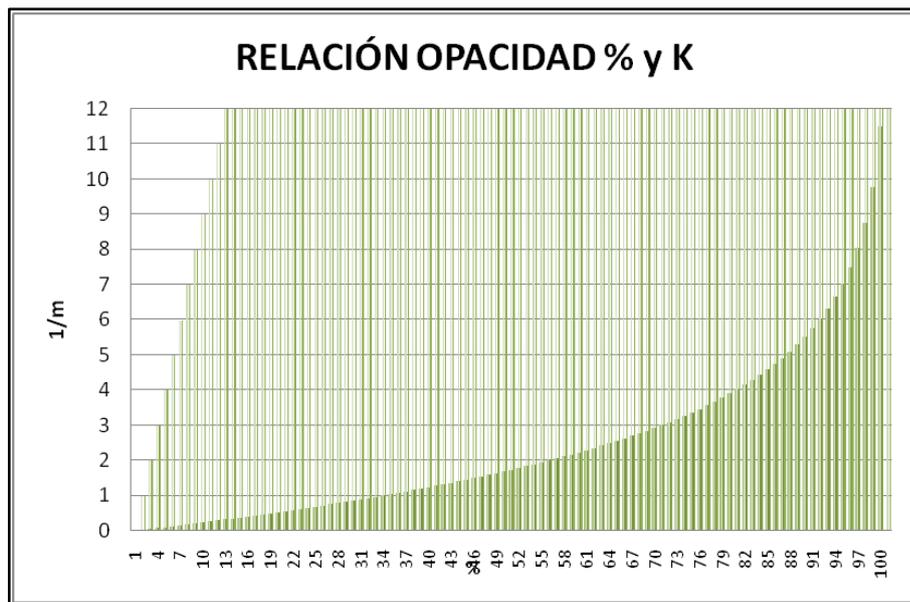
L= 0,4 aproximadamente

**Tabla 6.14 Comparación % de Opacidad (N) – Coeficiente de absorción luminosa (K)**

COEFICIENTE (K)	N	COEFICIENTE (K)	N
0	0	1,73	50
0,03	1	1,78	51
0,05	2	1,83	52
0,08	3	1,89	53
0,1	4	1,94	54
0,13	5	2	55
0,15	6	2,05	56
0,18	7	2,11	57
0,21	8	2,17	58
0,24	9	2,23	59
0,26	10	2,29	60
0,29	11	2,35	61
0,32	12	2,42	62
0,35	13	2,49	63
0,38	14	2,55	64
0,41	15	2,62	65
0,44	16	2,7	66
0,47	17	2,77	67
0,5	18	2,85	68
0,53	19	2,93	69
0,56	20	3,01	70
0,59	21	3,09	71
0,62	22	3,18	72
0,65	23	3,27	73
0,69	24	3,37	74
0,72	25	3,47	75
0,75	26	3,57	76
0,79	27	3,67	77
0,82	28	3,79	78
0,86	29	3,9	79
0,89	30	4,02	80
0,93	31	4,15	81
0,96	32	4,29	82
1	33	4,43	83
1,04	34	4,58	84
1,08	35	4,74	85
1,12	36	4,92	86
1,16	37	5,1	87
1,2	38	5,3	88
1,24	39	5,52	89
1,28	40	5,76	90
1,32	41	6,02	91
1,36	42	6,31	92
1,41	43	6,65	93
1,45	44	7,03	94
1,49	45	7,49	95
1,54	46	8,05	96
1,59	47	8,77	97
1,63	48	9,78	98
1,68	49	11,51	99

**Fuente:** Grupo de investigación

El medidor de opacidad BRAIN proporciona la concentración de gases de escape en unidades de coeficiente de absorción de luz (K), a continuación se presenta el gráfico de comparación, % de opacidad (N) a valor K ( $m^{-1}$ ), el cual permite conocer el % de opacidad a partir del factor K o viceversa.



Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.45 Gráfica de relación de opacidad y coeficiente de absorción luminosa**

### 6.3.1 OPACIDAD 100% DIESEL

El resultado con 100% diesel, es  $0.74m^{-1}$  y corresponde al 26% de opacidad.

TEST OFICIAL - IMPRESIÓN RESULTADOS			PARA SALIR	ESC
<b>VALORES RELEVADOS</b>				
TEMPERATURA MOTOR	:		0#	[°C]
VALOR OPACIDAD ACELERADA	1	: K =	1.02	* [m <sup>-1</sup> ]
VALOR OPACIDAD ACELERADA	2	: K =	0.92	* [m <sup>-1</sup> ]
VALOR OPACIDAD ACELERADA	3	: K =	0.29	* [m <sup>-1</sup> ]
VALOR MEDIO OPACIDAD	:		0.7	[m <sup>-1</sup> ]
<b>RESULTADO DE LA PRUEBA :</b>			<b>POSITIVO</b>	
TÉCNICO RESP. :			TUNALA / AVILA	

Fuente: Grupo de investigación  
 Figura 6.46 Opacidad 100% diesel

### 6.3.2 OPACIDAD 5% BIODIESEL

TEST OFICIAL - IMPRESIÓN RESULTADOS			PARA SALIR	ESC
<b>VALORES RELEVADOS</b>				
TEMPERATURA MOTOR	:		0#	[°C]
VALOR OPACIDAD ACELERADA	1	: K =	0.57	* [m <sup>-1</sup> ]
VALOR OPACIDAD ACELERADA	2	: K =	0.66	* [m <sup>-1</sup> ]
VALOR OPACIDAD ACELERADA	3	: K =	0.92	* [m <sup>-1</sup> ]
VALOR MEDIO OPACIDAD	:		0.7	[m <sup>-1</sup> ]
<b>RESULTADO DE LA PRUEBA :</b>			<b>POSITIVO</b>	
TÉCNICO RESP. :			TUNALA / AVILA	

Fuente: Grupo de investigación  
 Figura 6.47 Opacidad 5% biodiesel

El resultado con 5% biodiesel es de 0.71m<sup>-1</sup> y corresponde al 24% de opacidad.

### 6.3.3 OPACIDAD 10% BIODIESEL

La figura 6.48 indica los resultados con una mezcla del 10% biodiesel.

TEST OFICIAL - IMPRESIÓN RESULTADOS				PARA SALIR	ESC
<b>VALORES RELEVADOS</b>					F1
TEMPERATURA MOTOR	:		0#	[°C]	F2
VALOR OPACIDAD ACELERADA	1	: K =	0.50	[m <sup>-1</sup> ]	F3
VALOR OPACIDAD ACELERADA	2	: K =	0.60	[m <sup>-1</sup> ]	F4
VALOR OPACIDAD ACELERADA	3	: K =	0.84	[m <sup>-1</sup> ]	F5
					F6
VALOR MEDIO OPACIDAD	:	K =	0.6	[m <sup>-1</sup> ]	F7
<b>RESULTADO DE LA PRUEBA :</b>				<b>POSITIVO</b>	
TÉCNICO RESP. :				TUNALA / AVILA	
					F8

Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.48 Opacidad 10% biodiesel**

El resultado exacto de opacidad es de  $0.65\text{m}^{-1}$  a 10% biodiesel y corresponde al 23% de opacidad.

### 6.3.4 OPACIDAD 15% BIODIESEL

TEST OFICIAL - IMPRESIÓN RESULTADOS				PARA SALIR	ESC
<b>VALORES RELEVADOS</b>					F1
TEMPERATURA MOTOR	:		0#	[°C]	F2
VALOR OPACIDAD ACELERADA	1	: K =	0.30	[m <sup>-1</sup> ]	F3
VALOR OPACIDAD ACELERADA	2	: K =	0.36	[m <sup>-1</sup> ]	F4
VALOR OPACIDAD ACELERADA	3	: K =	0.96	[m <sup>-1</sup> ]	F5
					F6
VALOR MEDIO OPACIDAD	:	K =	0.5	[m <sup>-1</sup> ]	F7
<b>RESULTADO DE LA PRUEBA :</b>				<b>POSITIVO</b>	
TÉCNICO RESP. :				TUNALA / AVILA	
					F8

Fuente: Grupo de investigación  
**Figura 6.49 Opacidad 15% biodiesel**

El resultado de opacidad es de  $0.54\text{m}^{-1}$  al 15% biodiesel que corresponde al 19% de opacidad.

### 6.3.5 OPACIDAD 20% BIODIESEL

TEST OFICIAL - IMPRESIÓN RESULTADOS				PARA SALIR	ESC
<b>VALORES RELEVADOS</b>					F1
TEMPERATURA MOTOR	:		0#	[°C]	F2
VALOR OPACIDAD ACELERADA	1	: K =	0.26 *	[m <sup>-1</sup> ]	F3
VALOR OPACIDAD ACELERADA	2	: K =	0.41 *	[m <sup>-1</sup> ]	F4
VALOR OPACIDAD ACELERADA	3	: K =	0.55 *	[m <sup>-1</sup> ]	F5
					F6
VALOR MEDIO OPACIDAD	:	K =	0.4	[m <sup>-1</sup> ]	F7
<b>RESULTADO DE LA PRUEBA :</b>				<b>POSITIVO</b>	
<b>TÉCNICO RESP. :</b>				TUNALA / AVILA	
					F8

Fuente: Grupo de investigación  
 Figura 6.50 Opacidad 20% biodiesel

El resultado de opacidad es de  $0.40\text{m}^{-1}$  al 20% biodiesel y corresponde al 14% de opacidad.

### 6.3.6 OPACIDAD 50% BIODIESEL

TEST OFICIAL - IMPRESIÓN RESULTADOS				PARA SALIR	ESC
<b>VALORES RELEVADOS</b>					F1
TEMPERATURA MOTOR	:		0#	[°C]	F2
VALOR OPACIDAD ACELERADA	1	: K =	0.32 *	[m <sup>-1</sup> ]	F3
VALOR OPACIDAD ACELERADA	2	: K =	0.53 *	[m <sup>-1</sup> ]	F4
VALOR OPACIDAD ACELERADA	3	: K =	1.25 *	[m <sup>-1</sup> ]	F5
					F6
VALOR MEDIO OPACIDAD	:	K =	0.7	[m <sup>-1</sup> ]	F7
<b>RESULTADO DE LA PRUEBA :</b>				<b>POSITIVO</b>	
<b>TÉCNICO RESP. :</b>				TUNALA / AVILA	
					F8

Fuente: Grupo de investigación  
 Figura 6.51 Opacidad 50% biodiesel

El resultado de opacidad es de  $0.70\text{m}^{-1}$  al 50% biodiesel y corresponde al 24 % de opacidad.

### 6.3.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE OPACIDAD

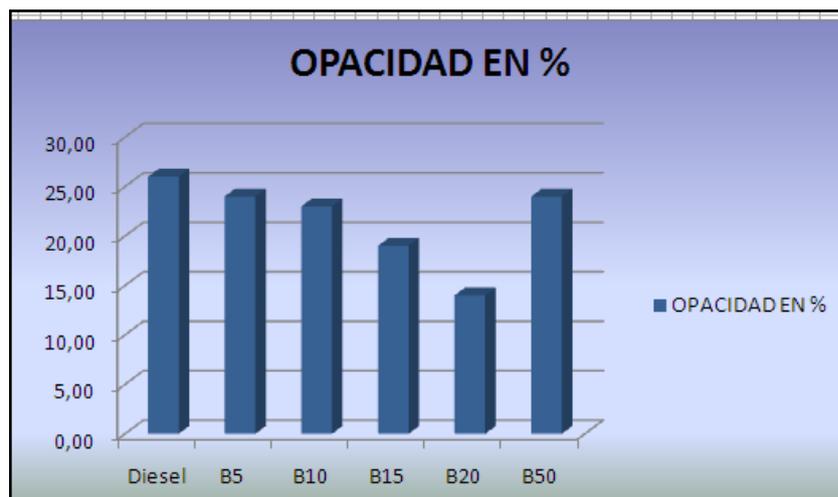
Dentro de la tabla 6.15 se encuentran tabulados los resultados de opacidad de cada mezcla, mediante esta tabla se realiza un análisis.

**Tabla 6.15 Opacidad en las diferentes mezclas**

MEZCLA	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE LUZ K (m-1)	OPACIDAD EN %	DISMINUCIÓN DE OPACIDAD RESPECTO AL DIESEL	% DE DISMINUCIÓN DE OPACIDAD
Diesel	0,74	26	-	-
B5	0,71	24	0.03	4.0%
B10	0,65	23	0.09	12.16%
B15	0,54	19	0.20	27.02%
B20	0,4	14	0.34	45.94%
B50	0,7	24	0.04	5.40%

**Fuente:** Grupo de investigación

En la mezcla de 20% biodiesel la disminución de opacidad es mayor con  $0.34\text{m}^{-1}$  que equivale al 45,94% con respecto a la opacidad producida por la combustión del diesel.



**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 6.52 Opacidad en porcentajes para diesel y biodiesel**

# **CAPÍTULO 7**

## **MARCO ADMINISTRATIVO**

### **7.1 MARCO ADMINISTRATIVO**

Los aspectos administrativos y económicos del presente proyecto establecen los parámetros necesarios relacionados con la viabilidad de los recursos y la factibilidad del proyecto.

### **7.2 FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Los recursos materiales y humanos son fundamentales para la realización del proyecto y para llegar a cumplir con el propósito de la investigación el cual consiste llevar a cabo la consecución del mismo en un futuro cercano. De tal forma es necesario, preparar el presupuesto tomando en cuenta estos parámetros.

#### **a. Recursos materiales**

Los recursos materiales son todos los elementos físicos que se usaron en la implementación del proyecto los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 7.1 Recursos materiales**

ORDEN	ITEM
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	
1	Tanques de acero inoxidable
2	Mangueras de teflón
3	Acoples
4	Uniones
5	Rodelas
6	Codos
7	Tuercas
8	Ángulo
9	Pintura
10	Ruedas
11	Válvulas de bola
12	T de acero inoxidable ¼"
<b>MATERIAL ELÉCTRICO</b>	
13	Borneras
14	Luces piloto
15	Caja
16	Cable # 14
17	Pulsadores
18	Interruptores
19	Canaleta
20	Bombas eléctricas

**Fuente:** Grupo de investigación

**b. Talentos humanos**

El personal de apoyo para esta investigación está integrado por Christian Andrés Ávila Calderón y Juan Carlos Tunala Moreta, con el asesoramiento del Ingeniero Germán Erazo, director de tesis y el Ingeniero Luis Mena asignado como codirector del proyecto.

**Tabla 7.2 Talentos humanos**

<b>GRUPO DE INVESTIGACIÓN</b>	Christian Ávila
	Juan Tunala
	Ing. Germán Erazo
	Ing. Luis Mena

**Fuente:** Grupo de investigación

### c. Recursos financieros

El financiamiento para el proyecto será de recursos propios y con recursos de la Universidad de Las Fuerzas Armadas esto significa que el proyecto se encuentra inscrito en la universidad como proyecto de iniciación científica.

En el ANEXO “E”, ANEXO “F” y ANEXO “G” se encuentra toda la documentación pertinente a la adquisición de los bienes y servicios por parte de la universidad.

#### 7.2.1 COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL REACTOR

El proyecto “Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diesel” conlleva una serie de costos como materiales de construcción, pruebas de laboratorio, material eléctrico entre otros, la siguiente tabla detalla la inversión realizada en el proyecto.

**Tabla 7.3 Gastos efectuados en el proyecto**

ORDEN	ITEM	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL PARCIAL
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>				
1	Tanques de acero inoxidable (60lt)	4	504	2016
2	Tanque de acero inoxidable (10lt)	1	283.36	283.36
3	Mangueras de teflón	10	24.98	249.8
4	Acoples	30	1.3	39
5	Rodelas	36	0.1	3.6
6	Válvulas de bola	19	12.5	237.5
7	Pernos	22	0.15	3.3
8	Empaques	5	1	5
9	Ruedas	6	1.5	9
10	Pintura	4	2.5	10
11	T de ¼"	9	3.4	30.6
12	Ángulo	3	13.5	40.5
<b>MATERIAL ELÉCTRICO</b>				
13	Borneras de riel	4	1.5	6
14	Borneras	4	0.35	1.4
15	Interruptores	6	3.25	19.5

16	Luz piloto	6	3.75	22.5
17	Caja	1	4.75	4.75
18	Cable #14	30	0.63	18.9
19	Bombas de agua	4	40	160
<b>HERRAMIENTAS</b>				
20	Cautín	1	4.6	4.6
21	Estaño	1	3.6	3.6
22	Sierra	1	2.5	2.5
23	Peladora de alambre	1	3.5	3.5
24	Disco para amoladora	2	0.70	1.4
<b>PRUEBAS DE LABORATORIO</b>				
25	Caracterización del biodiesel	1	218.4	218.4
26	Caracterización del diesel	1	218.4	218.4
<b>MATERIA PRIMA</b>				
27	Metanol	32	3.36	107.52
28	Hidróxido de sodio	3	4	12
29	Hidróxido de potasio	3	4	12
<b>ACCESORIOS</b>				
30	Bomba de aire	1	22	22
31	Manguera de agua	1	15	15
32	Recipiente de HDPE para mezclas de metóxido	1	14	14
33	Cilindro de gas	1	50	50
34	Manguera para gas	1	5	5
35	Válvula para gas	1	3.5	3.5
<b>TOTAL (\$)</b>				3854.13

**Fuente:** Grupo de investigación

## 7.2.2 COSTOS DE OBTENCIÓN DEL BIODIESEL

Para determinar el precio de producción del biodiesel, es necesario considerar los valores de la materia prima que conlleva. En la tabla 7.4 se muestra el costo de obtención del biodiesel.

**Tabla 7.4 Costo de obtención del biodiesel**

INSUMO	CANTIDAD	PRECIO
Aceite reciclado	45lt	-
Metanol	10lt	33.6
Hidróxido de potasio (KOH)	1Kg	3.92
<b>TOTAL</b>		37.52

**Fuente:** Grupo de investigación

Producir 40 lt de biodiesel tiene un costo de \$ 37.52; es decir, producir un litro de biodiesel cuesta alrededor de 0.94 ctvs.

En este punto es importante analizar, si el galón de diesel tiene un precio de \$1.05 no sería rentable competir con el biodiesel, al menos que el subsidio que posee el Ecuador a los combustibles también se aplique al biodiesel.

Para este caso se recomienda utilizarlo como aditivo en un 5% biodiesel.

## CONCLUSIONES

Culminado el presente trabajo de investigación se pone a disposición las siguientes conclusiones:

- La cantidad promedio de aceite desechado por los locales encuestados es de 280lt al día, con esta cantidad alcanza para producir 6 procesos con una obtención de 240lt de biodiesel.
- En la ciudad de Latacunga, según lo reflejado en las encuestas, la mayor parte de establecimientos de comidas de frituras están dispuestos a colaborar entregando el aceite a un recolector.
- Existe bastante desconocimiento en la ciudad de Latacunga sobre la contaminación que produce desechar el aceite por las cañerías, y sobre la reutilización que se le puede dar al mismo.
- Se diseñó y construyó un bioreactor para producir biodiesel a partir de aceite vegetal de frituras.
- El bioreactor implementado tiene una capacidad diaria para producir 40lt de biodiesel de excelente calidad.
- Se dio tratamiento al aceite vegetal usado mediante proceso de transesterificación básica para convertirlo en biocombustible de excelente calidad.
- Los análisis de caracterización tanto del diesel como del biodiesel realizados en la Universidad Central del Ecuador, pasaron las normativas internacionales EN14214 y ASTM 6751.

- El biodiesel elaborado en el bioreactor es óptimo para la utilización en motores diesel, sin la necesidad de ninguna modificación.
- En las mediciones realizadas de rendimiento se determinó que la mezcla ideal es al 5% biodiesel, presentando una disminución mínima de 0.2% en torque y de 1.85% en potencia, esto respecto al diesel.
- Se estable que el motor diesel a través de la verificación del consumo específico de combustible tiene una buena economía al trabajar con la mezcla de 5% biodiesel.
- Con respecto a la opacidad, la mezcla 20% biodiesel presenta la mayor disminución con 45.94% respecto a la opacidad del diesel comercializado en el país.
- El precio de producción de 1lt de biodiesel es de 0.94 ctvs. de dólar; comparado con el precio del diesel es casi el triple, por lo que no es rentable su producción, a menos que el biodiesel entre en los subsidios del país, como lo es el diesel.

## RECOMENDACIONES

- Evitar que el aceite sea quemado excesivamente, esto involucraría más reactivos.
- Para el manejo de los reactivos, tomar las seguridades pertinentes ya que son químicos venenosos.
- Determinar exactamente los valores de la cantidad de aceite a procesar y del ph en la titulación, así el biodiesel saldrá de calidad y sin desperdicios o falta de reactivos.
- Durante el proceso, utilizar la indumentaria adecuada para el manejo de altas temperaturas.
- En el tanque de reacción, proporcionar una agitación uniforme durante lapsos de 5 minutos.
- No realizar el lavado de burbujas por tiempos prolongados, esto puede disminuir la calidad del biodiesel y generar jabones.
- No guardar el biodiesel por largos periodos de tiempo, esto también deteriora el biocombustible, se recomienda máximo 6 meses de almacenamiento.
- Generar otros campos de investigación respecto a los subproductos (glicerina) obtenidos de la reacción.
- Calibrar equipos e instrumentos de medición previa a su utilización.

- Para realizar pruebas de potencia, torque y opacidad se debe mantener un mismo ritmo de aceleración para que la lectura de los resultados sean correctos.
- Para probar el biodiesel en un vehículo es mejor realizar la mezcla aparte, así se garantiza que este bien mezclado.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

### BIBLIOGRAFÍA

- Acosta F. (2008). Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- Benjunea P. (2009). Biodiesel: Producción, calidad y caracterización. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Castro P. (2007). Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- Erazo G. (2013). Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución.
- Erwan B. (2010). Biodiesel: Los aspectos mecánicos en el vehículo.
- Fernández A. (2010). Guía completa de la biomasa y los biocombustibles. Madrid.
- Gallardo M. (2008). Diseño de un reactor de transesterificación para la producción de biodiesel.
- Gandulía F. (2009). Manual de Biocombustibles. Perú.
- García J. (2006). Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Madrid.
- Rodríguez J. (2007). Estudio de la mezcla óptima diesel – Aceite de palma usada como combustible de un motor a diesel.
- Stratta J. (2000). Biocombustible: los aceites vegetales como constituyentes principales del biodiesel.

## **NETGRAFÍA**

- Biocombustible y desarrollo sostenible. Disponible en la URL:<http://www.journeytoforever.org/es/index.cgi>. Consultado 15 de junio del 2013.
- Análisis de elementos finitos. Disponible en la URL:[http://help.solidworks.com/2013/Spanish/SolidWorks/sldworks/c\\_introduction\\_toplevel\\_topic.htm](http://help.solidworks.com/2013/Spanish/SolidWorks/sldworks/c_introduction_toplevel_topic.htm). Consultado 20 de agosto del 2013.
- Normas de calidad del biodiesel. Disponible en la URL:<http://biodieselensayos.wikispaces.com/Algunas+normas+para+el+biodiesel>. Consultado 24 de noviembre del 2013.

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

**TABLA DE COMPATIBILIDAD DEL BIODIESEL CON  
OTROS MATERIALES**

## COMPATIBILIDAD DE MATERIALES CON EL BIODIESEL

Material	KOH	NaOH	Metanol	Glicerina	Acidos Grasos	Aceite de soya	Biodiesel
Acero inoxidable 316	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Acero inoxidable 304	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente
Acero al carbono	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Excelente	Regular	Buena	Excelente
Hierro forjado	Buena	Efecto severo	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Excelente
Latón	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Buena	Regular	N/A	Excelente
Aluminio	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Bronce	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Cobre	Buena	Buena	Buena	Excelente	Efecto severo	N/A	Excelente
Titanio	Efecto severo	Buena	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Buena
Grafito	Regular	N/A	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Magneto Cerámico	Excelente	N/A	Excelente	N/A	N/A	N/A	N/A
PVC	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
CPVC	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Polipropileno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Poliétileno de baja densidad	Excelente	Efecto severo	Excelente	Excelente	Efecto severo	Excelente	Regular
Policarbonato	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Excelente	Buena	N/A	Excelente
Poliuretano	Efecto severo	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Buena	Regular
Caucho natural	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Efecto severo	Efecto severo
Nitrilo	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente
Teflón	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Neopreno	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Regular	Buena
Silicona	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Efecto severo
PVDF	Excelente	Efecto severo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Epoxy	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Nylon	Regular	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Vitón	Buena	Buena	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

**Fuente:** Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala.

# **ANEXO B**

**ENCUESTA APLICADA**

**ENCUESTA SOBRE EL USO QUE SE DA A LOS  
ACEITES USADOS DE FRITURAS Y SU  
DISPONIBILIDAD COMO MATERIA PRIMA PARA  
ELABORACIÓN DE BIODIESEL**

<b>LUGAR:</b>	<b>FECHA:</b>	<b>N- de encuesta</b>
<b>INSTRUCCIONES:</b>	Lea detenidamente la pregunta y responda lo más sinceramente posible colocando una x en la casilla de respuesta o completando el espacio	

**1.- ¿Qué cantidad de aceite desecha al día?**

\_\_\_\_\_

**2.-Luego de usar el aceite ¿Qué realiza con él?**

Lo arroja por el caño  Lo vende  Lo entrega a algún recolector

Otro (Detalle) \_\_\_\_\_

**3.- ¿Sabía usted que el aceite es un gran contaminante como desperdicio y su tratamiento es costoso?**

SI  NO

**4.- ¿Sabía usted que con el aceite usado se pueden realizar jabones, biodiesel entre otras cosas?**

SI  NO

**5.-Estaría usted dispuesto a entregar el aceite gratuitamente a un recolector**

SI  NO  ¿Por qué? \_\_\_\_\_

# **ANEXO C**

**PROYECTO DE INICIACIÓN CIENTÍFICA**



**1. DATOS GENERALES**

<b>Nombre o Título del proyecto (Español):</b> Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diésel en diferentes proporciones para La Escuela Politécnica Del Ejército Extensión Latacunga.				
<b>Nombre o Título del proyecto (Inglés):</b> Recycling frying vegetable oil for use as biofuel in diesel engines in different proportions for Army Polytechnic School Extension Latacunga.				
<b>Nombre del Departamento/ Centro Responsable:</b> Ciencias de la Energía y Mecánica		<b>Carrera:</b> Ingeniería Automotriz		<b>Programa de Postgrado:</b> Sistemas de Gestión Ambiental
<b>No. Convocatoria</b> 2013	<b>Nombre del Programa ( Op)</b> No aplica		<b>Grupo de Investigación: (Pertenece)(Op)</b> No aplica	
<b>Línea de Investigación:</b> 6. Energía			<b>Sublínea de Investigación:</b> Medio Ambiente	
<b>Tipo de Investigación:</b> Iniciación Científica				
<b>COBERTURA Y LOCALIZACIÓN</b>				
Local x		Regional		Regional amplio
Zona de Planificación Región 3		Región Sierra	Provincia Cotopaxi	Cantón Latacunga
Parroquia Matriz				
<b>Objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir:</b>				
4. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable				
<b>Área de Conocimiento:</b>				
ESPE Energía			Unesco Ingeniería, industria y construcción	
<b>INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO</b>				
<b>Datos de las Instituciones Ejecutoras</b>				
<b>Institución Ejecutora Principal:</b>		Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga		
<b>Dirección</b> Calle Quijano y Ordóñez y Hermanas Páez.	<b>Ciudad</b> Latacunga	<b>Correo Electrónico</b> espe@espe.edu.ec	<b>Pag. Web.</b> espe-el.espe.edu.ec	<b>Teléfonos /Fax</b> 593(03) 2810206
<b>Otras Instituciones Nacionales e Internacionales que colaborarán con el proyecto</b>				
No aplica				



<b>Institución:</b>		No aplica			
<b>Dirección</b> No aplica	<b>Ciudad</b> No aplica	<b>Correo Electrónico</b> No aplica	<b>Pag. Web.</b> No aplica	<b>Teléfonos /Fax</b> No aplica	
<b>Institución:</b>		No aplica			
<b>Dirección</b> No aplica	<b>Ciudad</b> No aplica	<b>Correo Electrónico</b> No aplica	<b>Pag. Web.</b> No aplica	<b>Teléfonos /Fax</b> No aplica	
<b>Monto</b>					
<b>Presupuesto de Riesgos</b>	<b>Presupuesto aporte ESPE</b> \$ 3.000	<b>Presupuesto entidad auspiciantes/beneficiaria</b>	<b>Presupuesto Total</b> \$ 3.000		
<b>Plazo de ejecución</b>					
<b>Fecha de presentación</b> 07-05-2013		<b>Fecha de inicio</b> 04-02-2013	<b>Fecha de finalización</b> 04-12-2013		
<b>Duración en meses:</b> 10 meses		<b>Estado:</b> Nuevo: <input type="checkbox"/> En Ejecución <input checked="" type="checkbox"/> Continuación: <input type="checkbox"/>			
<b>PERSONAL RESPONSABLE DEL PROYECTO</b>					
<b>Ingresar a Módulo de Currículum Vitae</b> <i>( Adjuntar currículum vitae completo del Director y del Investigador Asistente del Proyecto)</i>					
<b>Nombres y Apellidos del Director de Proyecto</b> Erazo Laverde Washington Germán	<b>Cargo</b> Profesor Tiempo Completo	<b>Unidad/Dpto.</b> Ciencias de la Energía y Mecánica	<b>Correo Electrónico</b> wgerazo@espe.edu.ec	<b>Teléfonos</b> 0995275227	<b>Género</b> Masculino
<b>Nombres y Apellidos del Investigador Asistente</b> Mena Navarrete Luis Antonio	<b>Cargo</b> Profesor Tiempo Completo	<b>Unidad/Dpto.</b> Ciencias de la Energía y Mecánica	<b>Correo Electrónico</b> lamena@espe.edu.ec	<b>Teléfonos</b> 0995014948	<b>Género</b> Masculino
<b>Nombres y Apellidos del Investigador Ayudante 1</b> Ávila Calderón Christian Andrés	<b>Cargo</b> Alumno De La Carrera De Ingeniería Automotriz	<b>Unidad/Dpto.</b> Ciencias de la Energía y Mecánica	<b>Correo Electrónico</b> chrisandy@hotmail.com	<b>Teléfonos</b> 0987041273	<b>Género</b> Masculino
<b>Nombres y Apellidos del Investigador Ayudante 2</b> Tunala Moreta Juan Carlos	<b>Cargo</b> Alumno De La Carrera De Ingeniería Automotriz	<b>Unidad/Dpto.</b> Ciencias de la Energía y Mecánica	<b>Correo Electrónico</b> jucat101@hotmail.com	<b>Teléfonos</b> 0983088083	<b>Género</b> Masculino

## 2. DIAGNÓSTICO Y PROBLEMA

### 2.1 Descripción de la situación actual del tema a investigar:

El área de biocombustibles en nuestro país ha tenido poca importancia en los últimos años sin embargo esa postura se está tratando de cambiar por el gobierno de turno, tal es así que en el mes de marzo, el Presidente Rafael Correa Delgado por el decreto ejecutivo 1303 señala que el diésel del país debe tener una mezcla de biocombustible del 5% cantidad que se ira incrementado hasta llegar a un 10%, y se ha establecido que en un

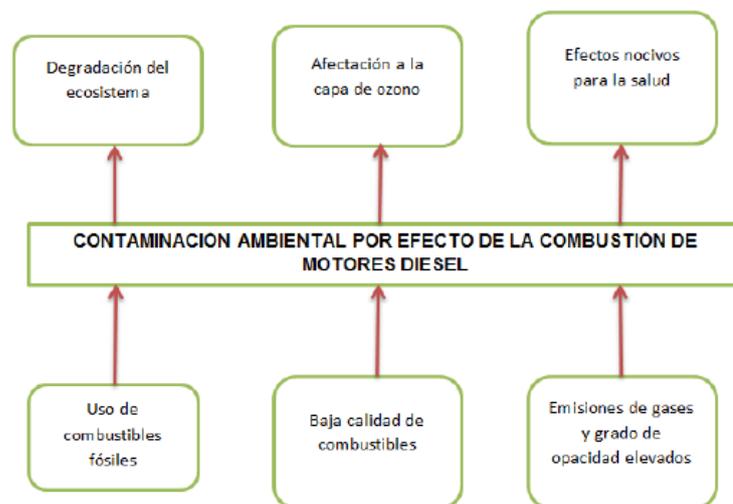


plazo no mayor a ocho meses la gasolineras deberán comercializarlo además el documento señala que la producción, distribución y comercialización estarán sometidas a libre competencia siempre y cuando cumplan con los lineamientos de elaboración del biocombustible, una medida que empresas nacionales ven con buenos ojos porque incentiva la producción nacional de ese combustible.

En este contexto se crea la necesidad que los estudiantes de la ESPE, sean capacitados en el área de conocimientos Energías Renovables, con la finalidad de ser competitivos en el campo laboral y satisfacer las necesidades de las problemáticas ambientales.

### 2.2 Identificación, descripción y diagnóstico del problema

#### DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO



La contaminación ambiental por efecto de la combustión de motores diésel, se debe al uso de combustibles fósiles y que al ser de baja calidad, producen emisiones contaminantes como dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, material particulado, hidrocarburos y sulfuros, que afectan a la capa de ozono y que son perjudiciales para la salud; de todo esto es de donde parte el reciclaje y la búsqueda de combustibles menos contaminantes y alternativos para usarlos en motores diésel sin ser necesario ningún tipo de modificación.

### 2.3 Tabla de Búsqueda: en Bases de Datos/Documents/Patentes/otros

- [1] Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- [2] Manual de Biocombustibles, IICA, Instituto Interamericano De Cooperación para la agricultura.
- [3] Bioreactor de Biodiesel, Journey to forever, <http://www.journeytoforever.org/es/biocombustibles/reactores-biodiesel/reactor-60-litros.cgi>
- [4] Libros, Biodiesel, Producción, calidad y caracterización. Medellín: Universidad de Antioquia
- [5] BIOCMBUSTIBLES: los aceites vegetales como constituyentes principales del biodiesel. Investigación y Desarrollo – Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercado
- [6] Diseño de un reactor de transesterificación para la producción de biodiesel. (Proyecto de fin de



carrera, Universidad San Carlos III de Madrid). Recuperado de <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/5372>

[7] Miliarium, Biodiesel con aceite de cocina usado, <http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Biocombustibles/Biodiesel.asp>

[8] La Fabril, Biodiesel Ecuador; <http://www.lafabril.com.ec/mapa.php>

[9] Diario Hoy S.A, Biodiesel Ecuador, Quito- Ecuador, <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/petroecuador-recibira-mas-biodiesel-a-partir-de-mayo-577260.html>

[10] Diario Expreso S.A, Biodiesel Ecuador, Guayaquil – Ecuador, [http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news\\_user\\_view&id=181909&umt=biodiesel\\_podra\\_ser\\_producido\\_por\\_firmas\\_privadas\\_en\\_ecuador](http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=181909&umt=biodiesel_podra_ser_producido_por_firmas_privadas_en_ecuador)

Base de Datos	Denominación	No. De patente	Otros
No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

**2.4 Análisis Comparativo**

La aplicación de este biocombustible dará como resultado una disminución de gases contaminantes como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), material particulado, hidrocarburos (HC) y sulfuros producidos por la combustión de un motor diésel que utiliza combustible de origen fósil. Mientras que el rendimiento del motor mantiene prácticamente sus valores normales torque, potencia y consumo de combustible sin que afecte su desempeño.

El uso de aceite vegetal reciclado para la obtención de biodiesel, cobra una gran importancia en nuestros días por varias razones, como el hecho de provenir de una fuente renovable. Además producir biodiesel por este método es evitar posibles deforestaciones, incremento del precio en alimentos y escases de los mismos como el maíz, la caña de azúcar, etc.

Con respecto a la economía de la sociedad este nuevo biocombustible resultaría más económico y accesible al bolsillo porque podría ser usado a parte de los vehículos diésel en generadores de electricidad y calefactores.

\* Adjuntar : Página Legal

**Identificación y caracterización de la población objetivo (beneficiarios y participantes)**

Número Directos Hombres:	Número Directos Mujeres:	Total Número Directos:	Total Número Indirectos:	Personas con capacidades especiales:
600	580	20	400	10
Número de docentes participantes:		Docentes participantes hombres:		Docentes participantes mujeres:
2		2		0
Número de estudiantes participantes:		Estudiantes participantes hombres:		Estudiantes participantes mujeres:
2		2		0

**Factores críticos de éxito:**

En el caso de que se asigne el presupuesto la ESPE contará con un prototipo de tratamiento para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado, la misma que ayudara a complementar el aprendizaje teórico de los estudiantes en el área de combustibles y motores diésel. Los factores que ayudaran a cumplir con este objetivo son:

- Disponibilidad de los equipos requeridos
- Instalación y configuración adecuada en el Laboratorio.



- Disponibilidad de certificación de recursos económicos para la ejecución del proyecto.
- Proceso de contratación.
- Cumplimiento de cronograma.

**Restricciones/Supuestos:**

En caso de que el presupuesto no sea asignado al proyecto, los estudiantes de la ESPE perderán la posibilidad de adquirir un conocimiento más profundo del proceso de obtención de biodiesel. Los supuestos y restricciones que Del proyecto son las siguientes:

- Disponibilidad de presupuesto
- Autorización correspondiente para su ejecución
- Cumplimiento de los plazos establecidos
- Existe el monitoreo continuo de su ejecución

**3. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

	<b>Indicador</b>	<b>Medio de verificación</b>	<b>Supuestos</b>
<b>Fin:</b> Contribuir en disminución de la contaminación ambiental producida por uso de combustibles fósiles.	- Reducir 15% de emisiones de gases contaminantes	- Medición con opacímetro y analizador de gases.	- Cumplimiento de la meta de reducción de emisiones de gases contaminantes.
<b>Propósito (objetivo general):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclar el aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diésel en diferentes proporciones.</li> </ul>	- Proporciones de B5, B10, B15 y B20.	- Pruebas de laboratorio del biodiesel.	- Certificado de calidad de biodiesel obtenido.
<b>Componentes (objetivos específicos):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar una estadística de los desechos de aceite vegetal de frituras producidos en la parroquia Latacunga.</li> <li>• Construir una planta de tratamiento de biodiesel.</li> <li>• Tratar el aceite vegetal reciclado.</li> <li>• Caracterizar el</li> </ul>	- Producción de 50 litros de biodiesel en 8 horas. - Determinar poder calorífico, densidad, viscosidad y punto de inflamación del biodiesel.	- Datos recopilados con información veraz. - Pruebas de caracterización del diésel y mezclas diésel-biodiesel.	- Biodiesel obtenido cumple con estándares internacionales.



<p>diésel y las mezclas diésel-biodiésel mediante pruebas de laboratorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar pruebas mecánicas de torque, potencia, emisiones de gases, opacidad y consumo de combustible en un vehículo con motor diésel en diferentes proporciones.</li> </ul>			
<p><b>Actividad:</b></p> <p>1.1 Recopilar información confiable y veraz, que se encuentre relacionada con el tema de investigación.</p> <p>1.2 Desplazarse a la parroquia Latacunga para recopilar información de los desechos de aceite vegetal producidos por los locales de comida.</p> <p>1.3 Recopilación de información para la adquisición de materiales necesarios para la ejecución del proyecto.</p> <p>1.4 Adquisición de equipos, materiales y suministros.</p> <p>1.5 Construcción de la planta de tratamiento de biodiésel.</p> <p>1.6 Adquisición de</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La información obtenida es veraz y muy útil.</li> <li>- Visitas cumplen expectativas esperadas.</li> <li>- Equipos con garantía.</li> <li>- Prototipo de tratamiento de biodiésel adecuado para la ejecución de las prácticas.</li> <li>- Sustancias químicas debidamente certificadas.</li> <li>- Resultados de pruebas de laboratorio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proformas, facturas y cotizaciones.</li> <li>- Laboratorio de la Universidad Central Del Ecuador.</li> <li>- Equipos de diagnóstico automotriz: analizador de gases, dinamómetro.</li> <li>- Capacitación para ejecutar el proyecto por personal capacitado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las fuentes de investigación son correctas para ejecutar el proyecto.</li> <li>- Equipos de diagnóstico automotriz perfecto funcionamiento.</li> </ul>



sustancias químicas.  1.7 Obtención del biodiesel.  1.8 Caracterizar el diésel y la mezcla biodiesel.  1.9 Realizar pruebas mecánicas de torque, potencia, emisiones de gases, opacidad y consumo de combustible en un vehículo con motor diesel en diferentes proporciones  1.10 Realizar correcciones, impresiones, empastados, anillados, etc.  1.11 Entrega, revisión y defensa del proyecto			
--	--	--	--

Nota: Esta matriz, además deberá ser cargada en el software que proporcionará la SENPLADES.

Detalle de entregables del proyecto				
Bienes	Prototipo de tratamiento de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado			
Servicios	No aplica			
Bienes y Servicios	No aplica			
Detalle de adquisiciones del proyecto				
Descripción	% Nacional	% Importado	Detalle insumo nacional	Detalle insumo importado
Bienes <ul style="list-style-type: none"> <li>Estructura metálica</li> <li>Tanques de acero inoxidable 304</li> </ul>	100	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructura metálica</li> <li>Tanques de</li> </ul>	



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvulas de acero inoxidable 316</li> <li>• Tubo de acero ¼ de pulgada 304</li> <li>• Termómetros</li> <li>• Bombas de agua</li> <li>• Filtros</li> <li>• Mangueras de teflón</li> <li>• Quemadores industriales</li> <li>• Válvulas de gas</li> <li>• Tanque de gas</li> </ul>			acero inoxidable 304 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvulas de acero inoxidable 316</li> <li>• Tubo de acero ¼ de pulgada 304</li> <li>• Termómetros</li> <li>• Bombas de agua</li> <li>• Filtros</li> <li>• Mangueras de teflón</li> <li>• Quemadores industriales</li> <li>• Válvulas de gas</li> <li>• Tanque de gas</li> </ul>	
<b>Servicios</b>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Bienes y Servicios</b>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Categorización del Proyecto				
<b>Indispensable</b>	<b>Necesario</b> x		<b>Deseable</b>	<b>Admisible</b>

<b>4. METODOLOGÍA PARA LA INVESTIGACIÓN</b> (Diseño del Estudio: Detallar diseño experimental, tipo de análisis estadístico, otros)
<p>El método de investigación a utilizar será:</p> <p><b>MÉTODO INDUCTIVO:</b> Es aquel que parte de los datos particulares para llegar a conclusiones generales. Este método lo utilizaremos para mediante un estudio de este biocombustible determinar su eficacia y rentabilidad y así aplicarlo en los motores Diésel en general.</p> <p><b>MÉTODO DE ANÁLISIS:</b> Consiste en la separación de un todo en las partes de un todo para estudiarlas en forma individual. Este método lo utilizaremos al momento de analizar en el laboratorio la muestra de biodiesel para comparar los parámetros de Ph, densidad, viscosidad, número de cetano, poder calorífico, punto de inflamación, etc.; entre el biodiesel y el Diésel. También al momento de verificar las variaciones en el rendimiento del motor al realizar pruebas de potencia, torque, consumo de combustible, etc.</p> <p><b>MÉTODO DE SÍNTESIS:</b> Es la reconstrucción de todo lo descompuesto por el análisis. Lo utilizaremos al momento de obtener los resultados del análisis realizado anteriormente para determinar una conclusión sobre las características del biodiesel y el rendimiento del motor.</p>



**5. FINANCIAMIENTO**

(Ingresar información en Anexos)

**6. VIABILIDAD Y PLAN DE SOSTENIBILIDAD**

**Viabilidad Técnica:**

El proyecto consta de cinco tanques cuatro de ellos con una capacidad de 70 litros y uno con una capacidad de 10 litros , cada uno cumple una función específica

**Tanques de 60 litros** (cada tanque posee dos válvulas una es para poder coger muestra y la otra es para poder traspasar el aceite al siguiente tanque):

- El primer tanque cumple la función de filtrado ya que el aceite que se va a usar es aceite de cocina ya usado
- El segundo tanque cumple la función de deshidratar lo máximo posible, para evitar que el tercer tanque se produzca jabón
- El tercer tanque es el de reacción donde ingresara el metóxido y se produce el biodiesel además de glicerina
- El cuarto tanque es para lavar el biodiesel

Todos los elementos que intervienen en el proceso están realizados en ACERO INOXIDABLE 316 ó como mínimo 304 o en el caso de las mangueras son de teflón por motivos de compatibilidad con los reactivos (a excepción de los elementos internos de las bombas eléctricas)

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

Planchas de acero inoxidable	ACERO INOXIDABLE 304 (1220x2440)
Válvulas de bola (en acero inoxidable)	ACERO INOXIDABLE 316
Tubería de acero inoxidable	ACERO 304 DE 1/4
Termómetro	DE 0-250 C
Reactivos químicos	NAOH Y METANOL
Mangueras de teflón	PARA ALTA TEMPERATURA
Cilindro, manguera y válvula de gas	KITS INDUSTRIALES
Bombas eléctricas y filtros	DE 110V Y 0,5 HP / RACOR CON TRAMPA DE AGUA
Filtros	FILTROS CON TRAMPAS DE AGUA
Construcción de tanques	SUELDA CON ARGON
Construcción de la estructura	ELECTRODO
Pruebas de caracterización del Biodiesel	
Material Eléctrico	FOCOS, SWITCH , CABLEADO,

**Equipamiento Tecnológico Disponible**

La Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga posee en el Laboratorio de Motores un dinamómetro y además de un analizador de gases, los cuales daremos uso para verificar en un vehículo de la institución los resultados obtenidos con el Biodiesel obtenido

Las pruebas serán las siguientes:

- Pruebas de potencia 100% Diesel
- Pruebas de torque 100% Diesel
- Pruebas de consumo de combustible 100% Diesel
- Pruebas de emisiones 100% Diesel
- Pruebas de potencia a B5 (5% biodiesel)
- Pruebas de torque a B5 (5% biodiesel)
- Pruebas de consumo de combustible B5 (5% biodiesel)



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de emisiones a B5 (5% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de potencia a B10 (10% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de torque a B10 (10% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de consumo de combustible a B10 (10% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de emisiones a B10 (10% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de potencia a B15 (15% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de torque a B15 (15% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de consumo de combustible a B15 (15% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de emisiones a B15 (15% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de potencia a B20 (20% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de torque a B20 (20% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de consumo de combustible a B20 (20% biodiesel)</li> <li>• Pruebas de emisiones a B20 (20% biodiesel)</li> </ul>		
<p><b>¿Qué perdería el país si el proyecto no se ejecuta en este periodo?</b></p>	<p>Los futuros profesionales del área de la energía del país se formarían sin varios conocimientos de aplicación de ERNC que son necesarios para su buen desempeño en el campo laboral nacional y mucho más en el internacional ya que en países como Brasil, EEUU la utilización y comercialización de Biodiesel cada vez avanza más</p>	
<p><b>¿Cuáles son los resultados o impactos esperados del proyecto?</b></p>	<p>El proyecto tiene la finalidad de proporcionar a los estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército, una pequeña planta productora de Biodiesel funcionable con cualquier tipo de aceite (desde nuevo a usado), con el propósito de conseguir un conocimiento más profundo sobre los biocombustibles y abrir otros campos de investigación.</p>	
<p><b>¿Dispone de alguna metodología específica para valorar el retorno de inversión de su proyecto?</b></p>	<p><b>SI:</b></p>	<p><b>NO:</b>  <input checked="" type="checkbox"/></p>
<p><b>Análisis de impacto ambiental</b>          No existe impacto ambiental alguno, al contrario este trabajo permitirá de cierta forma ayudar a reducir el impacto que tienen los aceites vegetales en la naturaleza luego de ser utilizados</p>		
<p><b>Sostenibilidad social:</b>          Equidad, género, participación ciudadana</p>		
<p><b>Transferencia Tecnológica ( Su proyecto generará):</b></p>		
<p><b>Artículo Científicos</b>          En función de los resultados se generará un artículo científico</p>		
<p><b>Prototipos</b>          Se construirá una pequeña planta recicladora de aceite vegetal de frituras, también utilizable con aceites nuevos</p>		
<p><b>Registro de Propiedad Intelectual</b></p>		
<p><b>Empresas Spin Offs</b></p>		
<p><b>Otros</b></p>		
<p><b>Análisis de riesgos: Ingresar la información en el ANEXO</b></p>		



## 7. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN

Elaborar el cronograma de ejecución en Ms-Project, considerando como periodo de ejecución Enero-Diciembre.

## 8. ESTRATEGIA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Hitos del proyecto (Un hito x mes)		
Mes	DESCRIPCIÓN DE HITOS ( Entregables)	USD Presupuesto
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo	Construcción de la mini planta productora de Biodiesel	2700
Junio	Construcción de la mini planta productora de Biodiesel	
Julio	Pruebas y resultados	200
Agosto	Elaboración de las guías de laboratorio	50
Septiembre	Elaboración del documento final	50
Octubre	Presentación del proyecto	
Noviembre		
Diciembre		

## 9. DIFUSIÓN

Tipo de Evento	
Actividad	Costo
Una vez finalizado el proyecto, los resultados serán expuestos en la defensa de tesis de los participantes, además serán divulgados en los eventos científicos desarrollados por las instituciones a nivel nacional. Se postulara su difusión a través de las revistas Infociencia, Energía Mecánica e Innovación y futuro	0



## 10. BIBLIOGRAFÍA Y OTRA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA CITADA

- [1] Castro, P; Coello, J y Castillo, L(2007).*Opciones para la producción y uso del biodiésel en el Perú*. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- [2] Benjunea, Pedro; Agudelo John; Ríos, Luis (2009).*Biodiesel: Producción, calidad y caracterización*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- [3] Stratta, J(2000). *BIOCOMBUSTIBLES: los aceites vegetales como constituyentes principales del biodiesel*. Investigación y Desarrollo – Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercado.
- [4] Gallardo, M (2008). *Diseño de un reactor de transesterificación para la producción de biodiesel*.(Proyecto de fin de carrera, Universidad San Carlos III de Madrid). Recuperado de <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/5372>

## 11. ANEXO

En los formatos que se encuentran en la hoja electrónica que se acompaña se debe ingresar la información relacionada con:

- Matriz de riesgos del proyecto
- Presupuesto por partidas
- Programación Anual de inversiones
- Página Legal

## 9. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Sr. Ávila Calderón Christian Andrés  
Investigador Ayudante 1

Ing. Erazo Laverde Washington German  
Director Del Proyecto

Mayor De E.M. Miguel Gutiérrez  
Director Del Departamento De Energía y Mecánica

Sr. Tunala Moreta Juan Carlos  
Investigador Ayudante 2

Ing. Mena Navarrete Luis Antonio  
Investigador Asistente Del Proyecto

TCRN De E.M. Robert Vargas  
Jefe De Investigación y Vinculación

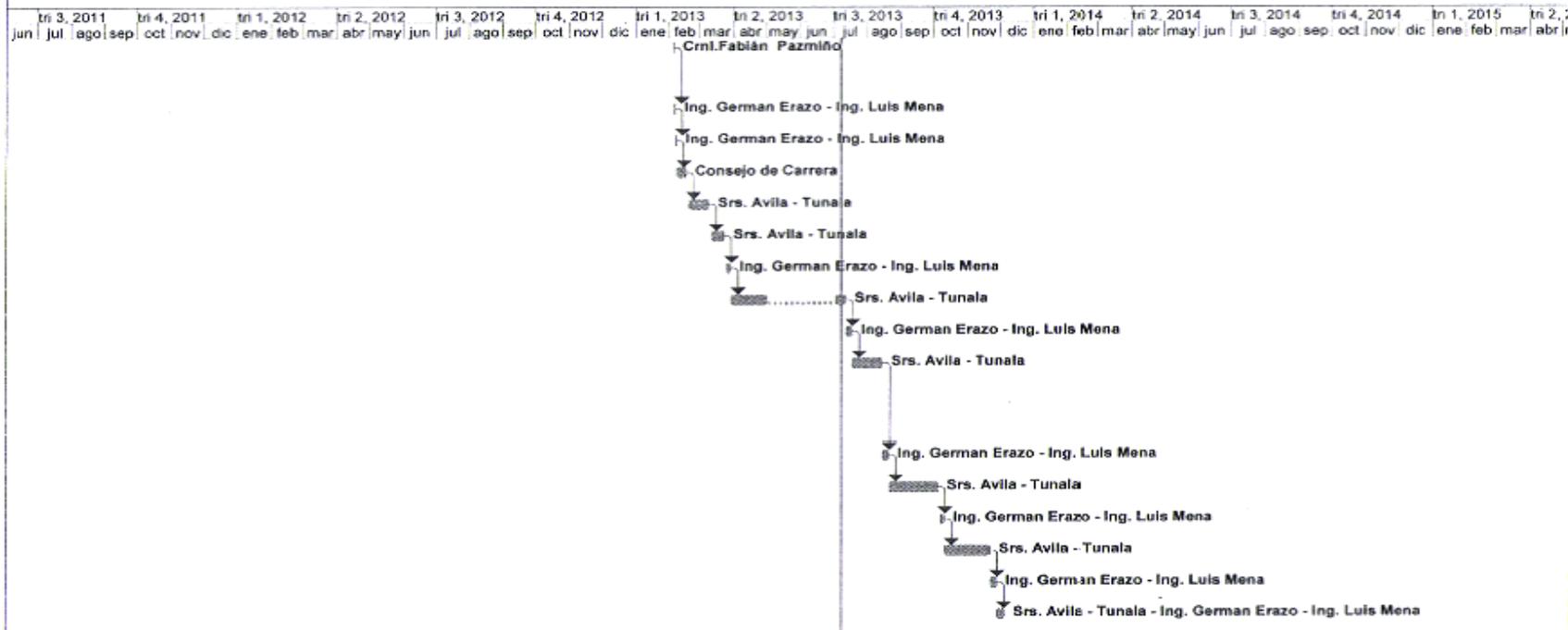
## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	Tri 4, 2010			Tri 1, 2011			Tri 2, 2011					
							sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun		
1	Presentación del proyecto al Departamento de Energía y Mecánica	1 día	lun 04/02/13	lun 04/02/13		Cmf. Fabián Pazmiño												
2	Revisión e informe en la carrera de Ingeniería Automotriz	1 día	mar 05/02/13	mar 05/02/13	1	Ing. German Erazo - Ing. Luis Mena												
3	Aprobación del perfil del proyecto	1 día	mié 06/02/13	mié 06/02/13	2	Ing. German Erazo - Ing. Luis Mena												
4	Aprobación del proyecto en consejo de carrera	7 días	jue 07/02/13	vie 15/02/13	3	Consejo de Carrera												
5	Busqueda de Información	15 días	lun 18/02/13	vie 08/03/13	4	Srs. Avila - Tunala												
6	Capítulo I (GENERALIDADES)	10 días	lun 11/03/13	vie 22/03/13	5	Srs. Avila - Tunala												
7	Revisión y Tutoría	4 días	lun 25/03/13	jue 28/03/13	6	Ing. German Erazo - Ing. Luis Mena												
8	Capítulo II (PRINCIPIOS FUNDAMENTALES)	30 días	vie 29/03/13	jue 11/07/13	7	Srs. Avila - Tunala												
9	Revisión y Tutoría	4 días	vie 12/07/13	mié 17/07/13	8	Ing. German Erazo - Ing. Luis Mena												
10	Capítulo III (LEVANTAMIENTO ESTADISTICO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA USAR BIODIESEL APARTIR DE ACEITE VEGETAL RECICLADO)	20 días	jue 18/07/13	mié 14/08/13	9	Srs. Avila - Tunala												
11	Revisión y Tutoría	4 días	jue 15/08/13	mar 20/08/13	10	Ing. German Erazo - Ing. Luis Mena												
12	Capítulo IV (OBTENCIÓN DE BIODIESEL)	33 días	mié 21/08/13	vie 04/10/13	11	Srs. Avila - Tunala												
13	Revisión y Tutoría	4 días	lun 07/10/13	jue 10/10/13	12	Ing. German Erazo - Ing. Luis Mena												
14	Capítulo V (PREPARACIÓN DE MEZCLAS)	30 días	vie 11/10/13	jue 21/11/13	13	Srs. Avila - Tunala												
15	Revisión y Tutoría	4 días	vie 22/11/13	mié 27/11/13	14	Ing. German Erazo - Ing. Luis Mena												
16	Defensa del proyecto	5 días	jue 28/11/13	mié 04/12/13	15	Srs. Avila - Tunala - Ing. German Erazo - f												

Proyecto: Cronograma de Activida  
 Fecha: 05/12/2012  
 Christian Avila, Juan Tunala

Tarea		Tarea inactiva		Resumen manual	
División		Tarea inactiva		Sólo el comienzo	
Hito		Hito inactivo		Sólo fin	
Resumen		Resumen inactivo		Progresc	
Resumen del proyecto		Tarea manual		Fecha límite	
Tareas externas		Sólo duración			
Hito externo		Informe de resumen manual			

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



Proyecto: Cronograma de Activida Fecha: 05/12/2012 Christian Avila, Juan Tunala	Tarea		Tarea inactiva		Resumen manual	
	División		Tarea inactiva		Sólo el comienzo	
	Hito		Hito inactivo		Sólo fin	
	Resumen		Resumen inactivo		Progreso	
	Resumen del proyecto		Tarea manual		Fecha límite	
	Tareas externas		Sólo duración			
	Hito externo		Informe de resumen manual			



PRESUPUESTO POR PARTIDAS								
PARTIDA PRESUPUESTARIA <sup>1</sup>				VALOR ESPE	VALOR OTRAS INSTITUCIONES	DOCUMENTO DE ESTIMACIÓN PRESUPUESTARIA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CÓDIGO INCOP
TIPO	COD	NOMBRE DE LA PARTIDA PRESUPUESTARIA	PARTIDA PRESUPUESTARIA					
Gastos en Personal Inversión	71							
				Total		\$ 0	\$ 0	
Bienes y Servicios para inversión	73	tanques de acero inoxidable capacidad 60 litros	731411	2000	0		4 tanques de acero inoxidable 304	
		tanques de acero inoxidable capacidad 10 litros	731411	300	0		1 tanques de acero inoxidable 304	
		manguera de teflón (trenzada y reforzada de acero)	731411	250	0		Soporta 220 °C trenzada y reforzada en acero	
		pruebas de laboratorio biodiesel	731411	225	0		Pruebas de caracterización biodiesel	
		pruebas de laboratorio Diésel	731411	225	0		Pruebas de caracterización Diésel	
				Total		\$ 3.000	\$ 0	
Obras Públicas	75							



		Total	\$ 0	\$ 0,00				
Otros Gastos de Inversión	77							
		Total	\$ 0	\$ 0,00				
Bienes de Larga Duración	84							
		Total						
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 3.000</b>	<b>\$ 0,00</b>				







MATRIZ DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN Y GERENCIA DE LOS RIESGOS						
ORD	ACTIVIDADES DEL PROYECTO	RIESGO	PROBABILIDAD DE RIESGO	PRIORIDAD RIESGO	ESTRATEGIA A SER IMPLEMENTADA	PRESUPUESTO
		Descripción del riesgo que puede afectar el cumplimiento de las actividades del proyecto.	Se especifica un valor estadístico entre 0% y 100%. La sumatoria de las probabilidades de riesgo del proyecto debe ser igual al 100%	Colocar secuencialmente la prioridad, correspondiendo 1 a la mayor probabilidad de riesgo	Define la o las actividades que se desarrollarán una vez que el evento de riesgo se ha llegado a formalizar.	Se especifica la cantidad presupuestaria prevista para desarrollar la(s) actividad(es) definida(s) para mitigar o eliminar el riesgo e incorporar a la hoja "Presupuesto por Partidas" y a "Programación Anual".
1	Recopilación de información para la adquisición de los equipos requeridos para la implementación del proyecto.	Retrasos en la adquisición de materiales debido a gran variación de precios, por tratarse de material importado de China y España	2%	8	Buscar vía internet y contactarse con las empresas que mas han incursionado en el campo de generación de biodiesel	\$ 0,00
2	Desplazarse a la empresa distribuidora de materiales de acero inoxidable y mangueras de teflón.	Cuando resulta difícil encontrar la localización de las empresas.	2%	9	Obtener datos telefónicos e email para poder contactarse directamente con la empresa y asesorarse de su localización.	\$ 0,00



3	Adquisición de equipos, materiales y suministros.	Retrasos en la ejecución debido a que los fondos provistos dependen de otros órganos de la Institución.	25%	1	Realizar monitoreo permanente a las Solicitudes de Desembolso de acuerdo al Cronograma de ejecución.	\$ 0,00
4	Construcción de los tanques y estructura , bajo modelo especificado	Retrasos en la entrega debido a que no depende de nosotros	22%	2	Realizar monitoreos permanentes para que la construcción este a tiempo.	\$ 0,00
5	Realizar las conexiones respectivas del sistema eléctrico	Cuando no existe el material ni las herramientas necesario disponibles	4%	6	Anteriormente ir realizando un listado de lo que se va a utilizar e irlo comprando para no perder tiempo	\$ 0,00
6	Realizar pruebas para verificar alguna falla en el proceso	Cuando algún elemento falla, o no existe paso de aceite por las bombas	10%	4	Buscar asesoramiento de cómo dimensionar tuberías dependiendo de la bomba	\$ 0,00
7	Realizamos el primer lote de Biodiesel	Se produzca demasiado jabón y el proceso quede estropeado	20%	3	Buscar asesoría o a la vez seguir un curso sobre producción de biocombustibles	\$ 0,00
8	Mandar una muestra de biodiesel a realizar un estudio de caracterización	Retraso en la entrega de resultados por parte de laboratorios	4%	7	Realizar monitoreos permanentes, llamando a averiguar de los resultados	\$ 0,00



9	Realizar pruebas de comportamiento del vehículo con diferentes porcentajes de diesel y biodiesel	Disponibilidad de vehículos de la ESPE	5%	5	Sacar permisos para uso de laboratorio y vehículo de la institución, fuera de horario o cronograma de manejo	\$ 0,00
10	Recopilar información confiable y veraz, que se encuentre relacionada con el tema de investigación	Dificultad en la recopilación de información de acuerdo a los perfiles requeridos.	2%	11	Elaboración de términos de referencias y/o especificaciones técnicas considerando la información requerida.	\$ 0,00
11	Realizar correcciones, impresiones, empastados, anillados, etc.	Dificultad de elaborar un trabajo escrito entendible y concreto que describa el proyecto en su totalidad	2%	10	Realizar un compendio de lo que se quiere obtener en la práctica al ensamblar el proyecto detallando lo más importante para que no se torne extenso el trabajo escrito.	\$ 0,00
12	Entrega, revisión y defensa del proyecto	Dificultad al defender el proyecto.	2%	12	Estudiar los parámetros más importantes del proyecto realizado para poder partir de estos y explicar los conceptos secundarios.	\$ 0,00
TOTAL			100%			\$ 0,00

RUC\_ENTIDAD 1768007390001

FORMACION DE LA PARTIDA PESUPUESTARIA

EJERCICIO	ENTIDAD	UNIDAD EJECUTORA	UNIDAD DESCENTRADA	PROGRAMA	SUBPROGRAMA	PROYECTO	ACTIVIDAD	OBRA	GEOGRAFICO	RENGLO	RENGLON AUXILIAR	FUENTE	ORGANISMO	CORRELATIVO
2013	189	003	0000	01	000	000	003	0000	0501	731411	0000	003	0000	0000
2013	189	003	0000	01	000	000	003	0000	0501	731411	0000	003	0000	0000
2013	189	003	0000	01	000	000	003	0000	0501	731411	0000	003	0000	0000
2013	189	003	0000	01	000	000	003	0000	0501	730212	0000	003	0000	0000
2013	189	003	0000	01	000	000	003	0000	0501	730212	0000	003	0000	0000

### INFORMACIÓN DETALLADA DE LOS PRODUCTOS

CODIGO CATEGORIA CPC A NIVEL 8	TIPO COMPRA (Bien, obra,	DETALLE DEL PRODUCTO (Descripción de la contratación)	CANTIDAD ANUAL	UNIDAD (metro, litro etc)	COSTO UNITARIO (Dólares)	CUATRIME STRE 1 (marcar con una S	CUATRI MESTRE 2 (marcar	CUATRIM ESTRE 3 (marcar con una S
42.931.01.2	bien	tanques de acero inoxidable capacidad 60 litros	4	unidad	500,00		s	
42.931.01.2	bien	tanque de acero inoxidable capacidad 10 litros	1	unidad	300,00		s	
42.190.03.1	bien	manguera de teflon (Trenzada y reforzada de a	10	metros	25		s	
83.561.00.1	Servicio	pruebas de laboratorio del biodiesel	1	unidad	225		s	
83.561.00.1	Servicio	pruebas de laboratorio del Diesel	1	unidad	225		s	

### INFORMACION INSTITUCIONAL

PRESUPUESTO TOTAL	CENTRO DE COSTOS O VICERRECTORADO AL QUE PERTENECE	DEPARTAMENTO / UNIDAD O NOMBRE DEL PROYECTO	RESPONSABLE DEL PAC
2000,00	VIC. INVESTIGACION	ESPE - Extension Latacunga / Reciclaje de aceite	Ing. German Erazo
300,00	VIC. INVESTIGACION	ESPE - Extension Latacunga / Reciclaje de aceite	Ing. German Erazo
250,00	VIC. INVESTIGACION	ESPE - Extension Latacunga / Reciclaje de aceite	Ing. German Erazo
225,00	VIC. INVESTIGACION	ESPE - Extension Latacunga / Reciclaje de aceite	Ing. German Erazo
225,00	VIC. INVESTIGACION	ESPE - Extension Latacunga / Reciclaje de aceite	Ing. German Erazo



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

*Nosotros, Ávila Calderón Christian Andrés con cédula de ciudadanía No. 1722254438 y Tunala Moreta Juan Carlos con cédula de ciudadanía No.1718045451 autores del proyecto: "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes proporciones para La Escuela Politécnica Del Ejército Extensión Latacunga.", declaramos lo siguiente:*

*Que el perfil del proyecto es de nuestra autoría, y que en su formulación se han respetado las normas legales y reglamentos pertinentes.*

*Que el mencionado proyecto será desarrollado con la participación de los ingenieros; Erazo Laverde Washington Germán como director del proyecto y Mena Navarrete Luis Antonio como Investigador Asistente del proyecto en consecuencia, los resultados y productos de la investigación serán de responsabilidad compartida, respecto a su contenido, veracidad y alcance científico.*

*De conformidad al principio de Buena Fe establecido en el Reglamento de Propiedad Intelectual, garantizo que en dicho proyecto se respetarán los derechos intelectuales de terceros.*

*En consecuencia, para asuntos legales, la ESPE estará exenta de culpa y libre de cualquier responsabilidad.*

Latacunga, 07 de mayo del 2013

Firma de Responsables:

Sr. Ávila Calderón Christian Andrés  
Investigador Ayudante 1

Ing. Erazo Laverde Washington German  
Director Del Proyecto

Sr. Tunala Moreta Juan Carlos  
Investigador Ayudante 2

Ing. Mena Navarrete Luis Antonio  
Investigador Asistente Del Proyecto

*Nota: Como respaldo adjunto el informe de búsquedas*



**INFORME DE BÚSQUEDAS**

**1. NOMBRE DEL PROYECTO**

Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes proporciones para La Escuela Politécnica Del Ejercito Extensión Latacunga.

**2. NOMBRE DEL DIRECTOR**

Ing. Erazo Laverde Washington Germán

**3. ANTECEDENTES**

La contaminación ambiental se inicia con el uso de combustibles de gasoil o diesel, y se incrementa con el transcurso del tiempo y las ventas realizadas de este tipo de motor dando lugar así al primer control de emisiones de gases contaminantes en 1966 en el estado de California, pero en 1968 se implementó en todos los estados unidos y en las siguientes décadas y en la actualidad son estándares internacionales.

La utilización de biocombustibles es tan antigua como la de los mismos combustibles de origen fósil. La idea de usar aceites vegetales como combustible para motores de combustión interna data de 1900. En ese año el Rudolf Diesel uso aceite de maní en su motor de compresión. Hoy en día el aceite vegetal de frituras reciclado es una alternativa de energía renovable a diferencia de un combustible de origen fósil.

**4. ESTADO DEL ARTE (Incluir las búsquedas en formato 1)**

Se ha investigado en las bases de datos más frecuentemente utilizadas sin encontrar resultados alguno.

**FORMATO 1**

BASES DE DATOS	DENOMINACION	No. DE PATENTE
Oemp	Sin resultados	-
Espacenet	Sin resultados	-
Google/ patents	Sin resultados	-
Latipad	Sin resultados	-

**5. ANÁLISIS COMPARATIVO**

El uso de biodiesel cuya materia prima es el aceite vegetal reciclado dará como resultado una disminución de gases contaminantes que son emanados a la atmosfera producto de la combustión de un motor diesel que utiliza combustible de origen fósil.



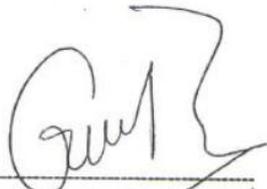
Los parámetros del motor mantienen prácticamente sus valores normales de rendimiento, torque, potencia sin que afecte su desempeño además que no necesita ningún tipo de modificación el motor para utilizar este biocombustible. Su importancia radica en el hecho de provenir de una fuente renovable por lo que resulta mucho más económicos que el diesel convencional.

El uso de aceite vegetal reciclado para la obtención de biodiesel, cobra una gran importancia en nuestros días por varias razones, evita posibles deforestaciones e incremento del precio en alimentos y escases de los mismos comparados con el biodiesel que es producido a partir de maíz y caña.

#### 6. CONCLUSIONES

- Mediante la búsqueda realizada de patentes de proyectos se determinó que no existe un proyecto similar patentado por consiguiente no se encuentra dificultades para ejecutar el mismo.

#### 7. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD



---

Ing. Erazo Laverde Washington German  
Director Del Proyecto



---

Ing. Mena Navarrete Luis Antonio  
Investigador Asistente Del Proyecto

# **ANEXO D**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE PROYECTOS**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE PROYECTOS**

En el Consejo de Investigación y Vinculación con la Colectividad No. 2013-004- ESPE-b1, del 3 de junio de 2013, en cumplimiento del Art. No 18 del reglamento del Sistema de Investigación de la ESPE certifica que fue aprobado el siguiente proyecto de investigación para ejecutarse en el año 2013:

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes proporciones para la Escuela Politécnica del Ejército
<b>TIPO DE PROYECTO:</b>	INICIACIÓN CIENTÍFICA Son proyectos de tesis de pregrado /posgrado que después de una proceso de evaluación rigurosa por pares son seleccionados para desarrollarse como proyectos de investigación.
<b>LINEA DE INVESTIGACIÓN</b>	ENERGÍA
<b>FECHA INICIO</b>	
<b>FECHA FIN</b>	
<b>PRESUPUESTO ASIGNADO</b>	\$ 3000
<b>INVESTIGADOR PRINCIPAL</b>	German Erazo
<b>INVESTIGADOR ASISTENTE</b>	Luis Mena
<b>AYUDANTES DE INVESTIGACIÓN</b>	Christian Avila Juan Tunala
<b>RESULTADO DE LA EVALUACIÓN:</b>	7.3/10

**FIRMA DE RESPONSABILIDAD**

M. Sc. LOURDES DE LA CRUZ B.  
SECRETARIA DEL CONSEJO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD

# **ANEXO E**

**ADQUISICIÓN DE TANQUES DE ACERO  
INOXIDABLE**

27  
02/09/2013

**SOLICITUD DE ADQUISICIÓN DE BIENES/SERVICIOS/OBRAS**

**NUMERO** : 2013-110-ESPE-b-1-UGI ADQ  
**FECHA** : 18 de septiembre de 2013  
**PARA** : Cnrl. EMT. AVC. Gerardo Prócel  
Vicerrector Administrativo  
**DE** : Ing. Guido Torres  
Director de Energía y Mecánica  
**ASUNTO** : Solicitud de adquisición de tanques de acero inoxidable para el proyecto de iniciación científica "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diésel en diferentes proporciones para La Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga"

**ESTE FORMATO DE SOLICITUD NO PODRÁ SER MODIFICADO EN SU ESTRUCTURA, SE ADAPTARÁ DE ACUERDO A LA NECESIDAD DE LA UNIDAD REQUIRENTE.**

TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTA SOLICITUD HA SIDO REALIZADA BAJO UN ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO POR PARTE DE LOS RESPONSABLES DE LA UNIDAD REQUIRENTE PARA ESTA ADQUISICIÓN/ CONTRATACIÓN.

**A. BIEN/SERVICIO/OBRA A ADQUIRIRSE:**

Tanques de acero inoxidable para el proyecto de iniciación científica "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diésel en diferentes proporciones para La Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga"

**B. JUSTIFICATIVO DE LA NECESIDAD:**

**Tanques de acero inoxidable**

El proceso de obtención del biocombustible está conformado por varias etapas, en cada etapa es necesario un tanque de acero inoxidable que cumple una función específica:

Tanque 1 - en este tanque se realizara la etapa de filtrado permitiendo así eliminar impurezas que contiene el aceite vegetal reciclado

Tanque 2.- en este tanque se realizara la etapa de deshidratado para eliminar el contenido de agua existente en el aceite.

Tanque 3 - en este tanque se realizara el proceso químico llamado transesterificación mediante el cual se obtiene el biocombustible.

Tanque 4 - en este tanque se realizara la etapa de lavado del biocombustible.

Tanque 5 - en este tanque se almacenara una sustancia química llamada metóxido, que es necesaria para el proceso de transesterificación.

Los tanques deben ser fabricados en plancha de acero inoxidable tipo 304 por compatibilidad del material con los fluidos que intervienen en el proceso de obtención de biodiesel para garantizar la calidad del mismo.

Estos insumos son necesarios para construir una miniplanta de procesamiento de biodiesel considerado como proyecto de iniciación científica titulado "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diésel en diferentes proporciones.

La construcción de la mini planta productora de biodiesel, no requiere de ninguna instalación especial y será ubicada en el laboratorio de Motores Diésel de la Extensión Latacunga.

18 SEP 2013





El proyecto tiene como finalidad académica proporcionar con conocimientos a los estudiantes en el área de biocombustibles para obtener combustible y usarlos en las prácticas de motores diésel, para disponer de profesionales competitivos en el campo laboral y satisfacer las necesidades de las problemáticas ambientales. La Universidad de Fuerzas Armadas ESPE mediante este proyecto contribuirá a la producción de biodiesel a pequeña escala y a la disminución de la contaminación ambiental dando cumplimiento con uno de los objetivos del plan nacional para el buen vivir.

**C. CONTACTO:**

**Nombres y Apellidos:** Erazo Laverde Washington Germán  
**Cargo:** Profesor Tiempo Completo  
**Unidad/Dpto.** Ciencias de la Energía y Mecánica  
**Correo Electrónico:** wgerazo@espe.edu.ec  
**Teléfono:** 32810206 ext 126

**D. UNIDAD AFÍN AL OBJETO DE LA CONTRATACIÓN:**

Departamento Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE  
Extensión Latacunga

**E. TÉCNICO:**

**Nombres y Apellidos:** Iza Henry  
**Cargo:** Profesor Tiempo Completo  
**Unidad/Dpto.** Ciencias de la Energía y Mecánica  
**Correo Electrónico:** hhiza@espe.edu.ec  
**Teléfono:** 032810206 ext. 126

**F. PRESUPUESTO REFERENCIAL:**

CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
4	Unidad	Tanque de acero inoxidable tipo 304, capacidad 60 litros, espesor 1.5 mm, conductos de entrada y salida 1/4 de pulgada	446,42	1785,68
1	Unidad	Tanque de acero inoxidable tipo 304, capacidad 10 litros, espesor 1.5 mm, conductos de entrada y salida 1/4 de pulgada	267,86	267,86
SUBTOTAL				2.053,54
IVA (12%)				246,42
OTROS IMPUESTOS				
TOTAL				2.299,96

El presupuesto referencial se determinó mediante la cotización del bien en el mercado, a través proformas de varias empresas.

**G. FORMA DE PAGO:**

100 % contra entrega

**H. PLAZO PARA LA ENTREGA:**

15 días plazo

**I. GARANTÍA:**

SI  NO

CÓDIGO: SGC/DI 190  
VERSIÓN: 1.2  
FECHA ÚLTIMA REVISIÓN: 01/04/13



18 SEP 2013

Garantía técnica contra defectos de fabricación por un periodo de seis meses

J. SOPORTE TÉCNICO: SI NO

K. MUESTRAS: SI NO

L. VISITAS: SI NO

M. CAPACITACIÓN: SI NO

N. CODIGO CPC: SI NO

CPC de tanques de acero  
42.931.01.2

O. CUSTODIO DEL BIEN:

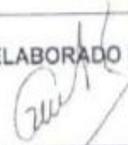
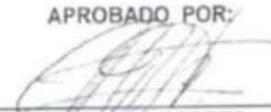
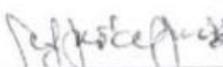
Nombres y Apellidos: Erazo Laverde Washington Germán  
 Cargo: Profesor Tiempo Completo  
 Unidad/Dpto. Ciencias de la Energía y Mecánica  
 Correo Electrónico: wgerazo@espe.edu.ec  
 Teléfono: 032810206

P. CERTIFICADO DE INFRAESTRUCTURA:  
No aplica

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (PARA EL CASO DE BIENES)

ORDINAL	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN Y/O ESPECIFICACIONES
1	4	Unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanques fabricados en plancha de acero inoxidable 304</li> <li>Espesor 1.5 mm</li> <li>Capacidad 60 litros</li> <li>Altura = 900 mm , Diámetro = 400 mm</li> <li>Diámetro de conductos de entrada y salida ¼ de pulgada</li> <li>Material de los conductos acero inoxidable</li> <li>Color metal</li> </ul>
2	1	Unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanques fabricados en plancha de acero inoxidable 304</li> <li>Espesor 1.5 mm</li> <li>Capacidad 10 litros</li> <li>Altura 300 mm = , Diámetro = 200 mm</li> <li>Diámetro de conductos de entrada y salida ¼ de pulgada</li> <li>Material de los conductos acero inoxidable</li> <li>Color metal</li> </ul>



<p>ELABORADO POR:</p>  <p>ING. GERMAN ERAZO DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</p>	<p>APROBADO POR:</p>  <p>ING. GUIDO TORRES DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA</p>
<p>AUTORIZADO POR:</p>  <p>CRNL. EMT. AVC. GERARDO PINEDA VICERRECTOR ADMINISTRATIVO</p> 	

<p>PARA USO EXCLUSIVO DE LA UNIDAD DE LOGÍSTICA</p>	
<p>CONSTA EN EL PAC: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>	
<p>RESPONSABLE CONTROL PREVIO: Líneas 9481, 9482</p>	

**NOTA:**

1. Adjunto a esta solicitud se debe remitir la certificación de fondos original y específica al objeto de contratación.
2. La solicitud debe ser impresa en hoja membretada de la institución.
3. Paralelamente las bases técnicas deben ser enviadas al correo electrónico [ul@espe.edu.ec](mailto:ul@espe.edu.ec)
4. Se deberá llenar de manera obligatoria la información que consta en el literal A hasta la del literal P, de manera específica y según corresponda, se llenará uno de los siguientes cuadros: Especificaciones Técnicas (para el caso de bienes), Términos de Referencia (para el caso de servicios) y Especificaciones Técnicas (para el caso de obras), pudiendo eliminar las dos opciones restantes que no sean utilizadas.



**MECHANICAL SPECIAL SOLDERS PROFORMA**

CASTRO LLERENA ALEJANDRO GENARO

Av. José Andrade De 7-513 y N74A Huertos

Teléfono: 3380175 / Celular: 09 95282044 / Taller: 5006285

QUITO - ECUADOR

Nº 000090

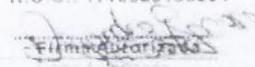
Cliente: *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*

RUC 1: 1

Forma de Pago: *Contra entrega Dirección: Av General Rumiñahui 9/1* Teléfono: *3389400*

Validez: *60 días*

Fecha: *04-11-2013*

CANT	DETALLE	V. UNIT.	V. TOTAL
04	<i>Tanques capacidad 60 litros fabricados en acero inoxidable 304 - 1,5mm espesor. Tuberias soldados con puntas roscaados en acero inoxidable.</i>	450,00	1800,00
01	<i>Tanque capacidad 10 litros fabricado en acero inoxidable 304 - 1,5 mm espesor. Con tubería de entrada y salida.</i>	253,00	253,00
<i>Plazo entrega 7 días</i>			
ALEJANDRO CASTRO M.S.S. R.U.C.: 1710529155001 		SUBTOTAL \$	2053,00
		I.V.A. 0% \$	
		I.V.A. 12% \$	246,36
		TOTAL \$	2299,36



**ORDEN DE COMPRA Y/O SERVICIOS No. 2013-454-ESPE-d-4**

Sangolqui, 6 de noviembre de 2013

Señores.  
**CASTRO LLERENA ALEJANDRO GENARO**  
Presente  
De mi consideración:

Una vez analizada la(s) Proforma(s) No.090 del 04 de noviembre de 2013, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, emite la presente Orden de Compra y/o Servicios, bajo las siguientes condiciones:

ÍTEM	DETALLE DEL PRODUCTO Y/O SERVICIOS	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
1	Tanque de acero inoxidable tipo 304, capacidad 60 litros, espesor 1,5 mm, conductos de entrada y salida 1/4 de	4	UNIDAD	\$ 450,00	\$ 1.800,00
2	Tanque de acero inoxidable tipo 304, capacidad 10 litros, espesor 1,5 mm, conductos de entrada y salida 1/4 de	1	UNIDAD	\$ 253,00	\$ 253,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 2.053,00</b>
12% IVA					<b>\$ 246,36</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 2.299,36</b>

**SON:** DOS MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y NUEVE DOLARES 36/100 U.S.D.

**FORMA DE PAGO:** 100% Contra entrega, a entera satisfacción de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, y posterior a la recepción de la adquisición solicitada, se procederá a la cancelación de la factura correspondiente.

Los pagos de la adquisición se realizarán con cargo a los fondos provenientes en la partida presupuestaria N° 22 00 207 001 840103 1,705 001 0000 0000 de "Mobiliarios (Bienes de Larga Duración), según consta en la certificación presupuestaria N° 4730 del 24 de octubre de 2013, emitida por la Unidad de Finanzas de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

**NOTA:**  
**UNIDAD REQUIRENTE:**  
**CONTACTO:**  
**LUGAR DE ENTREGA:**  
**PLAZO DE ENTREGA:**  
**RESPONSABLE:**

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECANICA  
Ing. Erazo Washington telf.032810206 ext. 136  
BODEGA BIENES, ING. DALTON AREVALO EXT.3082  
**15 días plazo**  
UNIDAD DE LOGÍSTICA. ING. OSCAR CHICAIZA EXT. 3083

Atentamente.

  
**PABLO S. MORALES J. Msc**  
**DIR. DE EM**  
**DIRECTOR DE LA UNIDAD DE LOGISTICA**

**NOTA:**

El proveedor conviene en pagar a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por concepto de multa, la cantidad equivalente al dos por mil 2/1000 del valor total de esta orden, por cada día de retraso en la adquisición del bien y/o contratación del servicio, excepto en el evento de caso fortuito o fuerza mayor, conforme lo dispuesto en el artículo 30 de la Codificación del Código Civil, debidamente comprobado y aceptado por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para lo cual se notificará a la entidad dentro de las 48 horas subsiguientes de ocurridos los hechos.

Ing. Oscar Chicaiza   
Revisado por: Ing. Tania Gavilanes 

**INFORME TÉCNICO QUE PRESENTA EL INGENIERO HENRY H. IZA T. DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS ESPE, SOBRE LA ADQUISICIÓN/PROVISIÓN DE TANQUES DE ACERO INOXIDABLE CORRESPONDIENTE ALA ORDEN DE COMPRA Y/O SERVICIOS No. 2013-454-ESPE-d-4**

---

**1. ANTECEDENTES:**

**1.1 Memorando de designación de técnico**

2013-110-ESPE-b-1-UGI.ADQ

**1.2 Contrato No. / Orden de compra**

2013-454-ESPE-d-4

**2. OBJETIVO:**

Presentar los resultados obtenidos en las pruebas técnicas realizadas a los tanques de acero inoxidable

**3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.**

EMPRESA PROVEEDORA	DOCUMENTO	FECHA
CASTRO LLERENA ALEJANDRO GENARO (MECHANICALSPECIALSOLDERS )	Constancia de entrega física de bienes	12-11-2013

**4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS.**

No.	ACTIVIDAD	FECHA	LUGAR
1.	Constatación del bien/servicio recibido	12-11-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica , Laboratorio de Motores
2.	Inicio de las pruebas técnicas	12-11-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica , Laboratorio de Motores
3.	Finalización de las pruebas técnicas	13-11-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica , Laboratorio de Motores
4.	Elaboración del informe técnico	13-11-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica , Laboratorio de Motores

**5. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS TANQUES DE ACERO INOXIDABLE**

No.	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	SERIE
1	4 tanques en acero inoxidable 304, capacidad 60 litros, 1,5mm de espesor y ductos de entrada y salida de ¼ de pulgada con rosca al final. Parte inferior de forma cónica	-	-	-
2	1 tanque en acero inoxidable 304, capacidad 10 litros, 1,5mm de espesor y ductos de entra y salida de ¼ de pulgada con rosca al final	-	-	-

**6. ACCESORIOS**

NO APLICA

**7. INFORMACIÓN TÉCNICA OBTENIDA (DE SER PERTINENTE)**

NO APLICA

**8. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS TÉCNICAS**

No.	PRUEBA REALIZADA	RESULTADO OBTENIDO
1	Se realizó la verificación de medidas de los tanques mediante un fluxómetro y un calibrador pie de rey	POSITIVO
2	Se inspeccionó cordones de soldadura	POSITIVO
3	Se colocó agua para verificar fugas	POSITIVO
4	Se verificó la capacidad de cada tanque	POSITIVO
5	Se sometió a elevación de temperatura	POSITIVO

**9. CONCLUSIONES:**

Los tanques de acero inoxidable obtuvieron resultados positivos a las pruebas realizadas cumpliendo con los requerimientos solicitados.

**10. RECOMENDACIONES:**

En base a los análisis y pruebas realizadas recomiendo se acepten los tanques de acero inoxidable probados, para continuar con el proceso de adquisición legal pertinente, y se proceda al ingreso a bienes.

Latacunga, 13 de noviembre de 2013



ING. HENRY IZA  
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

**MECHANICAL SPECIAL SOLDERS**

**CASTRO LLERENA ALEJANDRO GENARO**

Av. José Andrade Oe1-513 y N74A Huertos

Teléfono: 3380175 / Celular: 095262044 / Taller: 5006265

QUITO - ECUADOR

R.U.C. 1710529155001

**FACTURA**

**NO. 001-001-000 000246**

Fecha de Autorización: 11 Enero 2013

Fecha de Caducidad: 11 Enero 2014

Número de Autorización.: 1112175065

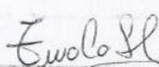
Cliente: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

RUC: 1768007390001

Dirección: Av. Gral. Rumiñahui S/N.

Teléfono: 3989400

Fecha: Quito-14-11-2013

CANT.	DETALLE	V. UNIT.	V. TOTAL
04	Tanques capacidad 60 litros Fabricados en acero inoxidable 304 - 1.5 m.m. espesor Tuberías soldadas con punta rasada en acero inoxidable	450.00	1800.00
01	Tanque capacidad 10 litros Fabricado en acero inoxidable 304 - 1.5 m.m. espesor Con tubería de entrada y salida, de acero inoxidable.	253.00	253.00
ALEJANDRO CASTRO M.S.S. R.U.C.: 1710529155001		Subtotal 12%	-
 Firma Autorizada		Subtotal 0%	-
 Firma Cliente		Descuento	-
		Sub total	2053.00
		I.V.A. 12 %	246.36
		Valor Total	2299.36



BODEGA DE ACTIVOS FIJOS

RECUPCIÓN FÍSICA DE ACTIVOS FIJOS Y BSC ADMINISTRATIVO

Consultorio DEE-DE-001/10-01  
 N° 2013-083

EMPRESA PROPONEDORA: CASTRO LLERENA ALEJANDRO GENARO

FECHA RECUPCIÓN: 19/11/2013

DOCUMENTO DE REFERENCIA: FACTURA # 0000246

UNIDAD SOLICITANTE: ESPE LATACUNGA - MECANICA

ITEM	TIPO	SUBTIPO	CLASE	DETALLE	CANTIDAD	MARCA	MODELO	SERIE	VALOR		CATEGORIAS		ACTIVIDAD				OBSERVACIONES
									UNIT.	TOTAL	ACTIVO	BSC	ADM	PROD	PROD	PROD	
1	MOB.	RECIPIENTES	TANQUE	TANQUE ACERO INOX. 60 LTS.	4,00				504,00	2.016,00	X						
2	MOB.	RECIPIENTES	TANQUE	TANQUE ACERO INOX. 10 LTS.	1,00				283,36	283,36	X						
ITEMS RECIBIDOS					5,00				TOTAL				PARA USO DE Bienes				
									2.299,36								

NOTA: BIENES ESTARAN A CARGO DE ING. ERAZO LAVERDE WASHINGTON GERMAN EN LAB. DE MOTORES ESPE-L.

CONSULTADO FIRMAMIENTOS POR:  
 ING. DALTON AZEVALDO V.  
 COORDINADOR BODEGA DE BIENES

RECIBIDO POR:  
 ING. OSCAR CECAMA  
 JEFE DE Bienes

REVISADO POR:  
 ING. MARCO HERNANDEZ  
 ASISTENTE DE Bienes

S. P. OSCAR CECAMA  
 RESPONSABLE DEL TRÁMITE

*Handwritten in red:*  
 1350  
 19-11/2013

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO**  
**ACTA DE ENTREGA RECEPCION**  
**POR CAMBIO DE CUSTODIA (ACTIVO FIJO) N°:**

78CBA: 19/11/2013

**ANTERIOR:**

CUSTODIO 1: AREVALO VINUEZA DALTON JESUS

UBICACIÓN FISICA:

DIRECCION: ESPE SANGOLQUI, AREA: SECTOR PERIFERICO

SECCION: BODEGAS, SUBSECCION: BIENES

UNIDAD OPERATIVA: GERENCIA ADMINISTRATIVA

**ACTUAL:**

CUSTODIO 1: ERAZO LAVERDE WASHINGTON GERMAN

UBICACIÓN FISICA:

DIRECCION: ESPE LATACUNGA, AREA: AULAS PREFABRICADAS NO. 2

SECCION: PISO NO. 1, SUBSECCION: AULAS PRACTICAS DE MOTORES

UNIDAD OPERATIVA: GERENCIA ADMINISTRATIVA

Cantidad	Subtipo	Clase	Descripción	Marca	Modelo	Serie	Observaciones	Estado	Fecha Adq.	Nº Ingreso
1	RECIPIENTES	TANQUE	TANQUE ACERO INOX. 60 LTS.					OPERATIVO NUEVO	11-13	
2	RECIPIENTES	TANQUE	TANQUE ACERO INOX. 10 LTS.					OPERATIVO NUEVO	11-13	

**Observaciones:**

NOTA: El firmante responsable se encargará de la custodia y conservación de cada uno de los bienes ANTES MENCIONADOS DE ACUERDO AL Art. Del Reglamento General Sustitutivo para el Manejo y Administración de Bienes del Sector Público y Normas de Control Interno 250-05 NTC

ENTREGA  
  
 AREVALO V. DALTON

RECIBI  
  
 ERAZO LAVERDE WASHINGTON GERMAN  
 00043263-7

VISTO BUENO  
  
 SOSA AVILA EDISON ANTONIO

# **ANEXO F**

**ADQUISICIÓN DE MANGUERA DE TEFLÓN**

**SOLICITUD DE ADQUISICIÓN DE BIENES/SERVICIOS/OBRAS**

NUMERO : 2013-111-ESPE-b-1-UGI.ADQ  
FECHA : 13 de septiembre de 2013  
PARA : Crnl. EMT. AVC. Gerardo Prócel  
Vicerrector Administrativo  
DE : Ing. Guido Torres  
Director de Energía y Mecánica

ESPELA	UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
FECHA	27 SET. 2013
RECEPCIÓN	Aleg.
DISPONIBILIDAD	Torres / Prócel
No. Trámite:	21

ASUNTO : Solicitud de adquisición de manguera de teflón para el proyecto de iniciación científica "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diésel en diferentes proporciones para La Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga"

ESTE FORMATO DE SOLICITUD NO PODRÁ SER MODIFICADO EN SU ESTRUCTURA, SE ADAPTARÁ DE ACUERDO A LA NECESIDAD DE LA UNIDAD REQUIRENTE.

TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTA SOLICITUD HA SIDO REALIZADA BAJO UN ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO POR PARTE DE LOS RESPONSABLES DE LA UNIDAD REQUIRENTE PARA ESTA ADQUISICIÓN/CONTRATACIÓN.

**A. BIEN/SERVICIO/OBRA A ADQUIRIRSE:**

Manguera de teflón para el proyecto de iniciación científica "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diésel en diferentes proporciones para La Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga"

**B. JUSTIFICATIVO DE LA NECESIDAD:**

**Manguera de teflón**

En el proceso de obtención del biocombustible es necesario transportar fluidos (aceite vegetal reciclado, metanol, glicerina y biodiesel) de un tanque a otro, para ello se necesita manguera de teflón que es compatible con los fluidos que intervienen en el proceso garantizado así la calidad del producto final, además es muy importante su uso y su tipo por las altas temperaturas a las que están expuestas los fluidos.

Estos insumos son necesarios para construir una miniplanta de procesamiento de biodiesel considerado como proyecto de iniciación científica titulado "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diésel en diferentes proporciones".

La construcción de la mini planta productora de biodiesel, no requiere de ninguna instalación especial y será ubicada en el laboratorio de Motores Diésel de la Extensión Latacunga.

El proyecto tiene como finalidad académica proporcionar conocimientos a los estudiantes en el área de biocombustibles para obtener combustible y usarlos en la prácticas de motores diésel, para disponer de profesionales competitivos en el campo laboral y satisfacer las necesidades de las problemáticas ambientales. La Universidad de Fuerzas Armadas ESPE mediante este proyecto contribuirá a la producción de biodiesel a pequeña escala y a la disminución de la contaminación ambiental dando cumplimiento con uno de los objetivos del plan nacional para el buen vivir.

**C. CONTACTO:**

Nombres y Apellidos: Erazo Laverde Washington Germán  
Cargo: Profesor Tiempo Completo  
Unidad/Dpto. Ciencias de la Energía y Mecánica  
Correo Electrónico: wgerazo@espe.edu.ec  
Teléfono: 32810206 ext 126

13 CÓDIGO: SGC.01.130  
FECHA ÚLTIMA MODIFICACIÓN: 01/04/13



**D. UNIDAD AFÍN AL OBJETO DE LA CONTRATACIÓN:**

Departamento Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE  
 Extensión Latacunga

**E. TÉCNICO:**

Nombres y Apellidos: Iza Henry / Profesor Tiempo Completo  
 Unidad/Dpto. Ciencias de la Energía y Mecánica  
 Correo Electrónico: hhiza@espe.edu.ec  
 Teléfono: 032810206 ext. 126

**F. PRESUPUESTO REFERENCIAL:**

CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
10	Metros	Manguera de teflón en cubierta de acero	22,32	223,20
SUBTOTAL				223,20
IVA (12%)				26,78
OTROS IMPUESTOS				
TOTAL				249,98

El presupuesto referencial se determinó mediante la cotización del bien en el mercado, a través proformas de varias empresas.

**G. FORMA DE PAGO:**

100 % contra entrega

**H. PLAZO PARA LA ENTREGA:**

10 días plazo

**I. GARANTÍA:**

SI  NO

Garantía de calidad contra defectos de fabricación por un periodo de seis meses

**J. SOPORTE TÉCNICO:**

SI  NO

**K. MUESTRAS:**

SI  NO

**L. VISITAS:**

SI  NO

**M. CAPACITACIÓN:**

SI  NO

**N. CODIGO CPC:**

SI  NO

CPC de manguera de teflón  
 42.190.03.1

**O. CUSTODIO DEL BIEN:**

Nombres y Apellidos: Erazo Laverde Washington Germán  
 Cargo: Profesor Tiempo Completo  
 Unidad/Dpto. Ciencias de la Energía y Mecánica  
 Correo Electrónico: wgerazo@espe.edu.ec

CÓDIGO: SOC.01.190  
 VERSIÓN: 1.2  
 FECHA ÚLTIMA REVISIÓN: 01/04/13

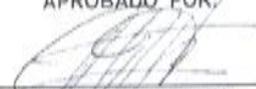
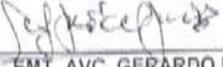


Teléfono: 032810206

P. CERTIFICADO DE INFRAESTRUCTURA:  
 No aplica

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (PARA EL CASO DE BIENES)

ORDINAL	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN Y/O ESPECIFICACIONES
1	10	Metros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manguera industrial de teflón</li> <li>Cubierta de acero inoxidable</li> <li>Temperatura máxima 220 grados Celsius</li> <li>Compatible con fluidos corrosivos</li> <li>Presión de 1000 a 3000 psi</li> <li>Trenzada</li> <li>Incluye acoples macho y hembra de ¼ de pulgada.</li> </ul>

ELABORADO POR:  <hr/> ING. GERMAN ERAZO DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	APROBADO POR:  <hr/> ING. GUIDO TORRES DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
AUTORIZADO POR:  <hr/> CRNL. EMT. AVC. GERARDO PINEDA VICERRECTOR ADMINISTRATIVO	

PARA USO EXCLUSIVO DE LA UNIDAD DE LOGÍSTICA
CONSTA EN EL PAC: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
RESPONSABLE CONTROL PREVIO: Línea 9483 <span style="float: right;"><i>Aljama</i></span>

NOTA:

- Adjunto a esta solicitud se debe remitir la certificación de fondos original y específica al objeto de contratación.
- La solicitud debe ser impresa en hoja membretada de la institución.
- Paralelamente las bases técnicas deben ser enviadas al correo electrónico [ul@espe.edu.ec](mailto:ul@espe.edu.ec)
- Se deberá llenar de manera obligatoria la información que consta en el literal A hasta la del literal C, de manera específica y según corresponda, se llenará uno de los siguientes cuadros: Especificaciones técnicas (para el caso de bienes), Términos de Referencia (para el caso de servicios) y Especificaciones técnicas (para el caso de obras), pudiendo eliminar las dos opciones restantes que no sean utilizadas.

17 SEP 2013







**ORDEN DE COMPRA Y/O SERVICIOS No. 2013-408-ESPE-d-4**

Sangolquí, 22 de octubre de 2013

Señores  
**MECHANICAL SPECIAL SOLDERS (CASTRO LLERENA ALEJANDRO GENARO)**

Presente

De mi consideración:

Una vez analizado la(s) Proforma(s) No. 000086 del 16 de Octubre de 2013, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, emite la presente Orden de Compra y/o Servicios, bajo las siguientes condiciones:

ITEM	DETALLE DEL PRODUCTO Y/O SERVICIOS	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	TOYAL
1	MANGUERA DE TEFLON CON CUBIERTA DE ACERO	10	METROS	\$ 22,30	\$ 223,00
SUBTOTAL					\$ 223,00
IVA					\$ 26,76
OTROS IMPUESTOS					\$ 0,00
TOTAL					\$ 249,76

**SON: DOSCIENTOS VEINTE Y TRES DOLARES CON 00/100, MAS IVA**

**FORMA DE PAGO:** 100% Contra entrega, a entera satisfacción de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, y posterior a la recepción de la adquisición solicitada, se procederá a la cancelación de la factura correspondiente.

Los pagos de la adquisición se realizarán con cargo a los fondos provenientes en la partida presupuestaria N° 22 00 207 001 730811 1,705 001 0060 0000 de "Materiales e Insumos de Construcción Electricos Plomeria Carpinteria", según conste en la certificación presupuestaria N° 3433 del 16 de septiembre 2013, emitida por la Unidad de Finanzas de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

**NOTA:**  
**UNIDAD REQUIRENTE:**  
**CONTACTO:**

DEPARTAMENTO DE ENERGIA Y MECANICA  
 Ing. Washington Erazo Telf: 032810206 Ext. 126

**LUGAR DE ENTREGA:**

BODEGA DE DESARROLLO FISICO - Sgop. Angol  
 Ramos Telf: 3889400 Ext. 3166

**PLAZO DE ENTREGA:**

10 DIAS

**RESPONSABLE:**

UNIDAD DE LOGÍSTICA - Ing. Alejandra Ortiz Telf:  
 3889400 Ext. 3101

Atentamente

*Pablo S. Morales*  
**PABLO S. MORALES J. Mac**  
**DIR. DE EM**  
**DIRECTOR DE LA UNIDAD DE LOGÍSTICA**

**NOTA:**

*El proveedor conviene en pagar a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por concepto de multa, la cantidad equivalente al día por mil 3/1000 del valor total de este orden, por cada día de retraso en la adquisición del bien y/o contratación del servicio, excepto en el evento de caso fortuito o fuerza mayor, conforme lo dispuesto en el artículo 30 de la Constitución del Código Civil, debidamente comprobado y aceptado por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para lo cual se notificará a la entidad dentro de las 48 horas siguientes de ocurridos los hechos.*

Elaborado por: Ing. Alejandra Ortiz  
 Revisado por: Ing. Jhoselis Estrada



**INFORME TÉCNICO QUE PRESENTA EL INGENIERO HENRY IZA, SOBRE LA  
ADQUISICIÓN DE MANGUERA DE TEFLÓN, CORRESPONDIENTE A LA ORDEN DE  
COMPRA No.-2013-408-ESPE-d-4**

**1. ANTECEDENTES:**

**1.1 Memorando de designación de técnico,**

2013-474-ESPE-EL-e-03

2013-111-ESPE-b-1-UGI.ADQ

**1.2 Contrato No./ Orden de compra**

2013-408-ESPE-d-4

**2. OBJETIVO:**

Presentar los resultados obtenidos en las pruebas técnicas realizadas a las mangueras de teflón

**3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.**

EMPRESA PROVEEDORA	DOCUMENTO	FECHA
MECHANICAL SPECIALSOLDERS (CASTRO LLERENA ALEJANDRO GENARO)	Constancia de entrega física de bienes	12-11-2013

**4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS.**

No.	ACTIVIDAD	FECHA	LUGAR
1.	Constatación del bien/servicio recibido	12-11-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica , Laboratorio de motores
2.	Inicio de las pruebas técnicas	12-11-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica , Laboratorio de motores
3.	Finalización de las pruebas técnicas	13-11-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica , Laboratorio de motores
4.	Elaboración del informe técnico	13-11-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica , Laboratorio de motores

**5. INFORMACIÓN GENERAL DE LA MANGUERA DE TEFLÓN**

No.	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	SERIE
1	10 metros de manguera de	-	-	-



	teflón con cubierta de acero y diámetro interior de ¼ de pulg			
--	---	--	--	--

6. **ACCESORIOS**

NO APLICA

7. **INFORMACIÓN TÉCNICA OBTENIDA (DE SER PERTINENTE)**

NO APLICA

8. **RESULTADOS DE LAS PRUEBAS TÉCNICAS**

No.	PRUEBA REALIZADA	RESULTADO OBTENIDO
1	Se midió la manguera para verificar su longitud total mediante un flexómetro	POSITIVO
2	Se revisó que la cubierta de acero se encuentre en buen estado	POSITIVO
3	Se realizó una prueba para verificar alguna fuga por todo el largo de la manguera, introduciendo fluido a una presión de 0.5 atm	POSITIVO
4	La temperatura que soporta la manguera fue probada con un fluido a 100°C, sin presentar efecto desfavorable	POSITIVO

9. **CONCLUSIONES:**

La manguera de teflón obtuvo resultados positivos a las pruebas realizadas, cumpliendo con los requerimientos solicitados.

10. **RECOMENDACIONES:**

En base a los análisis y pruebas realizadas recomiendo se acepte los 10 mts de manguera de teflón y con cubierta de acero probados, para continuar con el proceso de adquisición legal pertinente, y se proceda al ingreso a bienes.

Latacunga, 13 de noviembre de 2013

  
\_\_\_\_\_  
ING. HENRY IZA  
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

**MECHANICAL SPECIAL SOLDERS**

**CASTRO LLERENA ALEJANDRO GENARO**

Av. José Andrade Oe1-513 y N74A Huertos  
Teléfono: 3380175 / Celular: 095282044 / Taller: 5006265  
QUITO - ECUADOR

R.U.C. 1710529155001

**FACTURA**

**NO. 001-001-000 000247**

Fecha de Autorización: 11 Enero 2013

Fecha de Caducidad: 11 Enero 2014

Número de Autorización: 1112175065

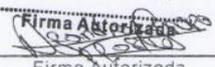
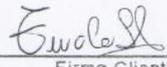
Cliente: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

RUC: 1768007390001

Teléfono: 3989400

Dirección: Av. Gsal. Rumezahui S/N

Fecha: Quito-14-11-2013

CANT.	DETALLE	V. UNIT.	V. TOTAL
	10 metros manguera de teflon con cubierta de acero	22.30.	223.00
ALEJANDRO CASTRO M.S.S. R.U.C.: 1710529155001  Firma Autorizada		Subtotal 12% — Subtotal 0% — Descuento — Sub total 223.00 I.V.A. 12% 26.76 Valor Total 249.76	
 Firma Cliente			



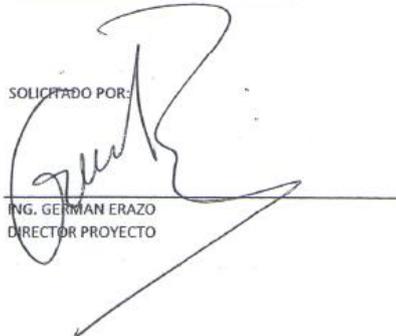
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA

PEDIDO DE SUMINISTROS Y MATERIALES A LA BODEGA  
GENERAL DE SUMINISTROS

CODIGO: SGC.DI.04 VERSION 1.1. FECHA ULTIMA REVISION : MARZO 008  
DEPENDENCIA PARA DESARROLLO FISICO  
FECHA: 19 DE NOVIEMBRE 2013

CODIGO	DETALLE	PRESENTACION	CANTIDAD	DESTINADO A:
	MANGUERAS DE TEFLON	METROS	10	PROYECTO BANCO DE BIOCOMBUSTIBLE
				RECICLAJE DE ACEITE VEGETAL DE FRITURAS
				PARA USO COMO BIOCOMBUSTIBLE
				EN MOTORES DIESEL DEPARTAMENTO DE
				MECANICA

SOLICITADO POR:

  
ING. GERMAN ERAZO  
DIRECTOR PROYECTO

AUTORIZADO POR:

  
ING. GUIDO TORRES  
DIRECTOR DE DEPARTAMENTO  
ENERGIA Y MECANICA

# **ANEXO G**

**ADQUISICIÓN DE SERVICIOS DE PRUEBAS DE  
LABORATORIO**

**SOLICITUD DE ADQUISICIÓN DE BIENES/SERVICIOS/OBRAS**

**NUMERO** : 2013-109-ESPE-b-1-UGI.ADQ.  
**FECHA** : 20 de septiembre de 2013  
**PARA** : Crnl. EMT. AVC. Gerardo Prócel  
Vicerrector Administrativo  
**DE** : Ing. Guido Torres Muñoz  
Director Departamento Energía y Mecánica  
**ASUNTO** : Solicitud de Servicio de pruebas de laboratorio de biodiesel y diésel para el proyecto de iniciación científica "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diesel en diferentes proporciones para La Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga"

**ESTE FORMATO DE SOLICITUD NO PODRÁ SER MODIFICADO EN SU ESTRUCTURA, SE ADAPTARÁ DE ACUERDO A LA NECESIDAD DE LA UNIDAD REQUIRENTE.**

TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTA SOLICITUD HA SIDO REALIZADA BAJO UN ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO POR PARTE DE LOS RESPONSABLES DE LA UNIDAD REQUIRENTE PARA ESTA ADQUISICIÓN/ CONTRATACIÓN.

**A. BIEN/SERVICIO/OBRA A ADQUIRIRSE:**

Servicio de Análisis de laboratorio de biodiesel y diésel para el proyecto de iniciación científica "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diesel en diferentes proporciones para La Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga"

**B. JUSTIFICATIVO DE LA NECESIDAD:**

Los Análisis de laboratorio son necesarias para el desarrollo del proyecto de iniciación científica "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diésel en diferentes proporciones, ya que a través de las mismas se garantizará la calidad del biocombustible obtenido en el proceso implementado en su mini planta de tratamiento, cumpliendo normas y estándares de calidad para biocombustibles.

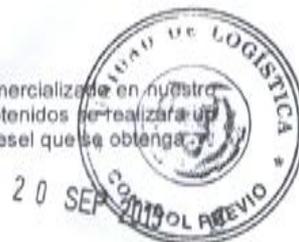
El proyecto genera un beneficio institucional que tiene como finalidad académica proporcionar conocimientos a los estudiantes en el área de biocombustibles para obtener combustible y usarlos en las prácticas de motores diésel, para disponer de profesionales competitivos en el campo laboral y satisfacer las necesidades de las problemáticas ambientales. La Universidad de Fuerzas Armadas ESPE mediante este proyecto contribuirá a la producción de biodiesel a pequeña escala y a la disminución de la contaminación ambiental dando cumplimiento con uno de los objetivos del plan nacional para el buen vivir.

**Análisis de Laboratorio de biodiesel**

Los Análisis de laboratorio de biodiesel certificara que el biocombustible obtenido cumpla con las normas y estándares de calidad para biocombustibles, y así poder garantizar su uso en motores diésel.

**Análisis de Laboratorio de diésel**

Los Análisis de laboratorio del diésel permitirá caracterizar el combustible comercializado en nuestro país, y así conocer sus propiedades físicas y químicas. Con los resultados obtenidos se realizará un análisis comparativo respecto al resultado de la prueba de laboratorio del biodiesel que se obtenga.



**C. CONTACTO:**

**Nombres y Apellidos:** Erazo Laverde Washington Germán  
**Cargo:** Profesor Tiempo Completo  
**Unidad/Dpto.** Ciencias de la Energía y Mecánica  
**Correo Electrónico:** wgerazo@espe.edu.ec  
**Teléfono:** 032810206 Ext. 126

**D. UNIDAD AFÍN AL OBJETO DE LA CONTRATACIÓN:**

Departamento Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE  
 Extensión Latacunga

**E. TÉCNICO:**

**Nombres y Apellidos:** Iza Henry  
**Cargo:** Profesor Tiempo Completo  
**Unidad/Dpto.** Ciencias de la Energía y Mecánica  
**Correo Electrónico:** hhiza@espe.edu.ec  
**Teléfono:** 032810206 Ext. 126

**F. PRESUPUESTO REFERENCIAL:**

CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Unidad	Análisis de Laboratorio biodiesel	200,89	200,89
1	Unidad	Análisis de Laboratorio diésel	200,89	200,89
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>401,78</b>
			<b>IVA (12%)</b>	<b>48,21</b>
			<b>OTROS IMPUESTOS</b>	
			<b>TOTAL</b>	<b>449,99</b>

El presupuesto referencial se determinó mediante la cotización del servicio en el mercado, mediante proformas de varios laboratorios.

**G. FORMA DE PAGO:**

100 % contra entrega

**H. PLAZO PARA LA ENTREGA:**

15 días plazo

I. GARANTÍA: SI  NO

J. SOPORTE TÉCNICO: SI  NO

K. MUESTRAS: SI  NO

L. VISITAS: SI  NO



M. CAPACITACIÓN:

SI  NO

N. CODIGO CPC:

CPC de prueba de laboratorio biodiesel  
83.561.00.1

CPC de prueba de laboratorio diésel  
83.561.00.1

O. CUSTODIO DEL BIEN:

No aplica

P. CERTIFICADO DE INFRAESTRUCTURA:

No aplica

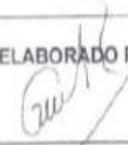
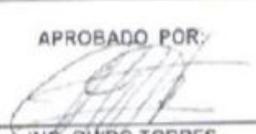
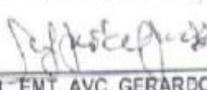
**TÉRMINOS DE REFERENCIA (PARA EL CASO DE SERVICIOS)**  
(Resolución INCOP No. 54-2011)

1. ANTECEDENTES	Los Análisis de laboratorio son necesarias para: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar el uso del biodiesel en motores a diésel</li> <li>• Certificar cumplimiento de estándares de calidad de biocombustibles</li> <li>• Análisis comparativo entre diésel y biodiesel</li> </ul>
2. OBJETIVOS	Caracterizar diésel Caracterizar biodiesel  Análisis de Laboratorio del biodiesel, cantidad de muestra a utilizarse 2 litros Análisis de laboratorio del diésel, cantidad de muestra a utilizarse 2 litros
3. ALCANCE	Certificar el cumplimiento de estándares de calidad del biodiesel para garantizar su uso en motores a diésel y así disminuir la contaminación ambiental producida por el uso de combustibles fósiles
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	Método de análisis consiste en el estudio de las propiedades químicas del diésel y biodiesel
5. INFORMACIÓN QUE DISPONE LA ENTIDAD	La información con la que dispone el Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga son muestras de diésel y biodiesel en porcentajes y puro, para el análisis de Laboratorio que garantizará la calidad del combustible que se va a utilizar en los motores a diésel.
6. PRODUCTOS O SERVICIOS ESPERADOS	Reporte de 9 parámetros de caracterización y análisis de diésel y biodiesel para pruebas en motores combustión. Densidad, viscosidad, punto de inflamación, punto de congelación, residuo carbonoso, punto de escurrimiento, punto de nube, agua por destilación en re otras



20 SEP 2013

7. PLAZO DE EJECUCIÓN	15 días plazo
8. PERSONAL TÉCNICO/EQUIPO DE TRABAJO/RECURSO	Profesionales en el área de Química, Energía y de Combustibles, que garantizan el desarrollo de las pruebas y confiabilidad de resultados.
9. FORMA Y CONDICIONES DE PAGO	100% contra entrega

<b>ELABORADO POR:</b>  <hr/> <b>ING. GERMAN ERAZO</b> DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	<b>APROBADO POR:</b>  <hr/> <b>ING. GUIDO TORRES</b> DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
<b>AUTORIZADO POR:</b>  <hr/> <b>CRNL. EMT. AVC. GERARDO PAREDES</b> VICERRECTOR ADMINISTRATIVO	

PARA USO EXCLUSIVO DE LA UNIDAD DE LOGÍSTICA	
CONSTA EN EL PAC: SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Aljama	
RESPONSABLE CONTROL PREVIO: Líneas 0484, 0485	

**NOTA:**

1. Adjunto a esta solicitud se debe remitir la certificación de fondos original y específica al objeto de contratación.
2. La solicitud debe ser impresa en hoja membretada de la institución.
3. Paralelamente las bases técnicas deben ser enviadas al correo electrónico [ul@espe.edu.ec](mailto:ul@espe.edu.ec)
4. Se deberá llenar de manera obligatoria la información que consta en el literal A hasta la del literal P, de manera específica y según corresponda, se llenará uno de los siguientes cuadros: Especificaciones Técnicas (para el caso de bienes), Términos de Referencia (para el caso de servicios) y Especificaciones Técnicas (para el caso de obras), pudiendo eliminar las dos opciones restantes que no sean utilizadas.



**OFERTA**

Hoja 1 de 1

Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación. DPEC

RUC. FACULTAD N°1768152720001

OFERTA: OF-2013-11-243	Fecha de emisión: 2013-11-06
Medio de Atención: Personal:.....	Via email:.....X.....
Via Fax:.....	
Empresa: UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS ESPE	
Atención a:	
Solicitado por : UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS ESPE	Tiempo de validez: 30 días calendario
Dirección: Av. General Rumiñahui s/n	
Teléfono/Fax: 3989400	E-mail:

Nro Muestras	DESCRIPCIÓN TÉCNICA ANALISIS EN BIODIESEL Y DIESEL	Unidad	Método de Ensayo	DESCRIPCIÓN ECONÓMICA	
				Precio unitario (\$)	Precio Total (\$)
2	Densidad API a 60°F	°API	PNE/DPEC/P/ASTM D-287	10,00	20,00
2	Viscosidad Cinemática	CSt	PNE/DPEC/P/ASTM D-445	30,00	60,00
2	Punto de Inflamación	°C	PNE/DPEC/P/ASTM D-92 PNE/DPEC/P/ASTM D-93	20,00	40,00
2	Residuo Carbonoso sobre el 10% del Residuo de la Destilación ASTM D-86*	%P	ASTM D-189	45,00	90,00
2	Agua por destilación	%V	PNE/DPEC/P/ASTM D-4006	25,00	50,00
2	Poder Calórico Bruto*	MJ/kg	PNE/DPEC/P/MI02 Ref. ASTM D-240	50,00	100,00
2	Punto de Escurrimiento*	°C	ASTM D-97	15,00	30,00
				TOTAL \$	390,00

Los valores ofertados no incluyen IVA

Los ensayos marcados con (\*) son parámetros no acreditados.

Los ensayos marcados con (●) son subcontratados a un laboratorio acreditado.

Los ensayos marcados con (■) son subcontratados a un laboratorio no acreditado en los parámetros solicitados, pero evaluado internamente por el DPEC.

**Información Adicional:**

NOTA 1: Los ensayos ofertados se realizarán de acuerdo al método indicado. De requerir otro método consultar con el Responsable Técnico. Indicar si desea que sus resultados se reporten en alguna normativa específica.

NOTA 2: Las muestras deben ser entregadas en las oficinas del laboratorio con una carta de solicitud donde se especifique las características de la muestra, los ensayos solicitados y los datos de la empresa requeridos para el proceso de facturación.

NOTA 3: El tiempo de entrega de resultados será 15 días laborables a partir de la recepción de las muestras o del último muestreo y su eliminación se realizará en el lapso de 30 días de realizado el ensayo, dependiendo de la estabilidad de la muestra.

NOTA 4: La cantidad de muestra a utilizarse para realizar el/los ensayo/s solicitado/s es: 2 LITROS

NOTA 5: En el caso de requerir el sobrante de la muestra, deberá notificarlo en el momento de la realización de la solicitud de ensayo.

NOTA 6: El pago debe realizarse en cheque a nombre de la Facultad de Ingeniería Química - UCE. Sin ninguna retención.

**Para trabajos in situ**

NOTA 7: El costo de movilización del personal y equipos, dependerá del lugar en donde se realice el ensayo o monitoreo.

Lugar:..... Viáticos: Personal técnico:..... Viáticos del Chofer y Transporte:...\$.....

NOTA 8: En caso de ser contratado nuestro servicio, una vez fijada la fecha para la realización del trabajo, si su empresa tiene una suspensión imprevista de actividades, deberá notificarnos inmediatamente, caso contrario cancelará el costo de movilización de los Analistas.

ELABORADO POR: SRA. LOURDES CELIZ S.

Atentamente,

Ing. Gilberto Moya D.  
DIRECTOR DEL LAB.DPEC.

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794/2544631 ext. 26 Fax: 2529676 EXT. 13  
E-mail: lceliz@uce.edu.ec

QUITO - ECUADOR

MC0401 - P01- 6

**INFORME TÉCNICO QUE PRESENTA EL ING. HENRY IZA, SOBRE LA ADQUISICIÓN/PROVISIÓN DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE DIESEL Y BIODIESEL, CORRESPONDIENTE A LA ORDEN DE SERVICIO No 2013-484-ESPE-d-4**

**1. ANTECEDENTES:**

Detallar la siguiente información:

- 1.1 Memorando de designación de técnico No.- 2013-490-ESPE-EL-e-03
- 1.2 Solicitud de adquisición de bienes / servicios / obras No.-2013-109-ESPE-b-1-UGI.ADQ.
- 1.3 Orden de servicio No.- 20013-484-ESPE-d-4

**2. OBJETIVO:**

Presentar los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio del diesel y del biodiesel solicitados por la Universidad de las Fuerzas Armadas para el proyecto de iniciación científica "RECICLAJE DE ACEITEVEGETAL DE FRITURAS PARA USO COMO BIOCOMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL EN DIFERENTES PROPORCIONES"

**3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.**

EMPRESA PROVEEDORA	DOCUMENTO	FECHA
Universidad Central del Ecuador	Informe biodiesel No.13-12-02-P-1 Informe diesel No.13-12-02-P-2	02-12-2013

**4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS.**

No.	ACTIVIDAD	FECHA	LUGAR
1.	Constatación del servicio recibido	02-12-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica
2.	Inicio de la constatación de los análisis	02-12-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica
3.	Finalización de la constatación de los análisis	02-12-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica
4.	Elaboración del informe técnico	02-12-2013	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga, Departamento de Energía y Mecánica

**5. CONCLUSIONES:**

Los análisis de laboratorio de diesel y biodiesel cumplen con lo solicitado para el proyecto de iniciación científica "RECICLAJE DE ACEITEVEGETAL DE FRITURAS PARA USO COMO BIOCOMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL EN DIFERENTES PROPORCIONES"

**6. RECOMENDACIONES:**

En base a los análisis realizados recomiendo se acepten los análisis de laboratorio de biodiesel y diesel, para continuar con el proceso de adquisición legal pertinente.

Latacunga, 02 de diciembre de 2013

**REALIZADO POR:**



ING. HENRY IZA  
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

**NOTA:** LA PRESENTACIÓN DEL INFORME TÉCNICO NO PODRÁ EXCEDER A LOS CINCO DÍAS POSTERIORES A LA RECEPCIÓN DEL BIEN/SERVICIO.

EL INFORME TÉCNICO DEBE ESTAR IMPRESO EN HOJA MEMBRETADA DE LA ESCUELA.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
PETRÓLEO

Informe N° 13-11-08-P-1  
Fecha 2013-12-18

**Referencia:** OT: 13-11-08-P  
**Atención:** Ing. Germán Erazo  
**Empresa:** UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE  
**Dirección:** Av. General Rumiñahui s/n  
**Tipo de ensayos:** Análisis Físicoquímicos  
**Tipo de muestra:** Diesel y Biodiesel  
**Identificación de la muestra:** MUESTRA DIESEL  
**Descripción de la Muestra:** Sin descripción específica  
**Fecha de ingreso de la muestra:** 2013-11-13  
**Código de muestra:** OE-13-11-08-P-1  
**Fecha de realización de ensayos:** 2013-11-18 / 2013-11-27

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
Densidad API a 60°F <sup>(1)</sup>	°API	PNE/DPEC/P/ASTM D-287	36,9
Viscosidad Cinemática 40°C <sup>(2)</sup>	cSt	PNE/DPEC/P/ASTM D-445	3,30
Punto de Inflamación <sup>(3)</sup>	°C	PNE/DPEC/P/ASTM D-93	61,1
Residuo Carbonoso sobre el 10% del Residuo de la Destilación ASTM D-86*	%P	ASTM D-189	0,60
Agua por destilación*	%V	PNE/DPEC/P/ASTM D-4006	<0,1
Poder Calórico Bruto*	MJ/kg	PNE/DPEC/P/MIO? Ref. ASTM D-240	45,96
Punto de Escurrimiento*	°C	ASTM D-97	-30

**Nota.-** Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

**Nota.-** Los ensayos marcados (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

- (1) Incertidumbre asociada a la medida Densidad API a 60°F, U = ± 4,0 (K=2)
- (2) Incertidumbre asociada a la medida de Viscosidad Cinemática 40°C, U = ± 0,35 cSt (K=2)
- (3) Incertidumbre asociada a la medida de Punto de Inflamación, U = ± 6,0 °C (K=2)

**Condiciones Ambientales.-** Presión 545,1 mmHg; Temperatura: 20,0 °C

Realizado por: JNH

Revisado Por:

Ing. Marcelo Guzmán A.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

Ing. Gilberto Moya D., Dpl.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@fing.uce.edu.ec  
QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-5

Hoja 1 de 2



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
PETROLEO

Informe N° 13-11-08-P-2  
Fecha 2013-12-18

**Referencia:** OT: 13-11-08-P  
**Atención:** Ing. Germán Erazo  
**Empresa:** UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE  
**Dirección:** Av. General Rumiñahui s/n  
**Tipo de ensayos:** Análisis Físicoquímicos  
**Tipo de muestra:** Diesel y Biodiesel  
**Identificación de la muestra:** MUESTRA BIODIESEL  
**Descripción de la Muestra:** Sin descripción específica  
**Fecha de ingreso de la muestra:** 2013-11-13  
**Código de muestra:** OE-13-11-08-P-2  
**Fecha de realización de ensayos:** 2013-11-18 / 2013-11-27

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
Densidad API a 60°F <sup>(1)</sup>	°API	PNE/DPEC/P/ASTM D-287	28,4
Viscosidad Cinemática 40°C*	cSt	PNE/DPEC/P/ASTM D-445	5,76
Punto de Inflamación*	°C	PNE/DPEC/P/ASTM D-93	259,2
Residuo Carbonoso sobre el 10% del Residuo de la Destilación ASTM D-86*	%P	ASTM D-189	2,60
Agua por destilación <sup>(2)</sup>	%V	PNE/DPEC/P/ASTM D-4006	0,1
Poder Calórico Bruto*	MJ/kg	PNE/DPEC/P/M102 Ref. ASTM D-240	39,87
Punto de Escurrecimiento*	°C	ASTM D-97	-18

**Nota.-** Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

**Nota.-** Los ensayos marcados (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

(1) Incertidumbre asociada a la medida Densidad API a 60°F, U = ± 2,0 (K=2)

(2) Incertidumbre asociada a la medida de Agua por Destilación, U = ± 25% (K=2)

**Condiciones Ambientales.-** Presión 545,1 mmHg; Temperatura: 20,0 °C

Realizado por: JNH

Revisado Por:

Ing. Marcelo Guzmán A.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

Ing. Gilberto Moya D., Dpl.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@ing.uce.edu.ec  
QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-5

Hoja 2 de 2



# UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

## FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

UNIVERSITARIA - MARISCAL SUCRE  
Francisco Viteri s/n y Gato Sobral • Telf.: 2904-794 / 2544-631 • Fax: 2529-676  
dq@quce.edu.ec • Quito - Ecuador

R.U.C. 1768152720001

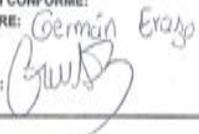
### FACTURA

001-001- N° 000002714

SECTOR PUBLICO

AUT. S.R.I. 1113877606

CLIENTE:	UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE	FECHA:	3 de Diciembre del 2013
DIRECCIÓN:	Av. General Rumiñahui s/n	CODIGO:	
CIUDAD:	Salgado	TELF.:	3989400
PROVINCIA:	Pichincha	RUC O CI:	1768007390001
		FORMA DE PAGO	

REFERENCIA	DESCRIPCION	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
	OT-13-11-08-P;			
	Densidad API a 60°F	2	10,00	20,00
	Viscosidad Cinemática	2	30,00	60,00
	Punto de Inflamación	2	20,00	40,00
	Residuo Carbonoso sobre el 10% del Residuo	2	45,00	90,00
	Agua por destilación	2	25,00	50,00
	Poder Calórico Bruto	2	50,00	100,00
	Punto de Escurrimiento	2	15,00	30,00
SON: CUATROCIENTOS TREINTA Y SEIS DOLARES CON 80/100				
			<b>SUBTOTAL</b>	390,00
			VALOR CON TARIFA 0%	
			12%	
			I.V.A.....%	46,80
			<b>TOTAL</b>	436,80
<b>DIRECTOR</b> 		<b>ELABORADO POR:</b> SRA. LOURDES CELIZ S.		<b>RECIBI CONFORME:</b> <b>NOMBRE:</b> Germain Eraso <b>FIRMA:</b>  <b>C.I.:</b>
CHEQUE: _____		BANCO: _____		

Hector Albuca Carrvaj Viteri RUC. 170039022001 • Imprenta y Papelería "Código" • Av. 1219 Salazar E13-70 y Cevala • Telf. 2523-862 • IMP. 14 / NOVIEMBRE / 2013 del 000002701 al 000002800 • VALIDO HASTA 14 NOVIEMBRE / 2014  
ORIGINAL: Alquitran • COPIA VERDE: Emitir • COPIA AMARILLA: Sin Valor Tributario

La Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central, es exenta de todo impuesto según R.O. N° 77 del 15 de Mayo del 2000. Capítulo II; Art. 83.- Los centros de educación superior, públicos y particulares financiados por el Estado están exentos del pago de toda clase de impuestos y contribuciones fiscales, municipales, especiales o adicionales, incluyendo la contribución a la Contraloría General del Estado.

# **ANEXO H**

**INFORMES DE CIERRE DE PROYECTO**

**ACTA DE LIQUIDACIÓN DEL PROYECTO “RECICLAJE DE ACEITE VEGETAL DE FRITURAS PARA USO COMO BIOCOMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL EN DIFERENTES PROPORCIONES”, SUSCRITO ENTRE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE Y ING. GERMÁN ERAZO DIRECTOR DEL PROYECTO, PARA LA ELABORACIÓN DE CIERRE DE PROYECTO DE INICIACIÓN CIENTÍFICA 2013**

---

En la ciudad de Latacunga a los veintiún días del mes de abril del dos mil catorce, se celebra la presente Acta de Liquidación del Proyecto “Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes proporciones” celebrado entre la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE y Ing. Germán Erazo Director del proyecto, al finalizar la ejecución del proyecto, cumpliendo con las condiciones determinadas en el proyecto de iniciación científica aprobado se procederá a la liquidación, en los siguientes términos:

**1. OBJETIVO FINAL DEL PROYECTO.-**

El proyecto tiene la finalidad de proporcionar a los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, un prototipo de tratamiento para la obtención de biodiesel, funcionable con cualquier tipo de aceite vegetal (desde nuevo a usado), con el propósito de conseguir un conocimiento más profundo sobre los biocombustibles y abrir otros campos de investigación.

**2. FECHAS.-**

La fecha de inicio del proyecto 04/02/2013 Finalizando el 21/04/2014

**3. PRESUPUESTO.-**

Se determinó se asigne fondos de los recursos económicos de la ESPE, para los planes e inversión para el desarrollo de la ejecución del proyecto “Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes proporciones” un valor de \$ 3000 contando con un auspicio del

(nombre del patrocinador) un valor de \$ 0 obteniendo un presupuesto de ingresos de \$ 3000.

#### **4. COSTOS EJECUCION DEL PROYECTO.-**

El proyecto tuvo un valor asignado de \$ 3000, de los cuales se utilizó un valor de \$ 2.985,92 para su ejecución, restando un valor de \$ 14.08 no ejecutado.

#### **5. ENTREGABLE.-**

En consecuencia, por la demostración que antecede y de conformidad el Ing. Germán Erazo, entrega a satisfacción un prototipo de tratamiento para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, quien recibe a satisfacción

#### **6. BIENES A FAVOR DE LA ESPE.-**

Concluido el proyecto "Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes proporciones" se determina los bienes que se integrarán a los recursos privados de la Institución se encuentran detallados en la liquidación económica.

#### **7. COMENTARIOS.-**

La contaminación ambiental por efecto de la combustión de motores diesel, se debe al uso de combustibles fósiles y que al ser de baja calidad, producen emisiones contaminantes, que afectan a la capa de ozono y que son perjudiciales para la salud; de todo esto es de donde parte el reciclaje y la búsqueda de combustibles menos contaminantes y alternativos para usarlos en motores diesel sin ser necesario ningún tipo de modificación y cobra una gran importancia en nuestros días por el hecho de provenir de una fuente de energía renovable, además la aplicación de este biocombustible en motores diesel

contribuye con uno de los objetivos del plan nacional del buen vivir “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable”.

## **8. DOCUMENTOS HABILITANTES.-**

- 1.- Copia del Convenio Interinstitucional
- 2.- Resolución de aprobación del proyecto
- 3.- Informe final en el que se establezca el cumplimiento de las condiciones técnicas establecidas en el objeto del Convenio o contrato o documento de aprobación del proyecto.
- 4.- Informe financiero, elaborado a partir del presupuesto inicial asignado, determinando el monto ejecutado en cada ejercicio fiscal en caso de proyectos cuyo plazo de ejecución sea superior a un año; y determinando el saldo no ejecutado
- 5.- Inventario de bienes de larga duración, adquiridos con recursos asignados al proyecto o programa de inversión, que se encuentren a cargo del proyecto

-----  
Christian Andrés Ávila Calderón  
**Investigador Ayudante 1**

-----  
Juan Carlos Tunala Moreta  
**Investigador Ayudante 2**

-----  
Ing. Erazo Laverde Washington Germán  
**Director del Proyecto Investigador**

-----  
Ing. Mena Navarrete Luis Antonio  
**Asistente del Proyecto**

-----  
Ing. Torres Guido  
**Director del Departamento de Energía Y Mecánica**

-----  
Ing. Marcelo Silva  
**Jefe de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA  
TECNOLÓGICA**

## ACTA DE CIERRE Y ENTREGA DEL PROYECTO

Una vez concluido el proyecto, el responsable deberá cerrar (liquidar) el proyecto mediante la presente acta:

<b>Título del Proyecto</b> Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes proporciones	
<b>Objetivos Finales del Proyecto</b> Con el paso del tiempo los objetivos iniciales del proyecto pudieron cambiar, por lo que se requiere presentarlos en forma actualizada. <ul style="list-style-type: none"><li>• Reciclar el aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diesel en diferentes proporciones.</li><li>• Levantar una estadística de los desechos de aceite vegetal de frituras producidos en la parroquia Latacunga.</li><li>• Diseñar y construir un prototipo de tratamiento para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado.</li><li>• Caracterizar el biodiesel y el diesel mediante pruebas de laboratorio físico - químicas.</li><li>• Realizar pruebas mecánicas de torque, potencia, consumo de combustible y opacidad de gases en un vehículo con motor diesel en diferentes proporciones.</li></ul>	
<b>Fecha de entrega del Proyecto:</b> 21/04/2014	<b>Fecha de inicio del Proyecto:</b> 04/02/2013
<b>Costo Final del Proyecto en US\$</b> Costo del proyecto de acuerdo con los datos registrados por el responsable del proyecto. 3000	<b>Aporte final del Patrocinador:</b> Valor total entregado por el patrocinador del proyecto, de acuerdo con los datos registrados por el responsable del proyecto.

<p><b>Entregables generados por el proyecto:</b></p> <p>Enunciar los productos tangibles o intangibles que el responsable del proyecto presenta como resultado de la ejecución del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un prototipo de tratamiento para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado.</li> </ul>	<p><b>Bienes a favor de la ESPE:</b></p> <p>Indicar los bienes adquiridos que quedan a favor de la Institución y que han sido ingresados como activos fijos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Tanque de acero inoxidable de capacidad de 10 litros</li> <li>• 4 Tanques de acero inoxidable de capacidad de 60 litros</li> <li>• 10 Metros de manguera de teflón recubierta en acero inoxidable</li> </ul>
<p><b>Logros el proyecto:</b></p> <p>Enunciar los principales logros alcanzados con la ejecución del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El prototipo implementado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, tiene una capacidad para producir 40lt de biodiesel por proceso, de excelente calidad y mediante aceite vegetal de frituras reciclado.</li> <li>• Los análisis de caracterización del biodiesel realizados en la Universidad Central del Ecuador, pasaron las normativas internacionales ASTM 6751 y EN 14214 en ensayos como viscosidad, densidad, punto de inflamación, punto de escurrimiento y poder calorífico.</li> <li>• El desempeño mecánico del motor de combustión interna no se ve afectado por el uso de biocombustibles.</li> <li>• Existe la disminución de los valores de opacidad en 46%.</li> </ul>	<p><b>Posibles Aplicaciones de los Resultados:</b></p> <p>Indicar las posibles aplicaciones que se pueden dar a los resultados alcanzados obtenidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con los resultados obtenidos se podría pensar en la construcción de un planta de tratamiento para la obtención de biodiesel a nivel industrial, que mediante un proyecto de reciclaje de aceite vegetal de frituras a nivel nacional, tanto en instituciones públicas como privadas, se utilizaría esta fuente de energía renovable para transformarla en biodiesel y sustituir parcialmente a diesel que abastece al parque automotor del país.</li> </ul>

**Beneficiarios del Proyecto:**

Indicar y describir las personas naturales o jurídicas que se beneficiaron con la ejecución del proyecto

- La Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga a través de sus estudiantes son beneficiarios de la ejecución del proyecto ya que podrán ser capacitados en el área de biocombustibles y motores diesel.

**Comentarios Generales:**

En este campo se pueden dejar claro cualquier tipo de comentario importante para la ejecución del producto resultado del proyecto o para la réplica misma del proyecto o las buenas prácticas empleadas en su ejecución.

- La contaminación ambiental por efecto de la combustión de motores diesel, se debe al uso de combustibles fósiles y que al ser de baja calidad, producen emisiones contaminantes, que afectan a la capa de ozono y que son perjudiciales para la salud; de todo esto es de donde parte el reciclaje y la búsqueda de combustibles menos contaminantes y alternativos para usarlos en motores diesel sin ser necesario ningún tipo de modificación y cobra una gran importancia en nuestros días por el hecho de provenir de una fuente de energía renovable.
- La aplicación de este biocombustible en motores diesel contribuye con uno de los objetivos del plan nacional del buen vivir "Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable".

**Documentación de Soporte:**

- Informe Técnico aprobado por el Administrador del proyecto
- Informe final en el que se establezca el cumplimiento de las condiciones técnicas establecidas en el objeto del Convenio, Contrato o documento del aprobación del proyecto
- Informe Financiero, elaborado a partir del presupuesto inicial asignado, determinando el monto ejecutado en cada ejercicio fiscal en caso de proyectos cuyo plazo de ejecución sea superior a un año; y determinando el saldo no ejecutado, según formato adjunto
- Inventario de bienes de larga duración, adquiridos con recursos asignados al proyecto o programa de inversión, que se encuentren a cargo del proyecto.
- Acta de traspaso de los bienes del proyecto, a la entidad respectiva

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingreso a la Bodega de la ESPE, de los bienes adquiridos con recursos del proyecto.</li> </ul>
--	---

**Presupuesto desglosado**

<b>PARTIDAS PRESUPUESTARIAS ASIGNADAS</b>	<b>VALOR</b>
730212	450,00
730212	250,00
840103	2300,00

<b>PARTIDAS PRESUPUESTARIAS UTILIZADAS</b>	<b>VALOR</b>
730212	436,80
730212	249,76
840103	2.299,36

**Firmas de Responsabilidad**

-----  
 Christian Andrés Ávila Calderón  
**Investigador Ayudante 1**

-----  
 Juan Carlos Tunalá Moreta  
**Investigador Ayudante 2**

-----  
 Ing. Erazo Laverde Washington Germán  
**Director del Proyecto**

-----  
 Ing. Mena Navarrete Luis Antonio  
**Investigador Asistente del Proyecto**

-----  
 Ing. Torres Guido  
**Director del Departamento de Energía Y Mecánica**

-----  
 Ing. Marcelo Silva  
**Jefe de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

**INFORME FINAL DE CIERRE TÉCNICO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

*El informe final debe ser entregado en un plazo máximo de 15 días posteriores a la fecha de la vigencia.*

<b>Nombre del Director del Proyecto:</b> Erazo Laverde Washington Germán		<b>Cédula de Ciudadanía:</b> 050143263-7
<b>Año de Aprobación:</b> 2013	<b>Fecha de inicio:</b> 04-02-2013	<b>Fecha de término:</b> 21-04-2014
<b>Teléfonos de contacto:</b> No. Extensión Latacunga: 032810206 No. Celular: 0995275227		<b>E-mail:</b> wgerazo@espe.edu.ec
<b>Fechas de vigencia del proyecto:</b>		
<b>Vigencia:</b> 04/02/2013 a 04/12/2013		
<b>El proyecto se concluyó en las fechas de vigencia antes indicadas SI ( ) NO ( x )</b> <i>Justificar en casos de respuesta negativa (adjuntar documentos de respaldo).</i> El proyecto no se ejecutó en las fechas indicadas porque su aprobación se lo realizó en el Consejo de Investigación y Vinculación con la Colectividad No. 2013-004- ESPE-b1, del 3 de junio del 2013, además existió retraso en los fondos asignados por parte de la Universidad De Las Fuerzas Espe Matriz.		
<b>Presupuesto Asignado por la ESPE:</b> USD. 3000	<b>Presupuesto Externo (en caso de que exista):</b> USD. 0	<b>Financiamiento Devengado:</b> USD. 2985.92
<i>Justificar en caso que no haya sido utilizada la totalidad del presupuesto (adjuntar documentos de respaldo).</i> No aplica		

## 1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO:

<b>Título del Proyecto:</b> Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes proporciones		
<b>Departamento:</b> Energía Y Mecánica	<b>Centro:</b> Latacunga	
<b>Línea de investigación:</b> Energía	<b>Sublínea de investigación:</b> Media Ambiente	
<b>Instituciones auspiciantes:</b> (caso existan)		
<b>Nombre</b>	<b>Sigla</b>	<b>Ciudad/Provincia</b>
No aplica	No aplica	No aplica
No aplica	No aplica	No aplica

### 1.2 Equipo responsable por el desarrollo del proyecto

<b>1.2.1 Equipo principal de la ESPE</b> ( <i>Docentes Investigadores y estudiantes vinculados a la institución</i> )		
<b>Nombre</b>	<b>Función</b>	<b>Período de permanencia en el proyecto</b> (incluir fecha de inicio y fin de actividades)
Erazo Laverde Washington Germán	Director Del Proyecto	04-02-2013 hasta 21-04-2014
Mena Navarrete Luis Antonio	Investigador Asistente Del Proyecto	04-02-2013 hasta 21-04-2014
Ávila Calderón Christian Andrés	Investigador Ayudante 1	04-02-2013 hasta 21-04-2014
Tunala Moreta Juan Carlos	Investigador Ayudante 2	04-02-2013 hasta 21-04-2014

<b>1.2.2 Equipo Asesor</b> ( <i>Investigadores vinculados a otras instituciones que apoyaron en el proyecto</i> )			
<b>Nombre</b>	<b>Función</b>	<b>Institución</b>	<b>Período de permanencia en el proyecto</b> (incluir fecha de inicio y fin de actividades)
No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

## **2. DESARROLLO DEL PROYECTO**

<b>2.1 Objetivo General</b>
<i>Transcribir el objetivo general del proyecto aprobado.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclar el aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diesel en diferentes proporciones</li> </ul>
<i>Comentar y justificar eventuales alteraciones ocurridas con relación al objetivo propuesto inicialmente, considerando que se puede cambiar totalmente el OBJETO de estudio.</i>
No existieron alteraciones.

<b>2.2 Objetivos Específicos</b>
<i>Transcribir los objetivos específicos del proyecto original aprobado.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar una estadística de los desechos de aceite vegetal de frituras producidos en la parroquia Latacunga.</li> <li>• Construir una planta de tratamiento de biodiesel.</li> <li>• Tratar el aceite vegetal reciclado.</li> <li>• Caracterizar el diesel y biodiesel mediante pruebas de laboratorio.</li> <li>• Realizar pruebas mecánicas de torque, potencia, emisiones de gases, opacidad y consumo de combustible en un vehículo con motor diesel en diferentes proporciones.</li> </ul>

*Comentar y justificar eventuales alteraciones ocurridas con relación a los objetivos específicos propuestos inicialmente.*

No existieron alteraciones.

**2.3 Cronograma de actividades** *(Describir de manera sintética y objetiva el desarrollo de las actividades previstas y comentar eventuales alteraciones ocurridas).*

<b>Actividades previstas en el cronograma de ejecución del proyecto aprobado</b>	<b>Actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto</b>
Recopilación de información relacionada al tema del proyecto.	Investigar en libros, internet, videos, etc.
Levantamiento de la encuesta y reciclaje de aceite vegetal de frituras.	Desplazarse a la parroquia Latacunga para aplicar la encuesta, tabulación de datos obtenidos y recolección de aceite.
Diseño y construcción del prototipo de tratamiento de biodiesel.	Modelado y simulación del prototipo en softwares de diseño gráfico SolidWorks y Ansys.
Obtención del biodiesel.	Adquisición de sustancias químicas y producción de biodiesel.
Caracterización de diesel y biodiesel.	Realización de ensayos en el laboratorio de Química de Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga y adquisición de servicio de pruebas de laboratorio de diesel y biodiesel en la Universidad Central del Ecuador.
Realizar pruebas mecánicas	En laboratorio de motores se realiza pruebas de torque, potencia y

	opacidad de gases en un vehículo con motores diesel utilizando biodiesel en diferentes porcentajes.
Entrega, revisión y defensa del proyecto	Realizar correcciones, impresiones, empastados, anillados, etc.
<b>Justificativas sobre las alteraciones ocurridas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso de adquisición de bienes y servicios por demora en la asignación de fondos.</li> <li>• Retraso en la realización de pruebas mecánica debido a que el laboratorio de motores de combustión interna entro en remodelación y esto no permitía el uso del dinamómetro para efectuar las pruebas.</li> </ul>	

<b>2.4 Resultados alcanzados / Productos obtenidos / Desarrollo de Protocolos</b>
<p><i>Describir de manera sintética los resultados alcanzados a través de la investigación.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El bioreactor implementado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, tiene una capacidad para producir 40lt de biodiesel por proceso, de excelente calidad y mediante aceite vegetal de frituras reciclado.</li> <li>• El biodiesel elaborado en el bioreactor es óptimo para la utilización en motores diesel, sin la necesidad de ninguna modificación.</li> <li>• Los análisis de caracterización del biodiesel realizados en la Universidad Central del Ecuador, pasaron las normativas internacionales ASTM 6751 y EN 14214 en ensayos como viscosidad, densidad, punto de inflamación, punto de escurrimiento y poder calorífico.</li> <li>• El desempeño mecánico del motor de combustión interna no se ve afectado por el uso de biocombustibles.</li> <li>• En las mediciones realizadas de rendimiento se determinó que la mezcla ideal es al 5% biodiesel, presentando una disminución mínima de 0.2% en torque y de 1.85% en potencia, esto respecto al diesel.</li> </ul>

- Se estable que el motor diesel a través de la verificación del consumo específico de combustible tiene una buena economía al trabajar con la mezcla de 5% biodiesel.
- Con respecto a la opacidad, la mezcla 20% biodiesel presenta la mayor disminución con 45.94% respecto a la opacidad del diesel comercializado en el país.
- El precio de producción de 1lt de biodiesel es de 0.94 ctvs. de dólar; comparado con el precio del diesel es casi el triple, por lo que no es rentable su producción, a menos que el biodiesel entre en los subsidios del país, como lo es el diesel.

### **2.5 Factores que facilitaron o dificultaron al desarrollo del proyecto**

Describir factores que facilitaron el desarrollo del proyecto.´

- Existe el monitoreo continuo de su ejecución
- Cumplimiento de los plazos establecidos
- Cumplimiento de cronograma.

Describir factores que dificultaron el desarrollo del proyecto.

- Autorización correspondiente para su ejecución
- Disponibilidad de certificación de recursos económicos para la ejecución del proyecto.
- Disponibilidad de presupuesto
- Disponibilidad de los equipos requeridos
- Proceso de contratación.

**2.6 Coordinación del proyecto entre Departamento o entre Instituciones o Grupos de Investigación (caso existan)**

Describir la coordinación de actividades del trabajo realizado entre Departamentos, Instituciones o Grupos de investigación dentro del proyecto.

El grupo de investigación del proyecto coordinó con diferentes departamentos de la Universidad para la ejecución del proyecto como:

- Departamento de Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga.
- Departamento de Investigación y Vinculación con la Colectividad de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga.
- Departamento de Investigación y Vinculación con la Colectividad de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Matriz
- Unidad de logística Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Matriz

## **2.7 Asistentes de Investigación**

### **2.7.1 Estudiantes vinculados al proyecto**

Nombre del Estudiante	Programas de pregrado o posgrado	Tiempo de participación en el proyecto		Se generó tesis o proyecto de grado del estudiante? <i>SI/NO</i>
		Fecha de Inicio	Fecha de fin	
Ávila Calderón Christian Andrés	Pregrado	04-02-2013	21-03-2014	SI
Tunala Moreta Juan Carlos	Pregrado	04-02-2013	21-03-2014	SI

### **2.7.2 Análisis general de la participación de los estudiantes**

<p><b>Evaluación general del desempeño de cada estudiante dentro del proyecto de investigación</b></p> <p><b>Nombre:</b> Ávila Calderón Christian Andrés</p> <p>Excelente [ X ]    Bueno [    ]    Regular [    ]    Insuficiente [    ]    No se aplica [    ]</p> <p><b>Nombre:</b> Tunala Moreta Juan Carlos</p> <p>Excelente [ X ]    Bueno [    ]    Regular [    ]    Insuficiente [    ]    No se aplica [    ]</p>
<p>Analizar la participación de los estudiantes en términos de su desempeño en el proyecto y resultados de la experiencia obtenida.</p> <p><i>Los estudiantes se involucraron el proyecto con gran interés y participación obteniendo excelentes resultados en la investigación.</i></p>

### **3. PRODUCCIÓN TOTAL GENERADA A TRAVÉS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

*Trabajos del equipo de investigación individuales o en cooperación sometidos y/o publicados, relativos al proyecto de investigación, incluyendo tesis o proyectos de grado.*

**Cantidad de producción:**

- [ ] Número de Libros y capítulos de libros
- [ ] Número de Tesis de posgrado
- [ 1 ] Número de Tesis o proyectos de grado de pregrado
- [ ] Número de Artículos aceptados en Congresos Nacionales
- [ ] Número de Artículos sometidos en Congresos Nacionales
- [ ] Número de Artículos aceptados en Congresos Internacionales
- [ ] Número de Artículos sometidos en Congresos Internacionales
- [ ] Número de Artículos publicados en Revistas
- [ 1 ] Número de Artículos aceptados en Revistas
- [ ] Número de Artículos sometidos en Revistas
- [ ] Número de Conferencias Nacionales
- [ ] Número de Conferencias Internacionales
- [ ] Otros,  
(especificar)\_\_\_\_\_

*Detallar y adjuntar los trabajos sometidos y/o publicados de acuerdo al ANEXO A y ANEXO B.*

**5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO****Conclusiones:**

- El proyecto de iniciación científica “Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferente proporciones” se ejecutó de acuerdo a lo previsto.

**Recomendaciones:**

- Asignar el proyecto a la extensión de la Universidad a la que pertenece el grupo de Investigación ya que esto origina retraso en la ejecución del proyecto.

Ciudad y Fecha: Latacunga, 21 de abril del 2014	Director del Proyecto <hr/> Ing. Germán Erazo
--	--

# INFORME

## a. Resumen

Ante la búsqueda de soluciones ambientalmente sostenibles, que disminuyan la contaminación ambiental por efecto de la combustión de motores diesel, se ha visto necesario realizar este proyecto que consiste en el reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel.

Se hace un levantamiento estadístico acerca del uso y disponibilidad de aceite de cocina usado en la ciudad de Latacunga, se recolecta el aceite y se utiliza como materia prima. Teniendo en cuenta que se trata de una fuente de energía renovable. Para la obtención del biodiesel se diseña y construye un prototipo de reactor semiautomático considerando la compatibilidad de materiales del reactor, con los fluidos y sustancias químicas que interviene en el proceso para producir biodiesel y también apoyado con softwares de diseño gráfico SolidWorks y Ansys, que determinan la fiabilidad y rendimiento de la máquina.

Mediante de la investigación del proceso químico llamado transesterificación se determina la cantidad de catalizador y metanol para convertir el aceite vegetal en biodiesel. Este biocombustible es sometido a ensayos de caracterización físico-químicas para dar cumplimiento con las normativas calidad Europea y Estadunidense.

En un vehículo con motor diesel se realizan pruebas mecánicas de torque, potencia y opacidad de gases combustionados, utilizando biodiesel en diferentes porcentajes con el fin de conocer la mezcla biodiesel- diesel ideal.

## b. Objetivos

- Reciclar el aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores Diesel en diferentes proporciones.
- Levantar una estadística de los desechos de aceite vegetal de frituras producidos en la parroquia Latacunga.

- Diseñar y construir un prototipo de tratamiento para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado.
- Caracterizar el biodiesel y el diesel mediante pruebas de laboratorio físico - químicas.
- Realizar pruebas mecánicas de torque, potencia, consumo de combustible y opacidad de gases en un vehículo con motor diesel en diferentes proporciones.

### **c. Breve fundamentación teórica**

## **BIOCOMBUSTIBLES**

Los biocombustibles son alcoholes, éteres, ésteres y otros compuestos químicos, producidos a partir de biomasa, como las plantas herbáceas y leñosas, residuos de la agricultura y actividad forestal, y una gran cantidad de desechos industriales, como los desperdicios de la industria alimenticia.

El término biomasa hace referencia a toda materia que puede obtenerse a través de fotosíntesis. La mayoría de las especies vegetales utilizan la energía solar para crear azúcares, partiendo de sustancias simples como el agua y el dióxido de carbono, almacenando esta energía en forma de moléculas de glucosa, almidón, aceite, etc.

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

### **Biodiesel**

Es un combustible producido a partir de materias de base renovables, como los aceites vegetales, que se puede usar en los motores diesel. Químicamente constituyen ésteres de alquilo, de metilo y de etilo, con cadenas largas de ácidos grasos. Estas cadenas, al estar oxigenadas, le otorgan al motor una combustión

mucho más limpia. Este éter (parecido al vinagre) puede ser producido a partir de distintas fuentes de aceite, tales como, soja, colza, girasol, maní y grasas animales.

### **Proceso de obtención**

El combustible alternativo es producido a partir de los aceites vegetales convirtiendo a los triglicéridos en ésteres de metilo o etilo, a través de un proceso denominado transesterificación.

En el citado proceso se produce la reacción de las tres cadenas de ácidos grasos (cadenas ésteres) de cada molécula de triglicérido, con un alcohol, produciéndose la separación de estas cadenas de la molécula de glicerina. Esta separación necesita temperatura y un potente catalizador básico, como un hidróxido, para que la reacción sea completa. Finalmente, las cadenas ésteres se convertirán en biodiesel, reteniendo moléculas de oxígeno en su constitución, lo que le otorgará interesantes propiedades en la combustión. Además estas cadenas no contienen azufre, el cual es considerado un potente contaminante medio ambiental.

### **d. Metodología**

El diseño de investigación constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación. El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable.

El método de investigación a utilizar será:

**MÉTODO INDUCTIVO:** Es aquel que parte de los datos particulares para llegar a conclusiones generales.

Este método lo utilizaremos para mediante un estudio de este biocombustible determinar su eficacia y rentabilidad y así aplicarlo en los motores Diesel en general.

**MÉTODO DE ANÁLISIS:** Consiste en la separación de un todo en las partes de un todo para estudiarlas en forma individual.

Este método lo utilizaremos al momento de analizar en el laboratorio la muestra de biodiesel para comparar los parámetros de Ph, densidad, viscosidad, número de cetano, poder calorífico, punto de inflamación, etc.; entre el biodiesel y el Diesel También al momento de verificar las variaciones en el rendimiento del motor al realizar pruebas de potencia, torque, consumo de combustible, etc.

**MÉTODO DE SÍNTESIS:** Es la reconstrucción de todo lo descompuesto por el análisis. Lo utilizaremos al momento de obtener los resultados del análisis realizado anteriormente para determinar una conclusión sobre las características del biodiesel y el rendimiento del motor.

**e. Materiales utilizados**

**Tabla 1: Resultados de pruebas de caracterización**

ORDEN	ITEM	CANTIDAD
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>		
1	Tanques de acero inoxidable (60lt)	4
2	Tanque de acero inoxidable (10lt)	1
3	Mangueras de teflón	10
4	Acoples	30
5	Rodelas	36
6	Válvulas de bola	19
7	Pernos	22
8	Empaques	5
9	Ruedas	6
10	Pintura	4
11	T de ¼"	9
12	Ángulo	3
<b>MATERIAL ELÉCTRICO</b>		
13	Borneras de riel	4
14	Borneras	4
15	Switches	6
16	Luz piloto	6
17	Caja	1
18	Cable #14	30

19	Bombas de agua	4
<b>HERRAMIENTAS</b>		
20	Cautín	1
21	Estaño	1
22	Sierra	1
23	Peladora de alambre	1
24	Disco para amoladora	2
<b>PRUEBAS DE LABORATORIO</b>		
25	Caracterización del biodiesel	1
26	Caracterización del Diesel	1
<b>MATERIA PRIMA</b>		
27	Metanol	32
28	Hidróxido de sodio	3
29	Hidróxido de potasio	3
<b>ACCESORIOS</b>		
30	Bomba de aire	1
31	Manguera de agua	1
32	Recipiente de HDPE para mezclas de metóxido	1
33	Cilindro de gas	1
34	Manguera para gas	1
35	Válvula para gas	1

#### f. Resultados

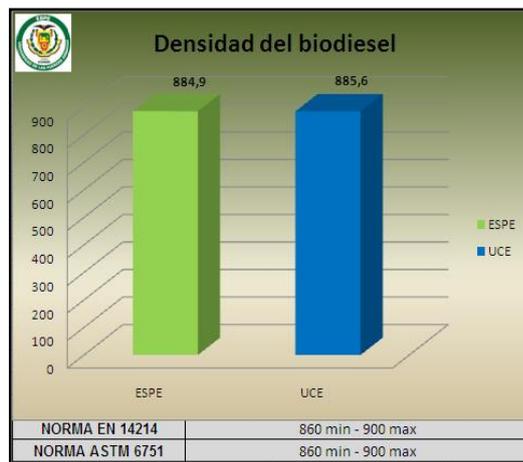
- El prototipo implementado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, tiene una capacidad para producir 40lt de biodiesel por proceso, de excelente calidad y mediante aceite vegetal de frituras reciclado.
- Los análisis de caracterización del biodiesel realizados en la Universidad Central del Ecuador, pasaron las normativas internacionales ASTM 6751 y EN 14214 en ensayos como viscosidad, densidad, punto de inflamación, punto de escurrimiento.
- El desempeño mecánico del motor de combustión interna no se ve afectado por el uso de biocombustibles.
- Existe la disminución de los valores de opacidad en un 46%.

### g. Análisis de resultados

Dentro del análisis de caracterización se realizó pruebas físico – químicas al biodiesel para comparar los resultados, con las normas EN14214 y ASTM 6751. Las pruebas fueron realizadas en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y en la Universidad Central del Ecuador.

#### DENSIDAD

El ensayo se efectuó a 15°C tal como indican las dos normas, con resultados de 885.6 kg/m<sup>3</sup> y 884.9kg/m<sup>3</sup>, los mismos que si están entre los límites mínimo y máximo establecidos

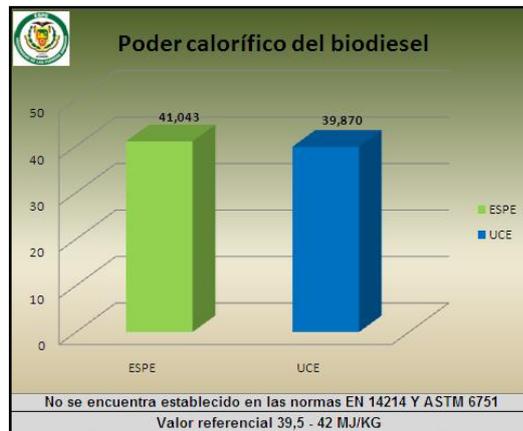


Fuente: Investigadores

Figura 1. Análisis de la densidad del biodiesel

#### PODER CALORÍFICO

Si bien las normas de calidad no establecen un requerimiento en cuanto al poder calorífico del biodiesel, se considera este un parámetro muy importante en cuanto a la ignición del combustible. El resultado obtenido es de 41,043 MJ/kg y se encuentra dentro del valor promedio de poder calorífico que oscila entre 39.5 y 42 MJ/kg, dependiendo de la materia prima utilizada para su producción.



**Fuente:** Investigadores

**Figura 2. Análisis de poder calorífico del biodiesel**

#### PUNTO DE INFLAMACIÓN

Tanto la norma Europea como Americana establecen un punto de inflamación de 120°C y 130°C como mínimo respectivamente, al haber obtenido un valor de 259.2°C, se considera excelente por motivos de seguridad.

#### VISCOSIDAD CINEMÁTICA

Este ensayo se lo ha realizado a 40°C tal como indica ambas normas. El resultado inicial es de 5.95 centistokes y el resultado final 5.76 centistokes, en ambos casos cumplen la especificación de la norma Estadunidense pero no la especificación de la norma Europea; sin embargo considerando que la materia prima para producir biodiesel, es aceite vegetal de frituras, se considera como admisible.

**Tabla 2: Resultados de pruebas de caracterización**

ENSAYO	UNIDAD	BIODIESEL INICIAL (ESPE)	BIODIESEL FINAL (UCE)	NORMA EN 14214	NORMA ASTM 6751
Densidad a 15°C	Kg/m³	885.6	884.9	860min – 900max	860min – 900max
Poder calórico	MJ/Kg	41.043	39.870	-	-
Punto de inflamación	°C	165	259.2	Mínimo 120	Mínimo 130
Viscosidad cinemática 40°C	cSt	5.95	5.76	3.5min – 5max	1.9min – 6max

Una vez realizado el análisis de los ensayos, se puede decir que los resultados iniciales son muy buenos y cumplen con las normas, y los resultados finales certifican la veracidad de los resultados iniciales e incluso son mejores, razón por la cual se puede dar uso de este tipo de biocombustible en vehículos con motor a diesel.

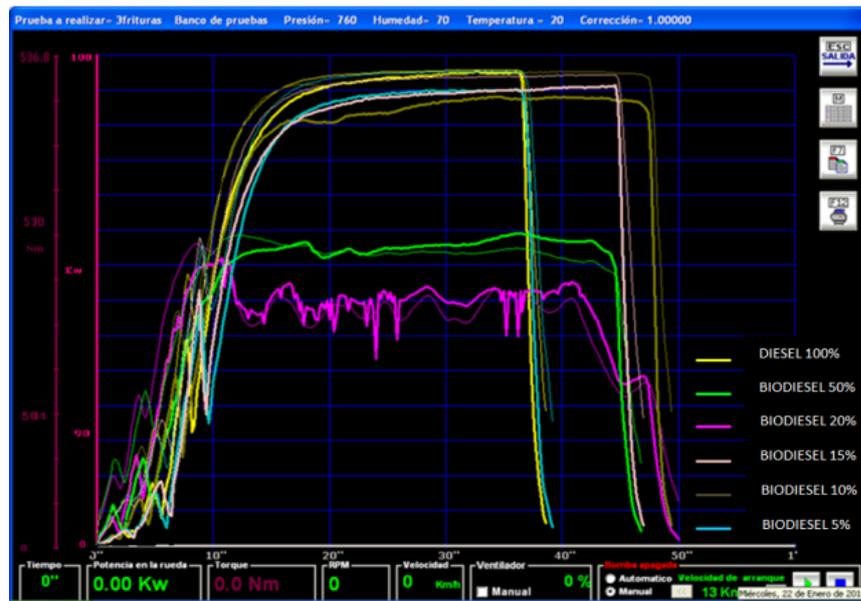
La tabla 3 presenta los mejores resultados de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes, esta permite encontrar la mezcla ideal respecto a los resultados alcanzados con 100% diesel.

**Tabla 3: Pruebas de torque y potencia con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes**

Tiempo	BIODIESEL 5%		BIODIESEL 10%		BIODIESEL 15%		BIODIESEL 20%		BIODIESEL 50%		DIESEL 100%	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	22,68	0,90	3,16	0,09	8,18	0,26	7,00	0,21	5,52	0,17	6,31	0,18
2	64,39	2,50	84,26	9,23	38,16	1,47	29,48	1,33	42,60	2,50	44,76	2,83
4	149,18	9,77	150,17	18,61	109,64	7,64	45,85	2,32	6,85	4,96	72,47	6,00
6	269,67	38,99	215,49	32,88	204,20	25,83	84,80	7,10	130,15	8,71	123,35	12,85
8	333,66	54,20	299,23	48,76	233,09	29,49	131,73	14,23	255,97	36,91	297,97	33,92
10	533,84	97,43	533,51	96,90	369,26	57,22	234,77	20,44	297,08	42,57	357,52	55,55
12	276,28	50,72	296,59	58,03	454,55	74,46	323,61	48,38	424,77	68,34	458,49	76,30
14	251,73	48,52	280,42	55,42	499,31	84,86	432,26	69,04	478,21	80,70	495,76	86,18
16	279,73	54,41	284,66	55,99	514,89	88,59	473,38	77,61	501,38	87,03	514,89	91,98
18	247,39	50,12	285,15	55,18	518,83	89,36	488,76	81,32	512,92	90,32	524,26	94,98
20	267,50	47,43	279,43	54,45	518,14	88,88	496,45	83,35	518,24	91,96	528,89	96,55
22	266,22	51,68	277,26	5,09	521,89	90,42	501,28	84,80	521,30	93,12	530,67	97,34
24	263,46	39,26	270,07	52,48	523,07	90,78	505,23	85,68	523,96	94,09	532,34	97,99
26	253,70	51,53	270,56	51,68	531,75	93,71	510,45	87,85	525,34	94,32	533,23	98,26
28	278,00	53,89	265,23	50,88	532,93	94,15	520,51	91,03	526,52	94,80	533,53	98,59
30	255,28	51,24	259,90	50,08	533,33	93,99	524,85	92,43	527,51	95,47	534,51	98,94
32	251,92	50,69	254,57	49,28	532,44	93,89	527,12	92,96	528,30	95,86	534,91	99,25
34	285,64	53,90	249,24	48,48	531,06	93,46	528,10	93,32	528,99	96,16	534,81	99,25
36	283,97	53,29	243,91	47,68	451,49	49,37	527,71	93,20	529,19	96,18	534,81	99,27
38	269,77	53,35	238,58	46,88	371,92	58,69	528,00	93,24	529,19	96,48	249,56	13,39
40	271,74	54,69	233,25	46,08	292,35	42,84	526,72	91,41	303,20	20,67	156,32	10,54

Fuente: Investigadores

En la figura 3 se distingue mejor el rendimiento de las curvas de potencia y torque para las combinaciones de 5%, 10%, y 15% biodiesel, cuya variación respecto a la curva de 100% diesel es mínima mientras que para las combinaciones de 20% y 50% cambia considerablemente.



Fuente: Investigadores

Figura 3. Pruebas de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes

Una vez realizadas las pruebas se dispone de una tabla estadística con valores de torque y potencia para cada mezcla.

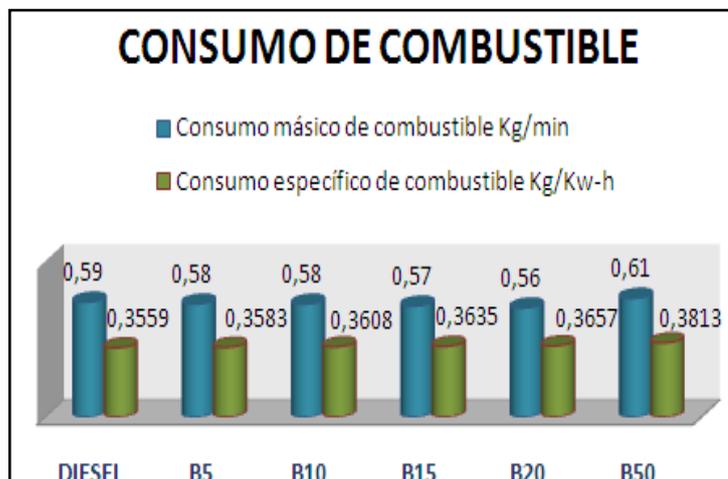
**Tabla 4: Cuadro estadístico de torque y potencia**

VALORES	5% BIODIESEL		10% BIODIESEL		15% BIODIESEL		20% BIODIESEL		50% BIODIESEL		100% DIESEL	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
VALOR MÁXIMO PRUEBA 1	501,78	89,63	532,66	96,30	527,90	92,75	526,10	92,32	486,89	80,19	533,33	99,01
VALOR MÁXIMO PRUEBA 2	533,84	97,43	463,58	81,90	469,63	76,12	494,38	82,00	498,13	83,41	501,78	86,71
VALOR MÁXIMO PRUEBA 3	533,13	92,56	531,24	95,95	522,09	90,52	511,44	87,43	521,89	92,00	522,58	96,09
VALOR MÁXIMO PRUEBA 4	529,58	96,09	533,51	96,90	533,33	94,15	528,10	93,32	529,19	96,48	534,91	99,27
VALOR MÍNIMO TOTAL	501,78	89,63	463,18	81,90	469,63	76,12	494,38	82,00	486,89	80,19	478,90	86,71
VALOR MÁXIMO TOTAL	533,84	97,43	533,51	96,90	533,33	94,15	528,10	93,32	529,19	96,48	534,91	99,27
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	15,32	3,53	34,46	7,25	29,43	8,31	15,63	5,19	19,84	7,53	15,26	5,89
FRECUENCIA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
MEDIANA	531,36	94,33	531,95	96,13	525,00	91,64	518,77	89,88	510,01	87,71	527,96	97,55
MODA												501,78
PROMEDIO	524,58	93,93	515,25	92,76	513,24	88,39	515,01	88,77	509,03	88,02	523,15	95,27
PORCENTAJE DE VARIACIÓN EN RELACION AL DIESEL	-0,20	-1,85	-0,26	-2,39	-0,30	-5,16	-1,27	-5,99	-1,07	-2,81	-	-

**Fuente:** Investigadores

Según la tabla 5, la mezcla ideal es 5% biodiesel y 95% de diesel, con una menor pérdida en potencia de 1.85% y en torque de 0.20% respecto a los datos con 100% diesel.

En lo que respecta al consumo de combustible se establece que en el motor a diesel a través de la verificación de consumo de combustible tiene una buena economía de consumo ya que rinde más potencia por hora de acuerdo a la masa de combustible consumido.



**Fuente:** Investigadores

**Figura 4. Consumo de combustible en diferentes porcentajes**

**Tabla 5: Opacidad en las diferentes mezclas**

MEZCLA	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE LUZ K (m <sup>-1</sup> )	OPACIDAD EN %	DISMINUCIÓN DE OPACIDAD RESPECTO AL DIESEL	% DE DISMINUCIÓN DE OPACIDAD
Diesel	0,74	26	-	-
B5	0,71	24	0.03	4.0%
B10	0,65	23	0.09	12.16%
B15	0,54	19	0.20	27.02%
B20	0,4	14	0.34	45.94%
B50	0,7	24	0.04	5.40%

**Fuente:** Investigadores

Analizando la tabla 6 se determina que en la mezcla de 20% biodiesel la disminución de opacidad es mayor con 0.34 m<sup>-1</sup> que equivale al 45,94% con respecto a la opacidad producida por la combustión del diesel.

#### **h. Conclusiones**

- En la ciudad de Latacunga, según lo reflejado en las encuestas, la mayor parte de establecimientos de comidas de frituras están dispuestos a colaborar entregando el aceite a un recolector.
- Al tratar el aceite vegetal usado en el prototipo, este queda ideal (sin pedazos de comida y sin agua) para la producción de biodiesel.
- Existe bastante desconocimiento en la ciudad de Latacunga sobre la contaminación que produce desechar el aceite por las cañerías, y sobre la reutilización que se le puede dar al mismo.
- Los materiales utilizados dentro de la construcción del bioreactor son los idóneos, debido a que no se presentó ninguna reacción desfavorable.
- La materia prima (reactivos) existente en el país, sirve para la producción de biodiesel.
- El biodiesel elaborado en el bioreactor es óptimo para la utilización en motores Diesel, sin la necesidad de ninguna modificación.

**i. Trabajos futuros**

Investigar nuevos biocombustibles

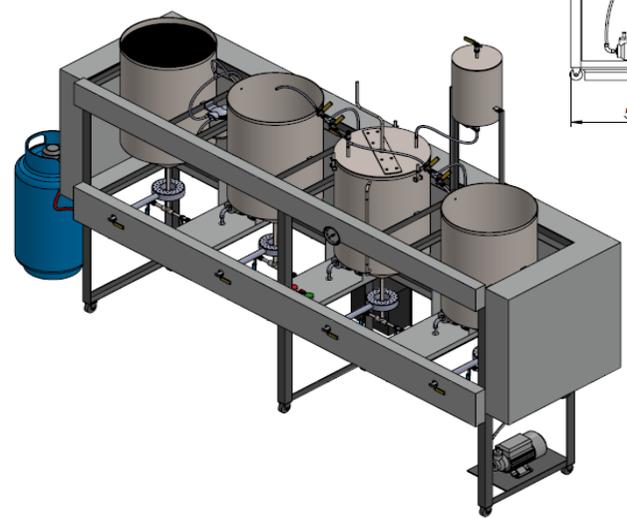
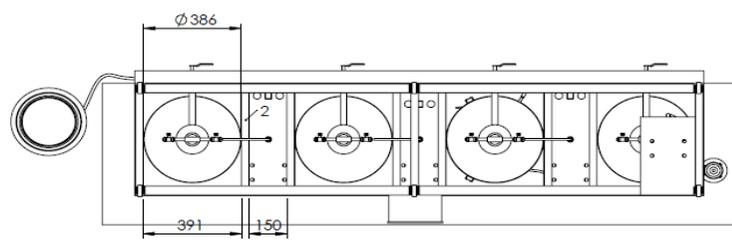
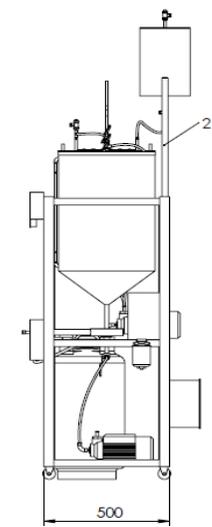
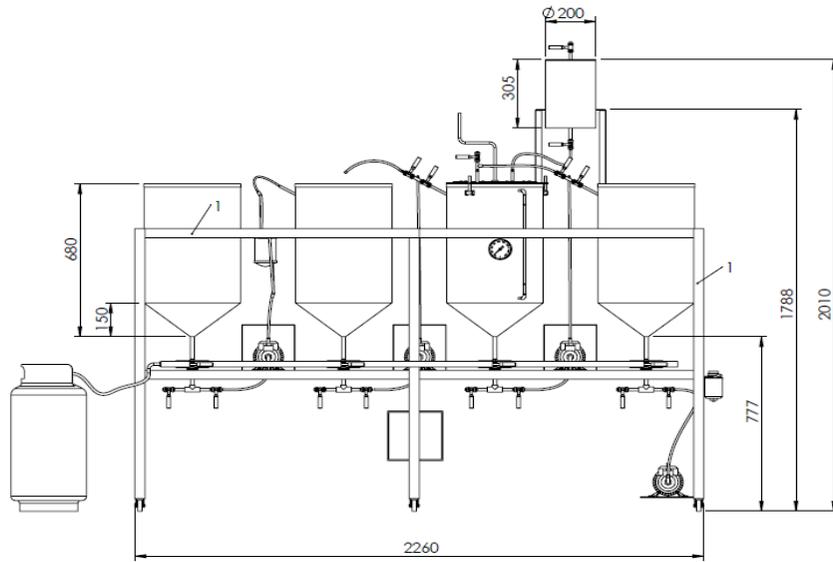
**j. Referencias**

- Benjunea P. (2009). Biodiesel: Producción, calidad y caracterización. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Castro P. (2007). Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- Erazo G. (2013). Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución.
- Erwan B. (2010). Biodiesel: Los aspectos mecánicos en el vehículo.
- Tunala J. (2014). Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes porcentajes.



# **ANEXO I**

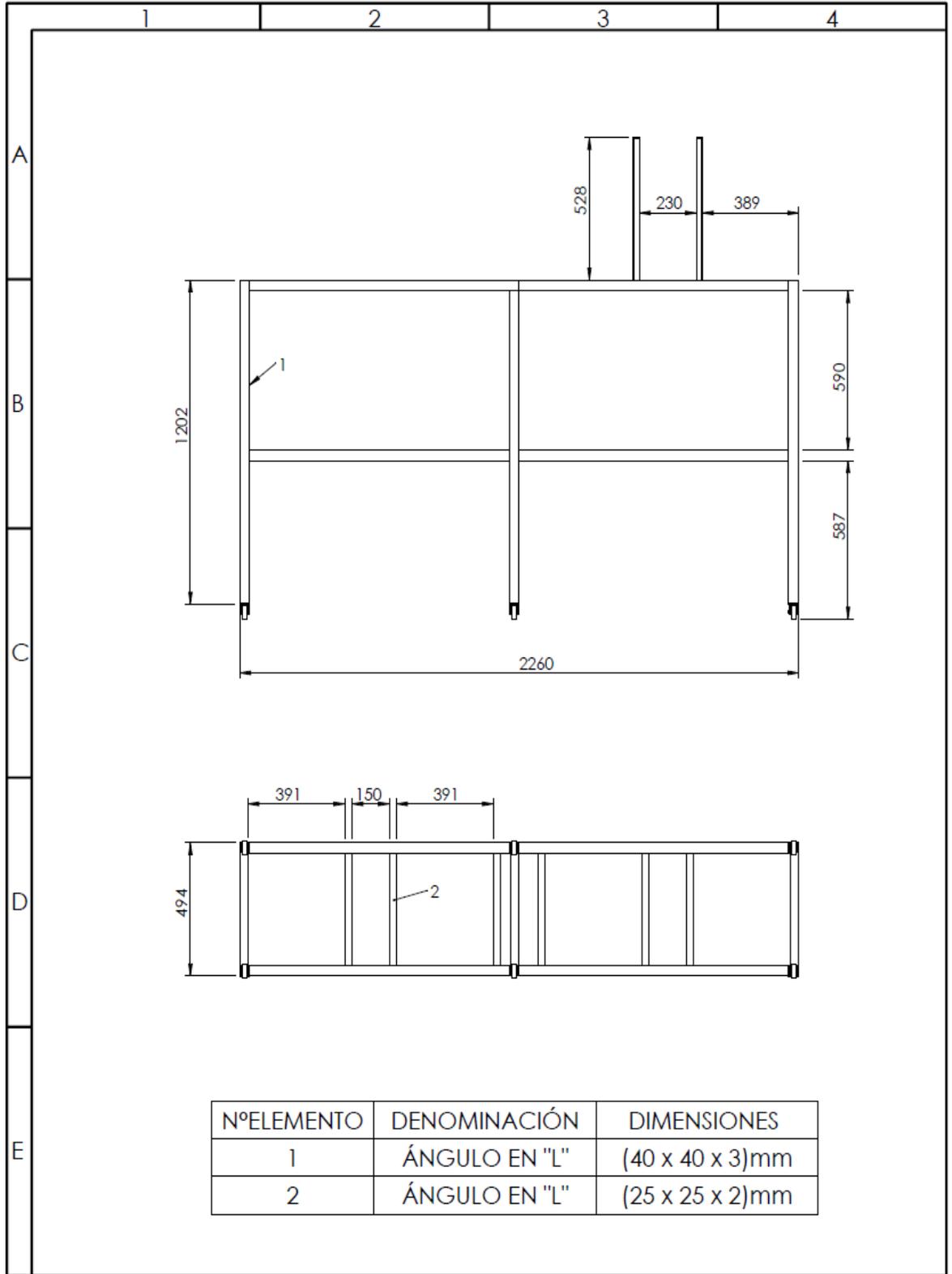
**PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL BIOREACTOR**



NºELEMENTO	DENOMINACIÓN	DIMENSIONES
1	ÁNGULO EN "L"	(40 x 40 x 3)mm
2	ÁNGULO EN "L"	(25 x 25 x 2)mm

			Tolerancia:	Peso:	Materiales:
			Fecha	Nombre	Denominación:
			Dib. 13/11/13	J. TUNALA	<b>BIOREACTOR DIESEL</b>
			Rev.		Escala
			Apro.		1:20
			TESIS BIOREACTOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ E.S.P.E.L		LÁMINA MODELADO
Edición	Modificación	Fecha	Nombre		



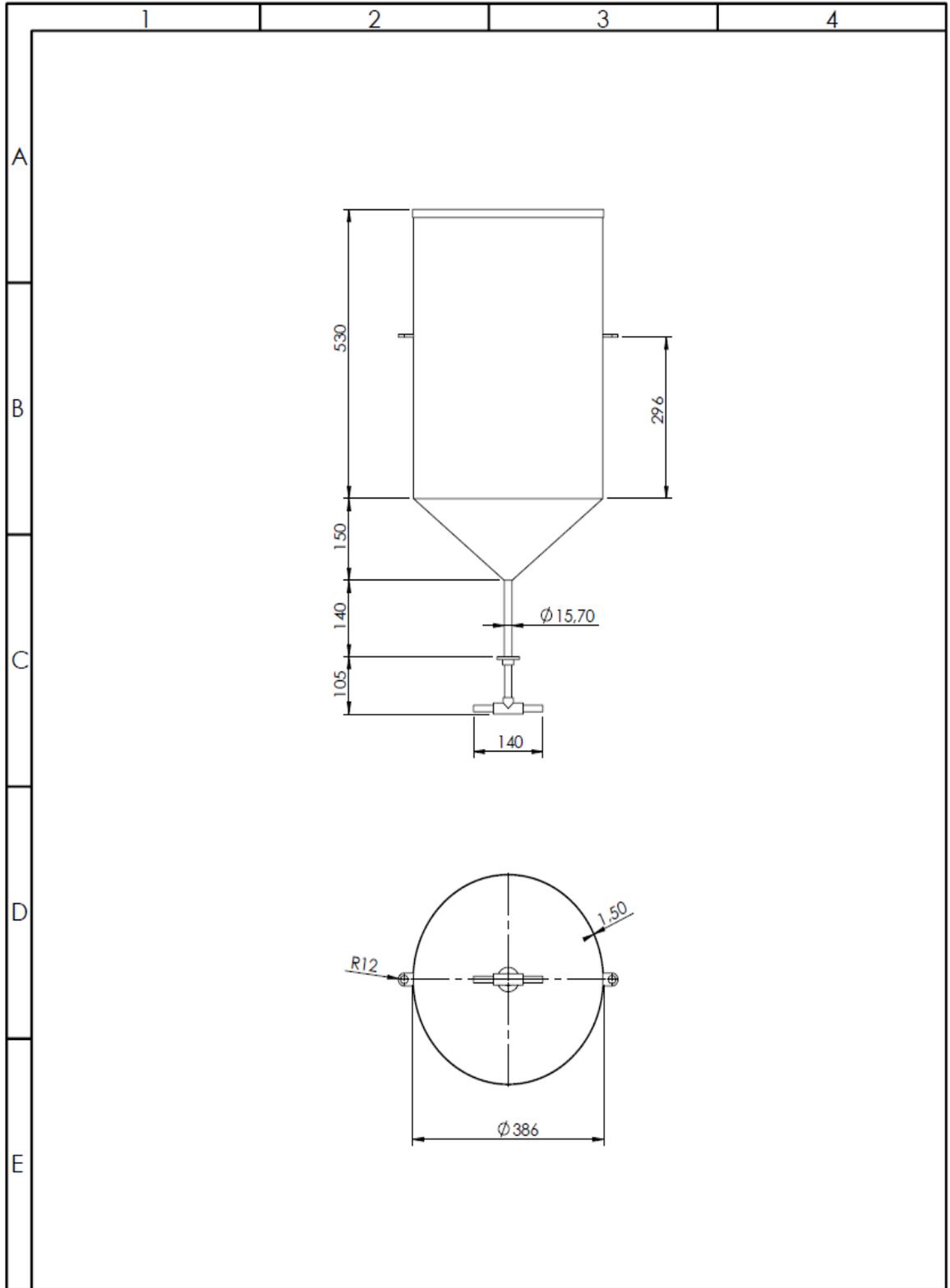


NºELEMENTO	DENOMINACIÓN	DIMENSIONES
1	ÁNGULO EN "L"	(40 x 40 x 3)mm
2	ÁNGULO EN "L"	(25 x 25 x 2)mm

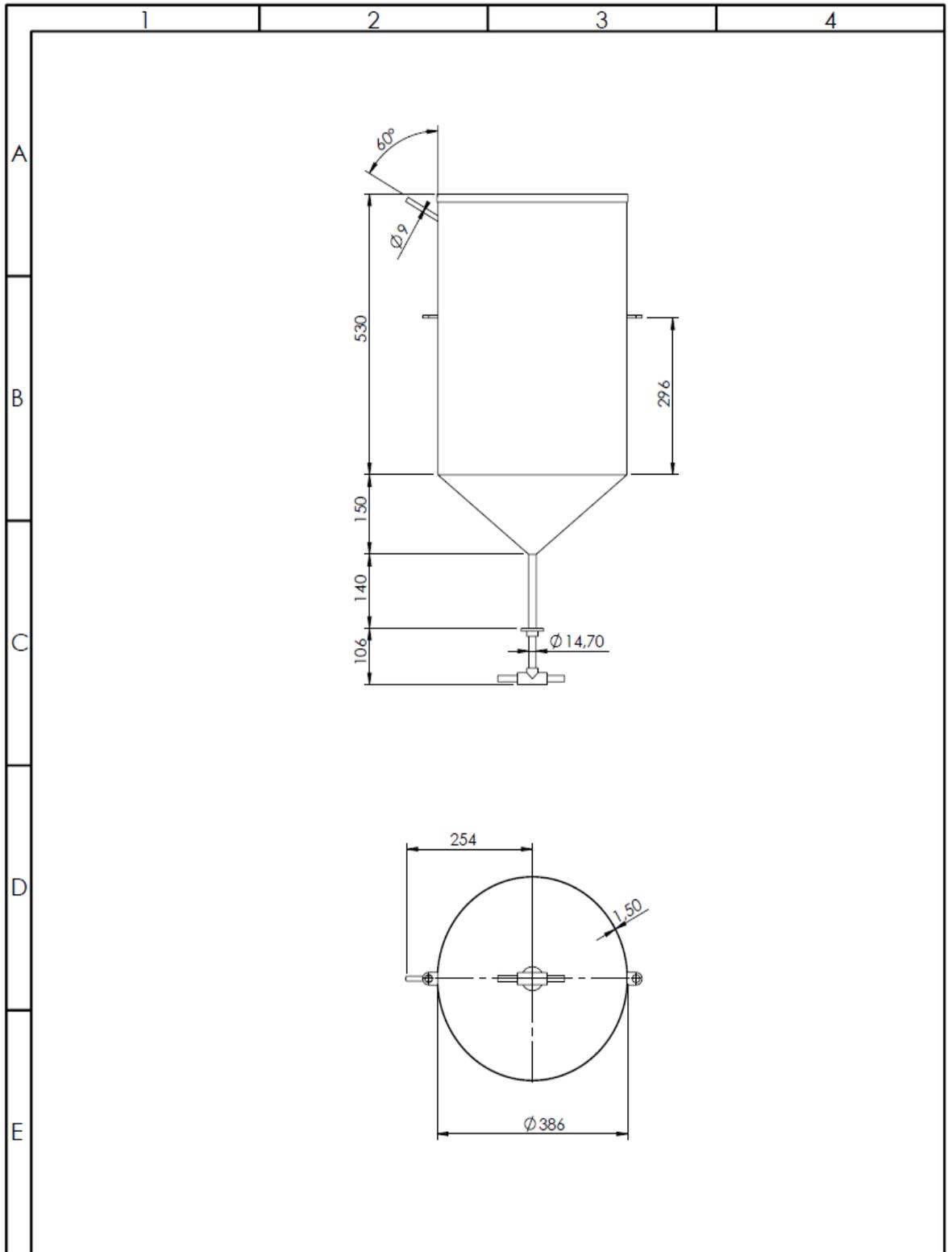
				Tolerancia:	Peso: 42.5Kg	Materiales: ACERO ASTM A-36		
				Fecha	Nombre	Denominación:		
				Dib. 13/11/13	J. TUNALA	<b>ESTRUCTURA</b>		
				Rev.				
				Apro.				
				TESIS BIOREACTOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ E.S.P.E.L			BD-L01	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	BIOREACTOR DIESEL				

Escala  
1:20

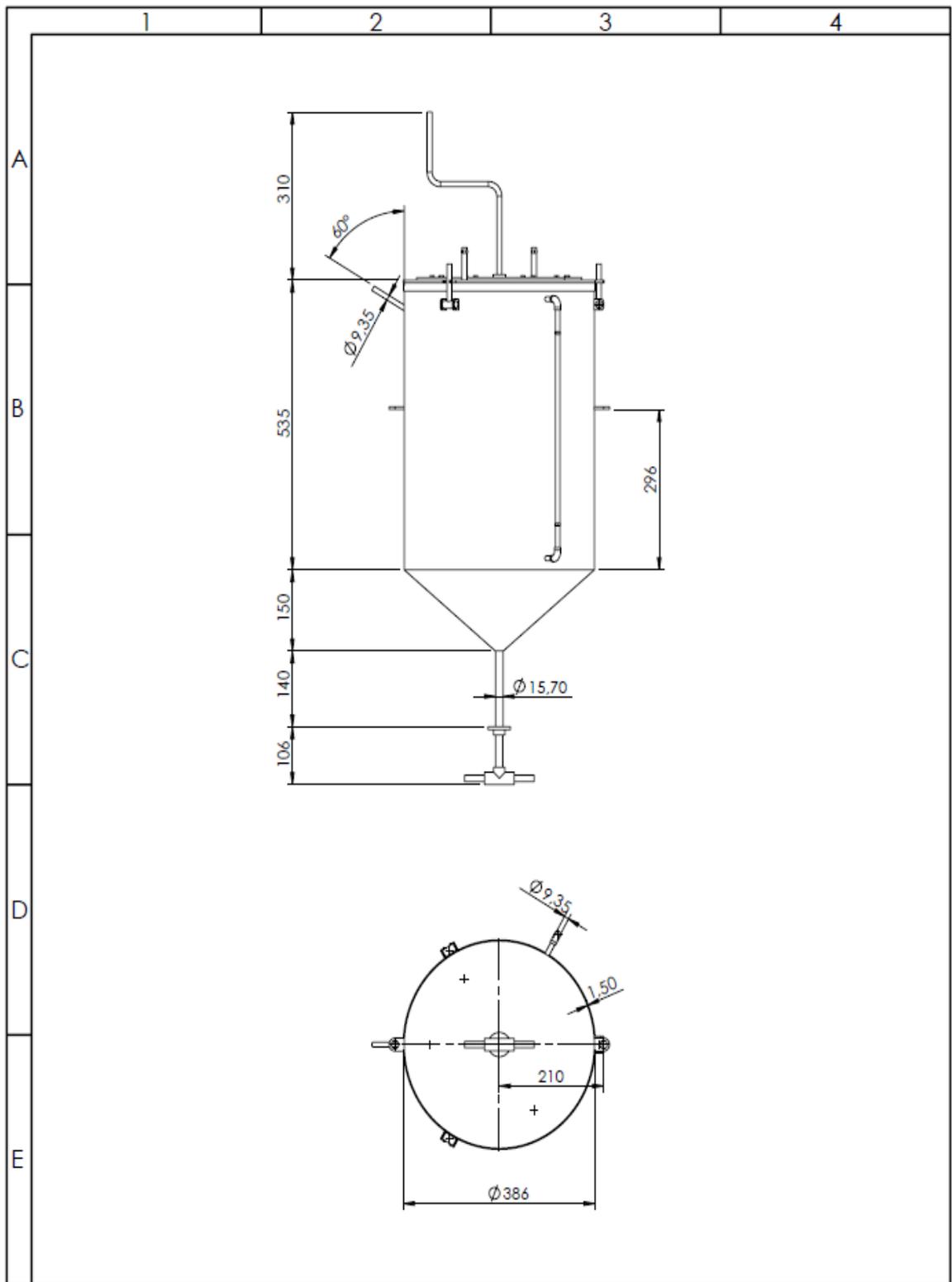




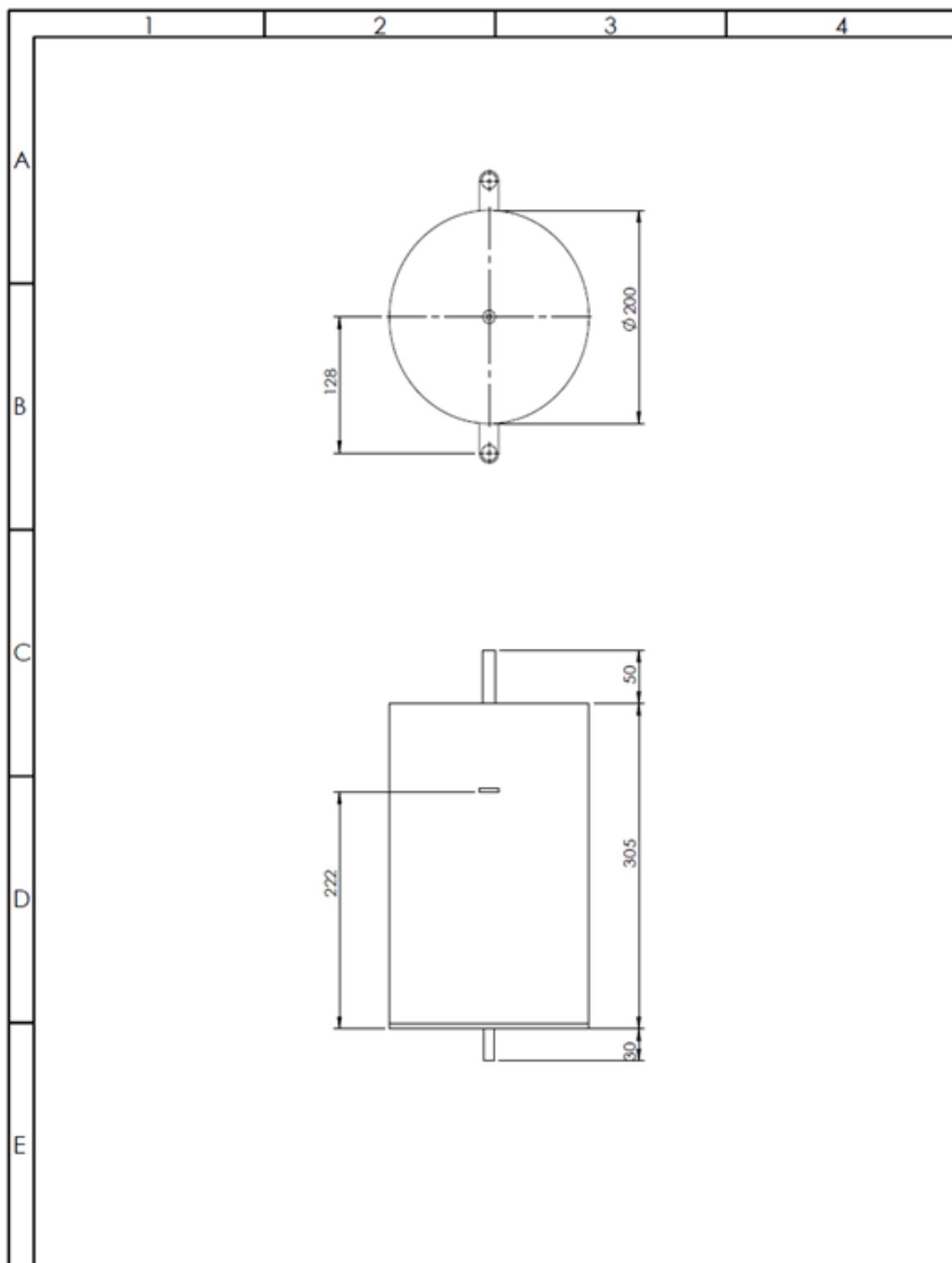
				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
					9.7Kg	ACERO INOXIDABLE	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dib. 13/11/13	J. TUNALA	<b>DEPOSITO 1</b>	
				Rev.		Escala	
				Apro.		1:20	
				TESIS BIOREACTOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ E.S.P.E.L		BD-L02	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			BIOREACTOR DIESEL	



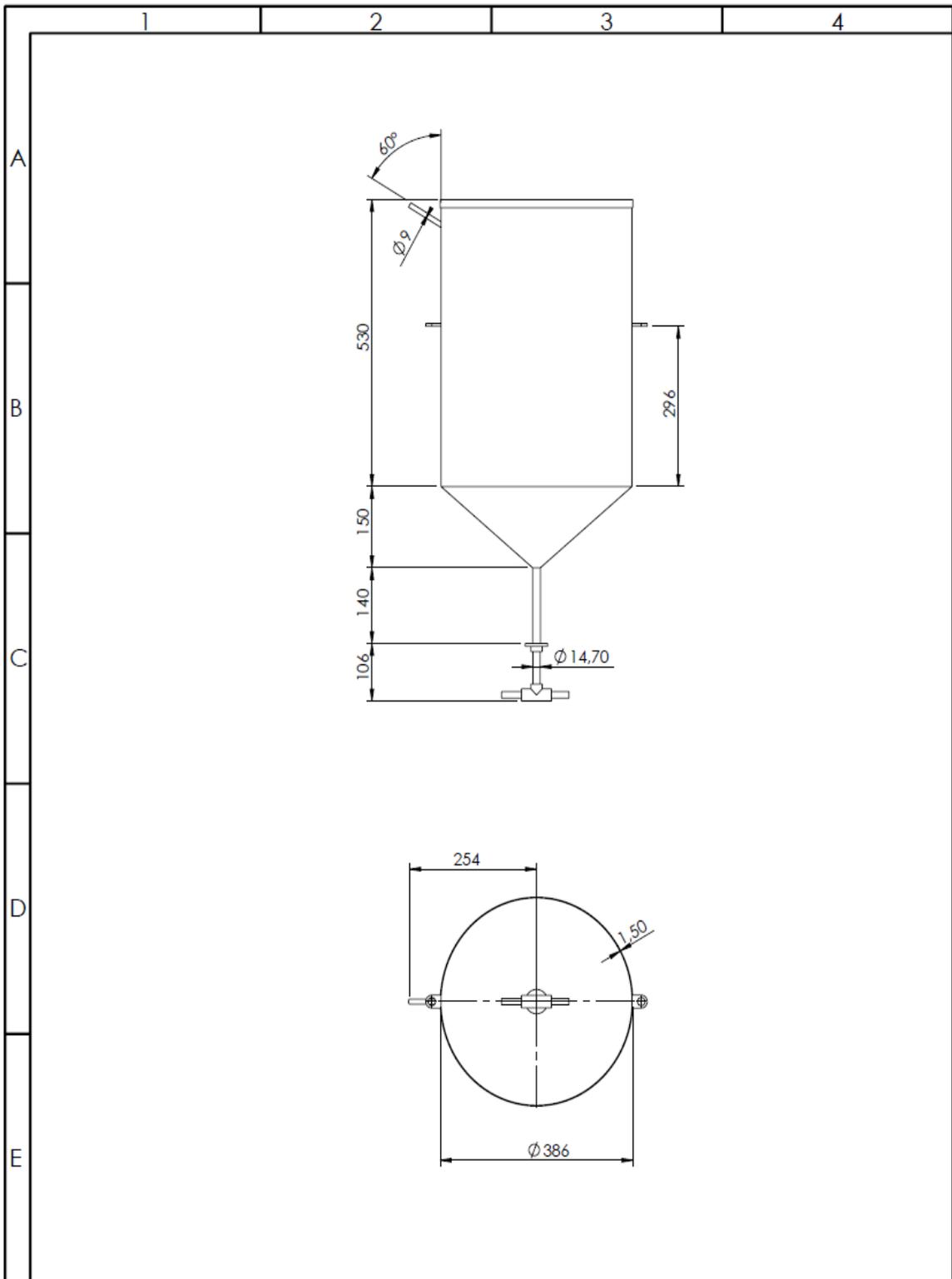
				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
					9.7Kg	ACERO INOXIDABLE		
						Denominación:	Escala	
				Dib.	13/11/13	J. TUNALA	1:10	
				Rev.				
				Apro.				
				TESIS BIOREACTOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ E.S.P.E.L			BD-L03	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre				BIOREACTOR DIESEL	



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
					16Kg	ACERO INOXIDABLE	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dib. 13/11/13	J. TUNALA	<b>DEPOSITO 3</b>	
				Rev.		Escala	
				Apro.		1:10	
				TECNOLOGIA DE BIOPROCESOS		BD-L04	
				INGENIERIA AUTOMOTRIZ E.S.P.E.L		BIOREACTOR DIESEL	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia:	Peso: 6Kg	Materiales: ACERO INOXIDABLE		
				Fecha	Nombre	Denominación:		
				Dib.	13/11/13	J. TUNALA	Escala 1:5	
				Rev.		<b>DEPOSITO SUPERIOR</b>		
				Apro.		BD-L06		
				TESIS BIOREACTOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ E.S.P.E.L		BIOREACTOR DIESEL		
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre					



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
					9.7Kg	ACERO INOXIDABLE	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dib.	13/11/13	J. TUNALA	Escala
				Rev.			1:10
				Apro.			
				TESIS BIOREACTOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ E.S.P.E.L		BD-L05	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			BIOREACTOR DIESEL	
							

# **ANEXO J**

**MANUAL DE USUARIO**

# **BIOREACTOR EN SERIE PARA PRODUCIR BIODIESEL**

---

## **MANUAL DE USUARIO**

# **CONTENIDO**

## **SECCIÓN 1**

Introducción

Esquema y descripción general

## **SECCIÓN 2**

Montaje del bioreactor

Funcionamiento del bioreactor

## **SECCIÓN 3**

Indicaciones Generales

Seguridad durante el Mantenimiento

Mantenimiento

Precauciones



- |                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Estructura               | 8. Depósito de metóxido |
| 2. Filtro primario          | 9. Depósito de Lavado   |
| 3. Caja eléctrica           | 10. Filtro secundario   |
| 4. Depósito de filtrado     | 11. Cilindro de gas     |
| 5. Malla                    | 12. Quemadores          |
| 6. Depósito de deshidratado | 13. Termómetro          |
| 7. Depósito de reacción     | 14. Bombas              |

En el lado izquierdo del bioreactor se encuentra el switch que energizará a todo el bioreactor, al encenderlo primeramente se encenderán los focos rojos que indican que ya está encendido el bioreactor.

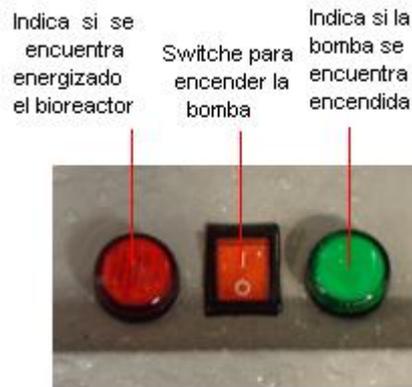


**Fuente:** Grupo de investigación

**Figura 2. Elementos del reactor**

Para pasar el aceite de un depósito a otro utilizamos bombas eléctricas, las cuales se encuentran en la mitad de los tanques y la encendemos con el switch de la mitad.

Como lo antes dicho cuando prendemos el bioreactor se encienden los focos rojos y el foco verde se enciende cuando encendamos la bomba.



**Fuente:** Grupo de investigación  
**Figura 3. Elementos del reactor**

## SECCIÓN 2

### MONTAJE DEL BIOREACTOR

Para el montaje del bioreactor seguimos los siguientes pasos:

1. Colocar los tanques dentro de la estructura y los empernamos.
2. Colocar las bombas es sus bases (las bases son removibles) con pernos.
3. Armar el sistema de calentamiento (riel de gas y quemadores).
4. Colocar las válvulas que van en la parte inferior de los tanques.
5. Conectar las mangueras.
6. Conectar el sistema eléctrico.
7. Colocamos los accesorios (anillo mallado, cilindro de gas, bomba de acuario y la manguera para lavado).

### FUNCIONAMIENTO DEL BIOREACTOR

1. Colocar el aceite usado en el depósito de filtrado, haciéndolo pasar por la malla.

2. Encender el quemador de este depósito y calentar el aceite con la finalidad de que disminuya la viscosidad y tenga fluidez.
3. Abrir la válvula derecha de la parte inferior del tanque y encender la bomba para trasvasar el aceite haciéndolo pasar a la vez por el filtro secundario.
4. Mientras se llena el depósito de deshidratación, encender el quemador de este tanque (verificar que no pase de 100°C)
5. Una vez deshidratado el aceite lo transferimos al siguiente depósito hasta el nivel señalado que corresponde a 45 litros.
6. En el depósito de reacción mantener la temperatura a 55°C y mezclar con el metóxido.
7. Mientras cae el metóxido agitar uniformemente despacio.
8. La reacción tiene un tiempo de 6 a 8 horas, después dejar reposar por otras ocho horas para que se separe la glicerina del biodiesel.
9. Abrir la válvula inferior izquierda para sacar la glicerina y cuando empiece a caer biodiesel cerrar y abrir la válvula derecha.
10. Encender la bomba para pasar el biodiesel al depósito de lavado.
11. Colocar agua con el atomizador de la manguera por unos 5 minutos
12. Encender la bomba de acuario para un mejor lavado.
13. Dejar reposar durante 8 horas
14. Abrir la válvula inferior derecha para sacar el agua.
15. Encendemos la bomba para almacenar el biodiesel que a su vez pasará por el filtro racor.

## **SECCIÓN 3**

### **INDICACIONES GENERALES**

Antes de efectuar cualquier manipulación del bioreactor, repase las siguientes indicaciones de seguridad.

- Lea y siga atentamente todas las instrucciones del manual.
- Asegúrese de que todos los mandos de operación y los indicadores funcionan correctamente.
- Siempre debe de saber dónde está el extintor de incendios más cercano.
- Durante todo el momento que se utilice el bioreactor utilizar los siguientes elementos de seguridad, guantes para altas temperaturas, gafas de protección, mascarilla y zapatos antideslizantes.
- Mantener limpia el área de trabajo y el bioreactor.
- Tener cerca del bioreactor una llave de agua, en caso de presentar algún mareo o ardor en la vista, ventilar el espacio y lavar los ojos con abundante agua.

## **SEGURIDAD DURANTE ELMANTENIMIENTO**

El mantenimiento incorrecto puede causar lesiones. Si no comprende algún procedimiento, servicio o ajuste, consulte el manual de servicio de esta máquina o pida información.

No efectúe modificaciones en esta máquina sin autorización.

Antes de iniciar el mantenimiento y limpieza del bioreactor desconectarlo completamente del toma corriente.

Realizar revisiones periódicas a los elementos de sujeción, sistema eléctrico, pero siempre con la herramienta adecuada, la utilización de herramientas incorrectas pone en riesgo la durabilidad del bioreactor.

## **MANTENIMIENTO**

Deberán realizarse inspecciones a intervalos regulares para determinar que todos los componentes del sistema están en un estado de funcionamiento seguro.

Todos los pernos, tuercas, tornillos y otros medios de sujeción tienen que estar en su lugar, correctamente apretados y asegurados.

Tenga cuidado especialmente cuando efectúen renovaciones y reparaciones.

Mantenga todas las superficies limpias y en buenas condiciones.

## **PRECAUCIONES**

**PRECAUCIÓN:** La temperatura superficial de los tanques pueden llegar a 100°C conserve la distancia adecuada cuando la maquina está en funcionamiento.

# **ANEXO K**

**ARTÍCULO DEL PROYECTO**

**RECICLAJE DE ACEITE VEGETAL DE FRITURAS PARA USO COMO  
BIOCOMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL EN DIFERENTES PROPORCIONES**  
**Christian Ávila<sup>1</sup>, Juan Tunala<sup>2</sup>, Germán Erazo<sup>3</sup>, Luis Mena<sup>4</sup>, Román  
Rodríguez<sup>5</sup>**

Consortio CONSRMIN / Universidad de Fuerzas Armadas ESPE  
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Quijano y Ordoñez y Marqués de Maéza s/n  
email: chrisandyy@hotmail.com<sup>1</sup>, jucat101@hotmail.com<sup>2</sup>, wgerazo@espe.edu.ec<sup>3</sup>,  
lamena@espe.edu.ec<sup>4</sup>, rnrodriguez@espe.edu.ec<sup>5</sup>  
Latacunga – Ecuador  
Energía Mecánica Innovación y Futuro 2014, No.3 (10)

---

**RESUMEN**

La presente investigación consistió en realizar un levantamiento estadístico acerca del uso y disponibilidad de aceite de cocina usado en la ciudad de Latacunga; con la finalidad de darle utilidad como materia prima para la elaboración de biocombustible.

Para la obtención del biodiesel se diseñó y construyó un prototipo de reactor semiautomático con la ayuda de software de diseño gráfico como SolidWorks y Ansys, que determinan la fiabilidad de la máquina, considerando la compatibilidad de materiales del reactor, con las sustancias que interviene en el proceso.

Mediante la investigación del proceso químico de transesterificación se determina la cantidad de catalizador y metanol para convertir el aceite vegetal en biodiesel. Este biocombustible es sometido a ensayos de caracterización físico-químicas para dar cumplimiento con las normativas de calidad. Posteriormente se aplica en el motor Isuzu diesel en diferentes porcentajes para desarrollar pruebas mecánicas de torque, potencia, consumo de combustible y opacidad con el propósito de recomendar su utilización.

**ABSTRACT**

The present investigation consisted of carrying out a statistical analysis on the use and availability of home-used oil in Latacunga in order to give it utility as raw material for the elaboration of biofuel.

For obtaining the biofuel, the semi-automatic reactor prototype was design and built with the assistance of Graphic Design SolidWorks Software and Ansys, which determine the reliability of the machine, considering the compatibility of the of the reactor materials with the substances that intervene in the process.

Through the chemical investigation process of transesterification, it was possible to determine the quantity of the catalyzer and methanol to convert the vegetable oil into biodiesel. This biofuel is subjected to physical and chemical characterization tests in order to meet the quality standards. Afterwards, it was applied in the Isuzu diesel motor at different percentages to carry out torque mechanical tests, power tests, fuel consumption, and opacity in order to recommend its utilization.

## I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento atmosférico es el principal desafío medioambiental que hoy afronta la humanidad a nivel mundial, las reservas de petróleo son agotables, ello obliga a buscar fuentes de energías alternativas que sean renovables y con efectos beneficiosos para el medio ambiente.

Un combustible ecológico llamado Biodiesel a partir de aceite de frituras llega como una interesante alternativa, es de origen vegetal y además permite disminuir la contaminación hídrica.

La utilización de este biocombustible presenta beneficios ecológicos, mecánicos y económicos, por lo que se vuelve innegable la utilización del mismo; además, para su utilización no se deben realizar ninguna adaptación al vehículo.

Para garantizar la calidad del biocombustible debe estar regido por normas de calidad como la EN 14214 y ASTM 6751.

## II. LEVANTAMIENTO ESTADÍSTICO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS ACEITES USADOS

El levantamiento estadístico se aplicó a una muestra de 30 establecimientos de comida rápida con la finalidad de obtener como dato la cantidad de aceite que desechan al día y conocer su disponibilidad como materia prima para la producción de biodiesel.

En la figura 1, se puede constatar que 10 establecimientos de los encuestados desechan en un promedio de 1 a 5 litros de aceite al día, El promedio de aceite desechado diariamente es de 280 lt

entre todos los locales de comida encuestados.

Con esta cantidad de aceite se puede realizar un total de 6 procesos y obtener 250 lt de biodiesel.



Fuente: Investigadores

Figura 1. Cantidad de aceite desechado al día

La figura 2 determina que el 70% de los locales de frituras arrojan el aceite por el caño, mientras que el 30 % lo entregan a un recolector o realiza otra actividad con él.

Es importante concientizar a la comunidad sobre la contaminación que provoca arrojar aceite y la afectación que se produce a las fuentes hídricas.

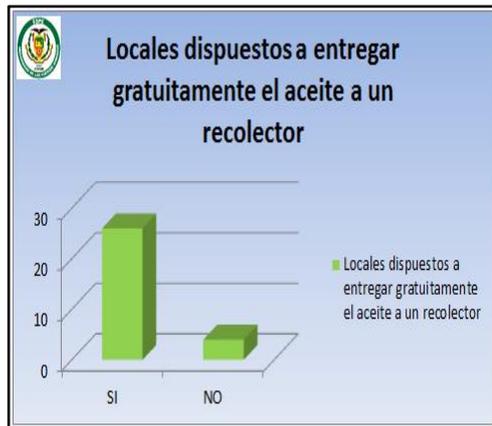


Fuente: Investigadores

Figura 2. Actividad luego de usar el aceite

El 86.6 % de los locales encuestados están dispuestos a entregar el aceite de forma gratuita, con un promedio de recolección de 240lt de aceite al día, esta colaboración es importante para la presente investigación.

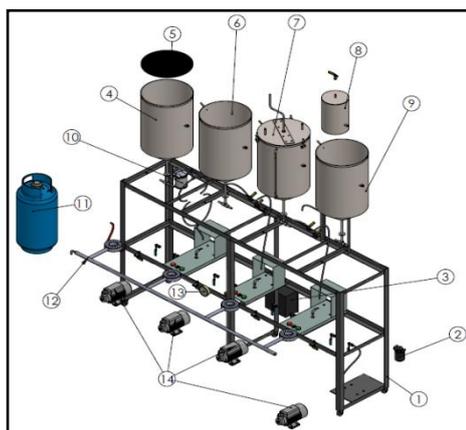
- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Estructura           | 2. Filtro primario          |
| 3. Caja eléctrica       | 4. Depósito de filtrado     |
| 5. Malla                | 6. Depósito de deshidratado |
| 7. Depósito de reacción | 8. Depósito de metóxido     |
| 9. Depósito de Lavado   | 10. Filtro secundario       |
| 11. Cilindro de gas     | 12. Quemadores              |
| 13. Termómetro          | 14. Bombas                  |



Fuente: Investigadores  
**Figura 3. Cantidad de locales dispuestos a entregar el aceite a un recolector**

### III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL REACTOR PARA BIODIESEL

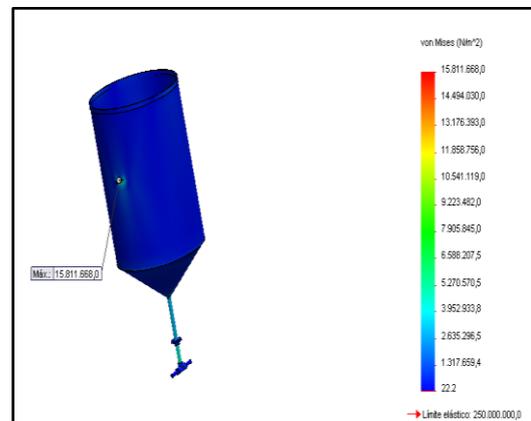
El bioreactor fue diseñado y construido con las siguientes partes:



Fuente: Investigadores  
**Figura 4. Elementos del reactor**

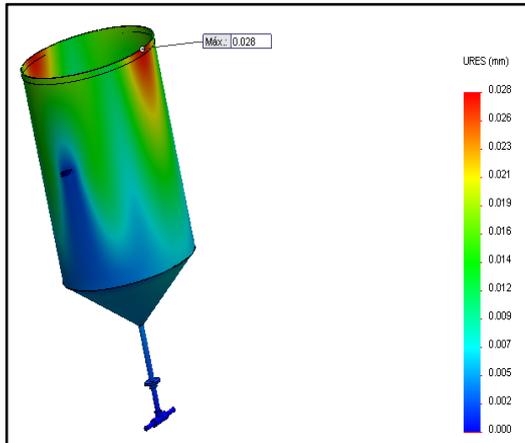
Para la elaboración de cada elemento se realizó un análisis cauteloso de las fuerzas estáticas a las que están sometidos, para garantizar seguridad en el proceso.

La tensión máxima a la que están sometidos los depósitos es 15811.688 Pa (0.1613 bar) ubicada en los puntos de apoyo, mientras que el límite elástico del material es 250000000Pa (2551.02 bar), por ende el diseño y material de fabricación son los correctos.



Fuente: Investigadores  
**Figura 5. Esfuerzo de Von Mises en los depósitos**

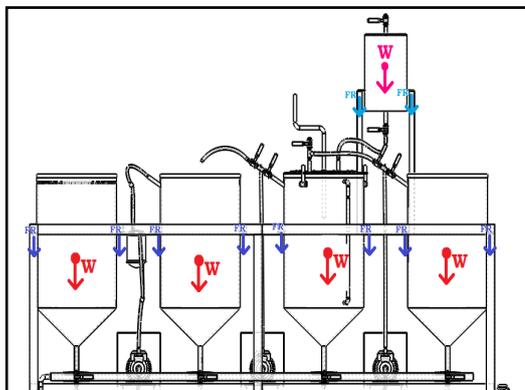
El desplazamiento máximo se ubica en la parte superior de los depósitos, teniendo una magnitud 0.028 mm que representa la parte roja del figura 6.



Fuente: Investigadores

**Figura 6. Desplazamientos en los depósitos grandes**

Con respecto al diseño de la estructura se realiza un diagrama de cuerpo libre, aplicando todas las fuerzas a las que está sometido (peso de depósitos, peso de fluidos, puntos de apoyo, etc.)



Fuente: Investigadores

**Figura 7. Fuerzas resultantes en la estructura**

Fuerza resultante de depósitos grandes  
 $Wdg=594.85 \text{ N}$

Fuerza resultante del depósito de pequeño

$$Wdp=82.13 \text{ N}$$

Fuerza resultante en los soportes de los depósitos grandes

$$FRdg= 297.42 \text{ N}$$

Fuerza resultante en los soportes del depósito de pequeño

$$FRdp= 41.06 \text{ N}$$

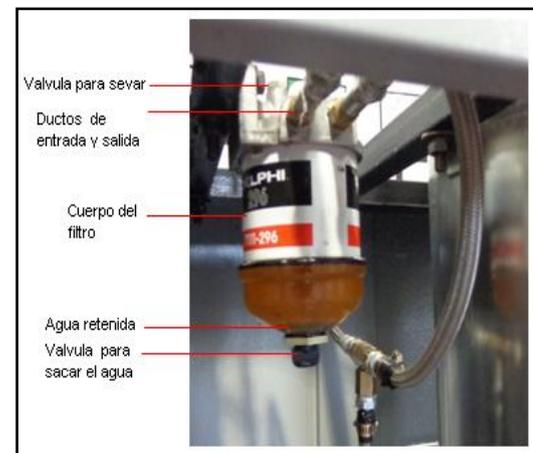
#### IV. OBTENCIÓN DEL BIODIESEL

El procedimiento químico que se aplicó en esta investigación es transesterificación base – base, ya que se utiliza como catalizador hidróxido de potasio (KOH)

##### A. ETAPA DE FILTRACIÓN

La materia prima que se emplea es aceite de frituras, está contiene impurezas (restos de comida, agua, etc.) por consiguiente debe tener un tratamiento previo.

El filtrado consiste en limpiar el aceite de partículas sólidas llegando a un tamaño de 7 micras.



Fuente: Investigadores

**Figura 8. Proceso de filtrado**

##### B. ETAPA DE DESHIDRATACIÓN

El agua del aceite debe ser eliminado, caso contrario reacciona con el catalizador, especialmente si hay un exceso de catalizador, y puede que la mezcla se convierta en gelatina.

### C. DETERMINACIÓN DE PUREZA DE REACTIVOS

Para la obtención del biodiesel se utiliza como reactivo KOH (Hidróxido de potasio al 90% de pureza), como el KOH tiene la propiedad de absorber la humedad del ambiente es necesario realizar un análisis de pureza antes de realizar la titulación del aceite.

Datos:

$$P_{1KPH} = 0,1700g \Rightarrow V_1 = 17,90ml$$

$$P_{KOH} = 0,2921g$$

$$1mol\ KOH = 56g$$

Donde:

$P_{1KPH}$  = Peso de Ftalato ácido de potasio

$V_1$  = Solución de hidróxido de potasio

$P_{KOH}$  = Peso del hidróxido de potasio

$$C_1(\text{PUREZA}) = \frac{P_{1KPH}}{V_1} \times \frac{1mol_{KOH}}{204,22g_{KPH}} \times \frac{56g}{1mol_{KOH}} \times \frac{10000}{P_{KOH}}$$

$$C_1 = \frac{0,1700g_{KPH}}{17,90ml} \times \frac{1mol_{KOH}}{204,22g_{KPH}} \times \frac{56g}{1mol_{KOH}} \times \frac{10000}{0,2921g_{KOH}}$$

$$C_1 = 89,15$$

Con la pureza del 89.15% y según la tabla 1, corresponde añadir 5.5gr de hidróxido de potasio por cada litro de aceite nuevo.

**Tabla 1: Ajuste de la cantidad básica del catalizador según su pureza**

	Pureza	Gramos	Aproximado
KOH	100%	4.872g	4,9g
KOH	92%	5,336g	5,3g
KOH	90%	5,454g	5,5g
KOH	85%	5,775g	5,8g

Fuente: Investigadores

### D. TITULACIÓN DEL ACEITE Y PREPARACIÓN DEL METOXIDO

Al procesar aceite usado es esencial valorar el aceite para determinar la cantidad de ácidos grasos libres que

contiene y calcular cuánto catalizador hace falta para neutralizarlos.

- Cantidad básica: 5,5gr de KOH (5,454gr)
- Resultado de la valoración: 2 ml
- Hay que sumar: 2 gr de KOH

Total: son necesarios 7,5gr (7,454gr) de KOH al 90% de pureza por cada litro de aceite usado de cocina.

Se dispone de 45 litros de aceite usado, para los cuales sería necesario 337,5gr (335,43gr) de KOH.

Para determinar la cantidad de metanol a usarse se considera el 20% del volumen de aceite, lo cual es 9 litros de metanol.



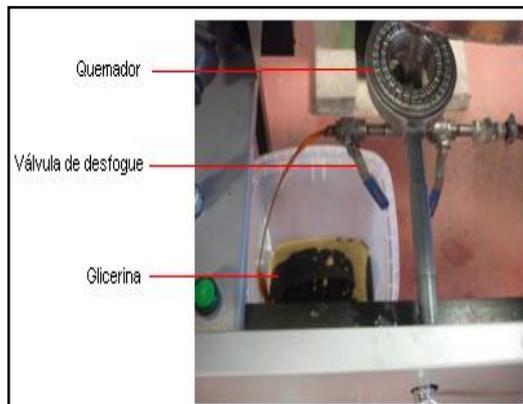
Fuente: Investigadores

**Figura 9. Preparación del metóxido**

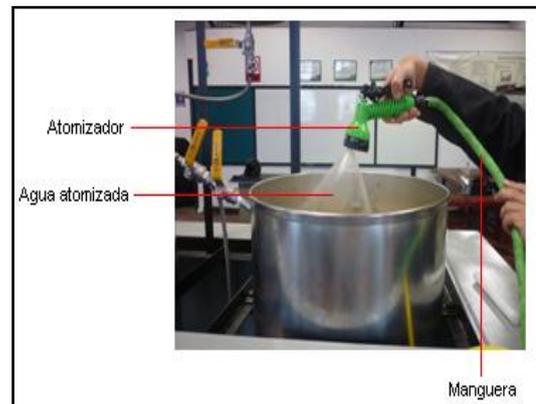
### E. ETAPA DE REACCIÓN

En la etapa de reacción se calienta el aceite a una temperatura promedio de 55-60 °C y se abre la válvula para que ingrese el metóxido para dar paso al proceso de transesterificación donde se forma glicerina y biodiesel.

Mientras se saca la glicerina el flujo es uniforme y este cambia al momento en que empieza a salir el biodiesel, la cantidad de glicerina obtenida fue de 4lt.



**Fuente:** Investigadores  
**Figura 9. Drenaje de la glicerina**



**Fuente:** Investigadores  
**Figura 10. Lavado del biodiesel con un atomizador**

#### F. ETAPA DE LAVADO

Existen dos formas recomendadas para el lavado del biodiesel, mediante niebla y mediante un lavado de burbujas.

- **Lavado por niebla.-** consiste en colocar un atomizador en una manguera para que al momento de regar el agua salga en pequeñas partículas y así logramos no agitar el biodiesel.

Si el biodiesel se agita con fuerza mientras se riega el agua se produce una emulsificación del agua y luego se vuelve dificultosa la separación del agua.

- **Lavado por burbujas.-** mediante una bomba de acuario, lo que hacemos es colocar directamente el agua y después encender la bomba de acuario, lo que esto nos permite es elevar burbujas de agua y mientras descenden van arrastrando las impurezas al fondo.

La cantidad de biodiesel obtenido fue en relación 9:8; es decir, por cada 45lt de aceite se obtuvo 40 lt de biodiesel.

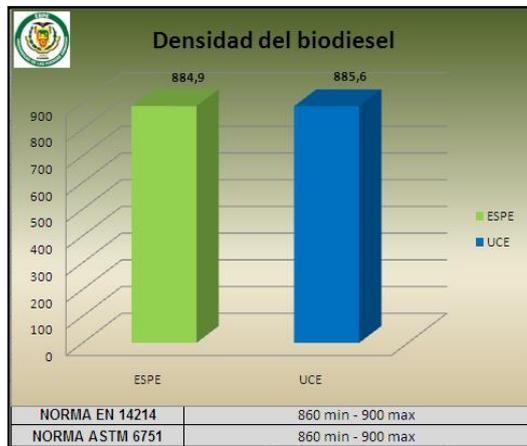
El biodiesel producido no debe permanecer almacenado por largos periodos de tiempo, porque al lavarlo con burbujas se acelera su oxidación.

#### V. PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL

Dentro del análisis de caracterización se realizó pruebas físico – químicas al biodiesel para comparar los resultados, con las normas EN14214 y ASTM 6751. Las pruebas fueron realizadas en La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y en la Universidad Central del Ecuador.

##### DENSIDAD

El ensayo se efectuó a 15<sup>0</sup>C tal como indican las dos normas, con resultados de 885.6 kg/m<sup>3</sup> y 884.9kg/m<sup>3</sup>, los mismos que si están entre los límites mínimo y máximo establecidos.



Fuente: Investigadores  
**Figura 11. Análisis de la densidad del biodiesel**

#### PODER CALORÍFICO

Si bien las normas de calidad no establecen un requerimiento en cuanto al poder calorífico del biodiesel, se considera este un parámetro muy importante en cuanto a la ignición del combustible. El resultado obtenido es de 41,043 MJ/kg y se encuentra dentro del valor promedio de poder calorífico que oscila entre 39.5 y 42 MJ/kg, dependiendo de la materia prima utilizada para su producción.

Para determinar el poder calorífico se aplicó la siguiente fórmula:

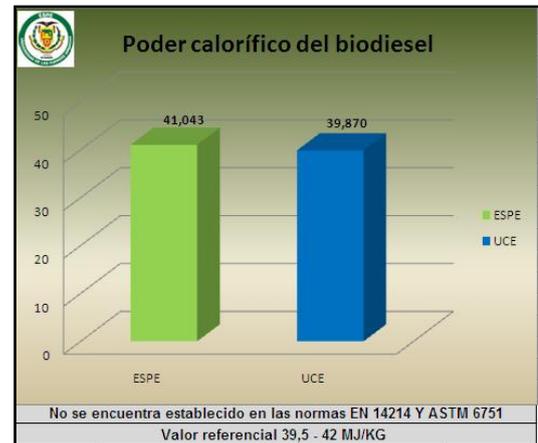
$$H_g = \frac{(t * w) - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

Dónde:

- $H_g$  = poder calorífico de biodiesel
- $w$  = energía equivalente del calorímetro igual a 2456.102 cal/oC
- $m$  = masa de la muestra de biodiesel 0.999 gr
- $e_1$  = corrección de calorías para el calor de formación de ácido nítrico

$e_2$  = corrección de calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico

$$H_g = 41.043 \frac{MJ}{kg}$$



Fuente: Investigadores  
**Figura 12. Análisis de poder calorífico del biodiesel**

#### PUNTO DE INFLAMACIÓN

Tanto la norma Europea como Americana establecen un punto de inflamación de 120°C y 130°C como mínimo respectivamente, al haber obtenido un valor de 259.2°C, se considera excelente por motivos de seguridad.

#### VISCOSIDAD CINEMÁTICA

Este ensayo se lo ha realizado a 40°C tal como indica ambas normas. El resultado inicial es de 5.95 centistokes y el resultado final 5.76 centistokes, en ambos casos cumplen la especificación de la norma Estadunidense pero no la especificación de la norma Europea; sin embargo considerando que la materia prima para producir biodiesel, es aceite vegetal de frituras, se considera como admisible.

**Tabla2: Resultados de pruebas de caracterización**

ENSAYO	UNIDAD	BIODIESEL	BIODIESEL	NORMA	NORMA
		INICIAL (ESPE)	FINAL (UCE)	EN 14214	ASTM 6751
Densidad a 15°C	Kg/m <sup>3</sup>	885.6	884.9	860min – 900max	860min – 900max
Poder calórico	MJ/Kg	41.043	39.870	-	-
Punto de inflamación	°C	165	259.2	Mínimo 120	Mínimo 130
Viscosidad cinemática 40°C	cSt	5.95	5.76	3.5min – 5max	1.9min – 6max

**Fuente:** Investigadores

Una vez realizado el análisis de los ensayos, se puede decir que los resultados iniciales son muy buenos y cumplen con las normas, y los resultados finales certifican la veracidad de los resultados iniciales e incluso son mejores, razón por la cual se puede dar uso de este tipo de biocombustible en vehículos con motor a diesel.

## VI. PRUEBAS MECÁNICAS

Las pruebas de rendimiento son mediciones de torque y potencia con diferentes porcentajes de diesel y biodiesel, las cuales se realizaron en una camioneta Chevrolet 2.5 TD que dispone de las siguientes especificaciones para la investigación.

**Tabla 3: Especificaciones Chevrolet motor 2.5 TD**

Motor	2.5 TD Cabina simple 4x2
Alimentación	Bomba de inyección directa de alta presión
Relación de compresión	18.5
Desplazamiento (c.c)	2.499
Diámetro de giro (m)	5.9
Diámetro x Carrera	93 x 92
Dirección	Dirección hidráulica de piñón y cremallera
Nº de cilindros	4 en línea

**Fuente:** Investigadores

El equipo que determina la potencia (KW) y torque (Nm) es el dinamómetro hidráulico de rodillos, el cual gráfica y permite comparar curvas de varias mediciones mediante una interface con la PC.



**Fuente:** Investigadores

**Figura 13. Dinamómetro de rodillos**

Los pasos para introducir las mezclas en el sistema de combustible son las siguientes:

- Desconectar la manguera de entrada del filtro de combustible.
- Desconectar el retorno de combustible.
- Conectar las mangueras del tanque de combustible externo respectivamente.



**Fuente:** Investigadores

**Figura 14. Conexión al vehículo**

## POTENCIA Y TORQUE

Para cada mezcla se efectuó cuatro pruebas en el vehículo que se las distingue por diferentes colores en la gráfica, la curva de potencia es de color más intenso mientras que la curva de torque es del mismo color pero más opaco.

La tabla 4 presenta los mejores resultados de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes, esta permite encontrar la mezcla ideal respecto a los resultados alcanzados con 100% diesel.

**Tabla 4: Pruebas de torque y potencia con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes**

Tiempo	BIO DIESEL 5%		BIO DIESEL 10%		BIO DIESEL 15%		BIO DIESEL 20%		BIO DIESEL 50%		DIESEL 100%	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	22,68	0,90	3,16	0,09	8,18	0,26	7,00	0,21	5,52	0,17	6,31	0,18
2	64,39	2,50	84,26	9,23	38,16	1,47	29,48	1,33	42,60	2,50	44,76	2,83
4	149,18	9,77	150,17	18,61	109,64	7,64	45,85	2,32	6,85	4,96	72,47	6,00
6	269,67	38,99	215,49	32,88	204,20	25,83	84,80	7,10	130,15	8,71	123,35	12,85
8	333,66	54,20	299,23	48,76	233,09	29,49	131,73	14,23	255,97	36,91	297,97	33,92
10	533,84	97,43	533,51	96,90	369,26	57,22	234,77	20,44	297,08	42,57	357,52	55,55
12	276,28	50,72	296,59	58,03	454,55	74,46	323,61	48,38	424,77	68,34	458,49	76,30
14	251,73	48,52	280,42	55,42	499,31	84,86	432,26	69,04	478,21	80,70	495,76	86,18
16	279,73	54,41	284,66	55,99	514,89	88,59	473,38	77,61	501,38	87,03	514,89	91,98
18	247,39	50,12	285,15	55,18	518,83	89,36	488,76	81,32	512,92	90,32	524,26	94,98
20	267,50	47,43	279,43	54,45	518,14	88,88	496,45	83,35	518,24	91,96	528,89	96,55
22	266,22	51,68	277,26	5,09	521,89	90,42	501,28	84,80	521,30	93,12	530,67	97,34
24	263,46	39,26	270,07	52,48	523,07	90,78	505,23	85,68	523,96	94,09	532,34	97,99
26	253,70	51,53	270,56	51,68	531,75	93,71	510,45	87,85	525,34	94,32	533,23	98,26
28	278,00	53,89	265,23	50,88	532,93	94,15	520,51	91,03	526,52	94,80	533,53	98,59
30	255,28	51,24	259,90	50,08	533,33	93,99	524,85	92,43	527,51	95,47	534,51	98,94
32	251,92	50,69	254,57	49,28	532,44	93,89	527,12	92,96	528,30	95,86	534,91	99,25
34	285,64	53,90	249,24	48,48	531,06	93,46	528,10	93,32	528,99	96,16	534,81	99,25
36	283,97	53,29	243,91	47,68	451,49	49,37	527,71	93,20	529,19	96,18	534,81	99,27
38	269,77	53,35	238,58	46,88	371,92	58,69	528,00	93,24	529,19	96,48	249,56	13,39
40	271,74	54,69	233,25	46,08	292,35	42,84	526,72	91,41	303,20	20,67	156,32	10,54

Fuente: Investigadores

En la figura 15 se distingue mejor el rendimiento de las curvas de potencia y torque para las combinaciones de 5%, 10%, y 15% biodiesel, cuya variación respecto a la curva de 100% diesel es mínima mientras que para las combinaciones de 20% y 50% cambia considerablemente.



Fuente: Investigadores

**Figura 15. Pruebas de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes**

Una vez realizadas las pruebas se dispone de una tabla estadística con valores de torque y potencia para cada mezcla

**Tabla 5: Cuadro estadístico de torque y potencia**

VALORES	5% BIODIESEL		10% BIODIESEL		15% BIODIESEL		20% BIODIESEL		50% BIODIESEL		100% DIESEL	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
VALOR MÁXIMO PRUEBA 1	501,78	89,63	532,66	96,30	527,90	92,75	526,10	92,32	486,89	80,19	533,33	99,01
VALOR MÁXIMO PRUEBA 2	533,84	97,43	463,58	81,90	469,63	76,12	494,38	82,00	498,13	83,41	501,78	86,71
VALOR MÁXIMO PRUEBA 3	533,13	92,56	531,24	95,95	522,09	90,52	511,44	87,43	521,89	92,00	522,58	96,09
VALOR MÁXIMO PRUEBA 4	529,58	96,09	533,51	96,90	533,33	94,15	528,10	93,32	529,19	96,48	534,91	99,27
VALOR MÍNIMO TOTAL	501,78	89,63	463,18	81,90	469,63	76,12	494,38	82,00	486,89	80,19	478,90	86,71
VALOR MÁXIMO TOTAL	533,84	97,43	533,51	96,90	533,33	94,15	528,10	93,32	529,19	96,48	534,91	99,27
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	15,32	3,53	34,46	7,25	29,43	8,31	15,63	5,19	19,84	7,53	15,26	5,89
FRECUENCIA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
MEDIANA	531,36	94,33	531,95	96,13	525,00	91,64	518,77	89,88	510,01	87,71	527,96	97,55
MODA												501,78
PROMEDIO	524,58	93,93	515,25	92,76	513,24	88,39	515,01	88,77	509,03	88,02	523,15	95,27
PORCENTAJE DE VARIACIÓN EN RELACION AL DIESEL	-0,20	-1,85	-0,26	-2,39	-0,30	-5,16	-1,27	-5,99	-1,07	-2,81		

Fuente: Investigadores

Según la tabla 5, la mezcla ideal es 5% biodiesel y 95% de diesel, con una menor pérdida en potencia de 1.85% y en torque de 0.20% respecto a los datos con 100% diesel.

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Se determina el consumo de combustible mediante el siguiente cálculo:

- Consumo másico de combustible.  
 $Mc = (Pf)/(Q1 * \eta t)$

Donde:

$Mc$  = consumo másico de combustible  
 $Pf$  = potencia al freno (potencia final 100% diesel)  
 $Q1$  = poder calorífico del combustible (diésel = 45.96MJ/Kg)  
 $\eta t$  = rendimiento térmico  
 $mc = (99.27 \text{ KJ/s})/(45960 \text{ KJ/Kg} * 0.22)$   
 $mc = 35.34 \text{ Kg/h}$

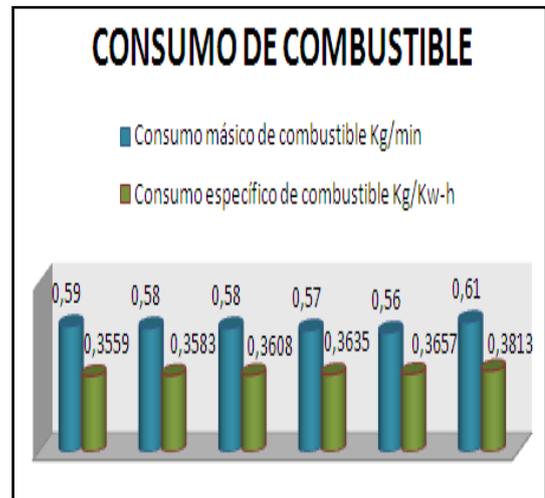
- Consumo específico de combustible  
 $CEC = mc/Pf$

Donde:

$CEC$  = consumo específico de combustible  
 $mc$  = consumo másico de combustible  
 $Pf$  = potencia al freno (Potencia final 100% diesel)

$$CEC = (35.34 \text{ Kg/h})/99.27\text{Kw}$$
$$CEC = 0.35 \text{ kg/(Kw-h)}$$

En lo que respecta al consumo de combustible se establece que en el motor a diesel a través de la verificación de consumo de combustible tiene una buena economía de consumo ya que rinde más potencia por hora de acuerdo a la masa de combustible consumido.

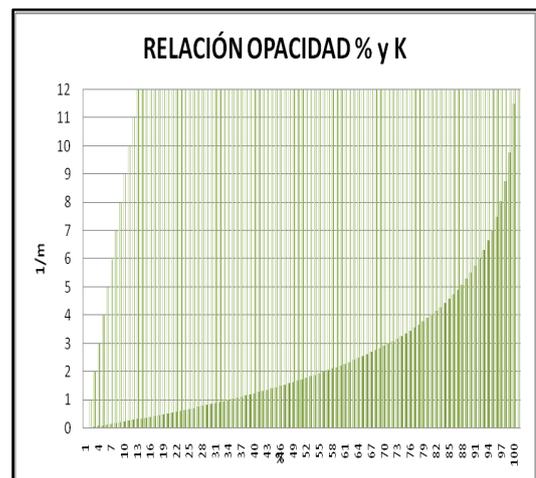


Fuente: Investigadores

Figura 16. Consumo de combustible en diferentes porcentajes

## OPACIDAD

El Opacímetro BRAIN BEE determina el coeficiente de absorción luminosa ( $k$ ) de los gases de escape en los motores diesel y deberá ser transformado a porcentaje de opacidad mediante la siguiente gráfica.



Fuente: Investigadores

Figura 17. Gráfica de relación de opacidad y coeficiente de absorción luminosa

Al igual que en las pruebas de rendimiento, se realizan las mezclas a los porcentajes (5%,10%, 15%, 20%, 50% biodiesel y 100% diesel), posterior se realizan cuatro pruebas para cada mezcla y mediante un cuadro comparativo se selecciona los mejores resultados.

TEST OFICIAL - IMPRESIÓN RESULTADOS		PARA SALIR	ESC
<b>VALORES RELEVADOS</b>			
TEMPERATURA MOTOR	:	0#	[°C]
VALOR OPACIDAD ACELERADA 1	:	K = 0.26	[m <sup>-1</sup> ]
VALOR OPACIDAD ACELERADA 2	:	K = 0.41	[m <sup>-1</sup> ]
VALOR OPACIDAD ACELERADA 3	:	K = 0.55	[m <sup>-1</sup> ]
VALOR MEDIO OPACIDAD	:	K = 0.4	[m <sup>-1</sup> ]
RESULTADO DE LA PRUEBA :	POSITIVO		
TÉCNICO RESP. :	TUNALA / AVILA		

Fuente: Investigadores

Figura 18. Valores de opacidad con 20% de biodiesel

Tabla 6: Opacidad en las diferentes mezclas

MEZCLA	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE LUZ K (m <sup>-1</sup> )	OPACIDAD EN %	DISMINUCIÓN DE OPACIDAD RESPECTO AL DIESEL	% DE DISMINUCIÓN DE OPACIDAD
Diesel	0,74	26	-	-
B5	0,71	24	0.03	4.0%
B10	0,65	23	0.09	12.16%
B15	0,54	19	0.20	27.02%
B20	0,4	14	0.34	45.94%
B50	0,7	24	0.04	5.40%

Fuente: Investigadores

Analizando la tabla 6 se determina que en la mezcla de 20% biodiesel la disminución de opacidad es mayor con 0.34 m<sup>-1</sup> que equivale al 45,94% con respecto a la opacidad producida por la combustión del diesel.

## VII. SEGURIDAD EN LA OBTENCIÓN DEL BIODIESEL

La protección personal siempre es importante antes de empezar a realizar cualquier trabajo y este caso no es la excepción, la producción de biodiesel contrae algunos riesgos, pero con el cuidado correcto todo saldrá bien.

Ponerse guantes adecuados, delantal y gafas protectoras, y no respirar los gases. El metanol puede causar ceguera y la muerte; no debes beberlo por ningún motivo, además que es absorbido por la piel. El hidróxido de potasio puede causar quemaduras graves y la muerte. Cuando se mezclan estas dos sustancias forman metóxido de potasio, que es extremadamente caustico (corrosivo). Son productos peligrosos, trátalos con cuidado.

Los guantes deben ser resistentes a los productos químicos y largos para que cubran las mangas y así los brazos queden totalmente protegidos. No sirve cualquier guante. Tener siempre agua corriente cerca cuando se manipulen estos productos. El lugar de trabajo debe estar muy bien ventilado. No puede haber cerca personas ajenas al proceso.



Fuente: Grupo de investigación  
Figura 19. Elementos de seguridad

## VIII. CONCLUSIONES

- *La cantidad promedio de aceite desechado por los locales encuestados es de 280lt al día, con esta cantidad alcanza para producir 6 procesos con una obtención de 240lt de biodiesel.*
- *Se diseñó y construyó un bioreactor para producir biodiesel a partir de aceite vegetal de frituras, con una capacidad diaria para producir 40lt de biodiesel de excelente calidad.*
- *Se dio tratamiento al aceite vegetal usado mediante proceso de transesterificación básica para convertirlo en biocombustible de excelente calidad.*
- *Los análisis de caracterización tanto del diesel como del biodiesel realizados en la Universidad Central del Ecuador, pasaron las normativas internacionales EN14214 y ASTM 6751.*
- *En las mediciones realizadas de rendimiento se determinó que la mezcla ideal es al 5% biodiesel, presentando una disminución mínima de 0.2% en torque y de 1.85% en potencia, esto respecto al diesel.*
- *Se estable que el motor diesel a través de la verificación del consumo específico de combustible tiene una buena economía al trabajar con la mezcla de 5% biodiesel.*
- *Con respecto a la opacidad la mezcla 20% biodiesel presenta la mayor disminución con 45.94%*

*respecto a la opacidad del diesel comercializado en el país.*

- *El precio de producción de 1lt de biodiesel es de 0.94 ctvs. de dólar; comparado con el precio del diesel*
- *es casi el triple, por lo que no es rentable su producción, a menos que el biodiesel entre en los subsidios del país, como lo es el diesel.*

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Acosta F. (2008). Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.*
- *Benjunea P. (2009). Biodiesel: Producción, calidad y caracterización. Medellín: Universidad de Antioquia.*
- *Castro P. (2007). Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.*
- *Erazo G. (2013). Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución.*
- *Erwan B. (2010). Biodiesel: Los aspectos mecánicos en el vehículo.*
- *Tunala J. (2014). Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes porcentajes.*

## VIII. BIOGRAFÍA



*Christian Ávila, nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz presta sus servicios profesionales como Asesor en mecánica automotriz.*



*Juan Tunala nació en Quito, Ecuador, es Ingeniero Automotriz presta sus servicios como Asesor en mecánica automotriz.*



*Germán Erazo, nació en Latacunga, Ecuador, es Ingeniero Automotriz, Ingeniero Industrial posee estudios de Posgrado en Autotrónica, Gerencia de Marketing, Gerencia de Proyectos, Diseño Curricular, Energías Renovables, Administración de Empresas y Magister en Gestión de Energías. Docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE desde 1993. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica y electrónica automotriz*



*Luis Mena, nació en Ambato, Ecuador, es Ingeniero Automotriz, sus estudios universitarios los realizó en la EX-URSS Universidad "Amistad de Los Pueblos" de MOSCÚ, Facultad de Termodinámica y Motores Térmicos, Docente tiempo completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 1989, Imparte servicios de asesoramiento capacitación en Diseño Construcción y Mantenimiento en Motores de Combustión Interna Diesel- Gasolina.*



*Román Rodríguez, nació en Ambato, Ecuador, es Doctor en Ciencias Naturales (Dr. rer. nat.) (Ph.D.). Departamento de Química Analítica Instrumental, Universidad Duisburg – Essen. Duisburg - Alemania. Tesis: "New method for determination of  $\beta$ -lactam antibiotics by means of diffuse reflectance spectroscopy using polyurethane foam as sorbent". Docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en La Facultad de Energía y Mecánica carrera de Ingeniería en Petroquímica*

### **Registro de la publicación**

**Fecha recepción: 01/04/2014**

**Fecha aceptación: 21/04/2014**

**Revisado por: Ing. Germán Erazo**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
EXTENSIÓN LATACUNGA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Ávila Calderón Christian Andrés y Tunala Moreta Juan Carlos bajo mi supervisión.

.....  
ING. GERMÁN ERAZO  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

.....  
ING. LUIS MENA  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

.....  
ING. JUAN CASTRO  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**

.....  
DR. FREDDY JARAMILLO CHECA  
**SECRETARIO ACADÉMICO**