



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“OBTENCIÓN DE ACEITE LUBRICANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE BANANO”

**ALBÁN SÁNCHEZ DIEGO ISRAEL
DEL ROSARIO VALAREZO LUIS JACINTO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-11-29

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALBÁN SÁNCHEZ DIEGO ISRAEL

Titulada:

**“OBTENCIÓN DE ACEITE LUBRICANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE
BANANO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Raúl Cabrera Escobar
DIRECTOR DE TESIS

Dra. Cumandá Barrera Beltrán
ASESORA DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012-11-29

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

DEL ROSARIO VALAREZO LUIS JACINTO

Titulada:

**“OBTENCIÓN DE ACEITE LUBRICANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE
BANANO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Raúl Cabrera Escobar
DIRECTOR DE TESIS

Dra. Cumandá Barrera Beltrán
ASESORA DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DIEGO ISRAEL ALBÁN SÁNCHEZ

TÍTULO DE LA TESIS: “OBTENCIÓN DE LUBRICANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE BANANO”

Fecha de Examinación: 2013-12-11

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Raúl Cabrera Escobar DIRECTOR DE TESIS			
Dra. Cumandá Barrera Beltrán ASESORA			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LUIS JACINTO DEL ROSARIO VALAREZO

TÍTULO DE LA TESIS: “OBTENCIÓN DE LUBRICANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE BANANO”

Fecha de Examinación: 2013-12-11

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Raúl Cabrera Escobar DIRECTOR DE TESIS			
Dra. Cumandá Barrera Beltrán ASESORA			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Diego Israel Albán Sánchez

Luis Jacinto Del Rosario Valarezo

DEDICATORIA

A mis padres con todo mi cariño y mi amor que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A toda mi familia, que siempre estuvieron para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado.

A mis amigos por su enorme apoyo y su inigualable amistad.

Luis Del Rosario Valarezo

A mi familia que me ha dado apoyo en todo el transcurso de mis años como estudiante, mis amigos, compañeros y personas que me han apoyado de una u otra manera para culminar con éxito una etapa muy grata de mi vida.

Diego Albán Sánchez

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Agradecimiento permanente a los docentes, en particular al Ing. Raúl Cabrera Escobar y Dra. Cumandá Barrera, por su importante contribución y asistencia en el desarrollo de la presente tesis.

Diego Albán Sánchez

Luis Del Rosario Valarezo

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	- 1 -
1.2 Justificación	- 2 -
1.3 Objetivos	- 3 -
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	- 3 -
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	- 3 -
2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE BANANO E IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS PARA OBTENCIÓN DE ACEITE LUBRICANTE	
2.1 Estructura física de la planta de banano	- 4 -
2.1.1 <i>Características del raquis, hojas, cáscara y fruto del banano</i>	- 5 -
2.1.1.1 <i>Composición química del raquis del banano</i>	- 6 -
2.1.1.2 <i>Composición química de las hojas del banano</i>	- 6 -
2.1.1.3 <i>Composición química de la cáscara del banano</i>	7
2.1.1.4 <i>Composición química del fruto del banano</i>	- 7 -
2.2 Lubricantes	- 7 -
2.2.1 <i>Función de los lubricantes</i>	- 8 -
2.2.2 <i>Composición de un lubricante</i>	- 8 -
2.2.2.1 <i>Lubricante mineral</i>	- 8 -
2.2.2.2 <i>Lubricante sintético</i>	- 9 -
2.2.3 <i>Identificación de las características más relevantes de los aceites lubricantes</i>	- 10 -
2.2.3.1 <i>Viscosidad</i>	- 10 -
2.2.3.2 <i>Índice de viscosidad</i>	- 11 -
2.2.3.3 <i>Untuosidad</i>	- 11 -
2.2.3.4 <i>Densidad</i>	- 12 -
2.2.3.5 <i>Punto de fluidez y congelación</i>	- 12 -
2.2.3.6 <i>Punto de inflamación</i>	- 12 -
2.2.3.7 <i>Punto de combustión</i>	- 13 -
2.2.3.8 <i>Coloración</i>	- 13 -
2.2.3.9 <i>Acidez</i>	- 13 -
2.2.3.10 <i>Porcentaje de cenizas</i>	- 13 -
2.2.3.11 <i>Demulsibilidad</i>	- 13 -
2.3 Tipos de Lubricantes	- 13 -
2.3.1 <i>Normas SAE</i>	- 13 -
2.3.2 <i>Normas API</i>	- 15 -
2.4 Aditivos	- 17 -
2.4.1 <i>Aditivos anticorrosivos y antioxidantes</i>	- 17 -
2.4.2 <i>Aditivos detergentes – dispersantes</i>	- 18 -
2.4.3 <i>Aditivos mejoradores del índice de viscosidad</i>	- 18 -
2.4.4 <i>Rebajadores del punto de fluidez y congelación</i>	- 18 -
2.4.5 <i>Aditivos antiespumante</i>	- 19 -
2.4.6 <i>Aditivos de extrema presión</i>	- 19 -
2.4.7 <i>Aditivos mejoradores de untuosidad</i>	- 19 -
2.5 Procesos desarrollados para la extracción de los aceites lubricantes de los residuos de la planta de banano	- 20 -
2.6 Selección del proceso de extracción del aceite lubricante de los residuos de la planta de banano	- 21 -
2.7 Materiales y equipo.....	- 22 -
2.7.1 <i>Materiales de laboratorio</i>	- 22 -
2.7.2 <i>Equipos de laboratorio</i>	- 23 -
2.8 Reactivos	- 23 -

3.	OBTENCIÓN DE ACEITE DE BANANO Y CARACTERIZACIÓN	
3.1	Selección, separación y extracción de los distintos residuos de banano	- 24 -
3.1.1	<i>Selección</i>	- 24 -
3.1.2	<i>Separación</i>	- 24 -
3.1.3	<i>Extracción</i>	- 27 -
3.2	Obtención del aceite de los distintos residuos de Banano.....	- 29 -
3.2.1	<i>Procedimiento soxhlet.</i>	- 29 -
3.3	Análisis y comparación de las propiedades físico-químicas de los diferentes aceites obtenidos	- 30 -
3.3.1	<i>Análisis de humedad</i>	- 30 -
3.3.1.1	<i>Método por pérdida de peso con estufa</i>	- 32 -
3.3.2	<i>Análisis de grasa</i>	- 34 -
3.3.3	<i>Características físico – químicas</i>	- 36 -
3.3.3.1	<i>Densidad</i>	- 36 -
3.3.3.2	<i>Viscosidad absoluta</i>	- 37 -
3.3.3.3	<i>Viscosidad cinemática</i>	- 39 -
3.3.3.4	<i>Índice de viscosidad</i>	- 40 -
3.3.3.5	<i>Punto de inflamación</i>	- 41 -
3.3.3.6	<i>Punto de congelación</i>	- 43 -
3.3.3.7	<i>Índice de acidez</i>	- 43 -
3.3.3.8	<i>Índice de refracción</i>	- 44 -
3.3.4	<i>Identificación de las características del aceite obtenido de los residuos de banano</i>	- 45 -
3.3.5	Cantidad de aceite requerido	- 45 -
4.	PRUEBAS DEL ACEITE LUBRICANTE OBTENIDO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	
4.1	Características de aceites lubricantes comunes	- 48 -
4.1.1	<i>Aceite SAE 5W30</i>	- 48 -
4.1.2	<i>Aceite SAE 10W30</i>	- 49 -
4.1.3	<i>Aceite SAE 15W40</i>	- 49 -
4.1.4	<i>Aceite SAE 20W50</i>	- 50 -
4.2	Análisis de las similitudes y diferencias del aceite lubricante de residuo de banano con respecto a los aceites lubricantes comunes	- 50 -
4.2.1	<i>Comparación grafica de las propiedades de los aceites</i>	- 51 -
4.2.1.1	<i>Densidades</i>	- 51 -
4.2.1.2	<i>Viscosidad cinemática a 100 °C.</i>	- 52 -
4.2.1.3	<i>Viscosidad cinemática a 40 °C.</i>	- 52 -
4.2.1.4	<i>Índice de viscosidad</i>	- 53 -
4.2.1.5	<i>Punto de inflamación</i>	- 54 -
4.2.1.6	<i>Punto de escurrimiento</i>	- 54 -
4.3	Análisis de pruebas del aceite lubricante obtenido realizadas en el laboratorio.....	- 55 -
4.3.1	<i>Pruebas de oxidación</i>	- 55 -
4.3.2	<i>Pruebas de corrosión</i>	- 56 -
4.3.3	<i>Pruebas de compatibilidad química</i>	- 58 -
4.3.4	<i>Pruebas de dispersión</i>	- 59 -
4.3.5	<i>Pruebas de cizalladura</i>	- 61 -
4.3.6	<i>Pruebas de resistencia a la presión</i>	- 62 -
4.3.7	<i>Desgaste de elementos de los componentes del motor</i>	- 63 -
5.	ANÁLISIS DE COSTOS	
5.1	Costos directos	- 66 -

5.2	Costos indirectos	- 69 -
5.3	Costos totales	- 66 -

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones	- 66 -
6.2	Recomendaciones	- 69 -

BIBLIOGRAFÍAS

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Propiedades de las bases lubricantes..... - 10 -
2	Clasificación de los aceites lubricantes monógrados..... - 14 -
3	Clasificación de los aceites multigrados para motor, por su viscosidad..... - 14 -
4	Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de diésel - 15 -
5	Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de Otto..... - 16 -
6	Material empleado..... - 30 -
7	Peso de las muestras y su respectivo peso..... - 32 -
8	Peso de las muestras después del secado..... - 33 -
9	Porcentajes de humedad..... - 34 -
10	Obtención de grasa..... - 35 -
11	Porcentajes de grasa..... - 35 -
12	Pesos del balón con sus respectivas muestras..... - 37 -
13	Valores de viscosidades..... - 38 -
14	Transformación de unidades de la viscosidad absoluta..... - 39 -
15	Valores de la viscosidad cinemática..... - 39 -
16	Transformación de unidades de la viscosidad cinemática..... - 40 -
17	Valores de L y H para la ecuación de Deanny-Davis..... - 40 -
18	Características físico – químicas del aceite obtenido..... - 45 -
19	Cantidad de aceite obtenido por grasa obtenida..... - 46 -
20	Cantidad de aceite extraído..... - 46 -
21	Relación de masas..... - 47 -
22	Características del aceite 5W30..... - 49 -
23	Características del aceite 10W30..... - 49 -
24	Características del aceite 15W40..... - 50 -
25	Características del aceite 20W50..... - 50 -
26	Comparaciones de aceites..... - 51 -
27	Bases y compatibilidad..... - 59 -
28	Efecto de hollín en el motor..... - 65 -
29	Variación de la viscosidad y desgaste de partes - 10 -
30	Límite de desgaste normal..... - 14 -
31	Costos directos..... - 14 -
32	Costos indirectos..... - 14 -
33	Costos totales..... - 14 -

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Morfología de la planta de banano..... - 5 -
2	Composición de un lubricante..... 1- 17 -
3	Equipo Soxhlet..... - 22 -
4	Corte de la muestra..... - 25 -
5	Peso de funda sin muestra..... - 25 -
6	Separación de muestras..... - 26 -
7	Muestras en la estufa..... - 26 -
8	Molino de cuchillas..... - 27 -
9	Peso de las muestras de harina..... - 27 -
10	Colocación de las muestras en los dedos..... - 28 -
11	Peso de balones esterilizados..... - 28 -
12	Armado del equipo soxhlet..... - 29 -
13	Flujo experimental seguido para la extracción del aceite bruto..... - 31 -
14	Porcentaje de humedad..... - 34 -
15	Porcentaje de grasa..... - 36 -
16	Viscosímetro Stormer..... - 37 -
17	Medidor manual de punto de inflamación por copa cerrada Tag..... - 43 -
18	Refractómetro de ABBE..... - 44 -
19	Comparación de densidades de los aceites..... - 51 -
20	Comparación de viscosidades cinemáticas a 100°C de los aceites..... - 52 -
21	Comparación de viscosidades cinemáticas a 40°C de los aceites..... - 53 -
22	Comparación del índice de viscosidad de los aceites..... - 53 -
23	Comparación de punto de inflamación de los aceites..... - 54 -
24	Comparación de punto de escurrimiento de los aceites..... - 54 -
25	Máquina de 4 bolas..... - 63 -
26	Desgaste de rodamientos..... - 64 -

LISTA DE ABREVIACIONES

API	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).
ASTM	American Society For Testing Of Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
cP	Centipoise
cSt	Centistoke
C ₃ H ₆ O	Acetona
C ₆ H ₁₄	Hexano
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
IV	Índice de viscosidad
IA	Índice de acidez
KOH	Hidróxido de potasio
mPa	Mili pascales
M	Masa
ppm	Partes por millón
ρ	Densidad
P _i	Muestra inicial
P _f	Muestra final
PAO	Polialfaoleofina
PIB	Poliisobutileno
RFP	Residuos Foliare de Plátano
St	Stoke
μ	Viscosidad absoluta
ν	Viscosidad cinemática
W	Winter (invierno)

LISTA DE ANEXOS

- A** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2030:2011 (segunda revisión): Productos derivados del Petróleo. Aceites Lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de diésel.
- B** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2027:2011 (segunda revisión): Productos derivados del Petróleo. Aceites Lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de Otto.
- C** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2029:1995: Derivados del Petróleo. Bases Lubricantes para uso Automotor.
- D** Imágenes de las pruebas realizadas.

RESUMEN

El estudio de la obtención de aceite lubricante a partir de residuos de banano tiene por objetivo ampliar la utilización de aceites vegetales como alternativa a los lubricantes provenientes de petróleo, a fin de utilizarlos en funciones específicas y requeridas en motores y máquinas; abriendo paso a una nueva cultura al consumo de biolubricantes biodegradables y renovables.

Este estudio requirió de una fase de obtención e información que permitió obtener aceite de residuos de banano. En los análisis de laboratorio se realizaron comparaciones de sus propiedades físico-químicas con las de un aceite lubricante mineral; de estas comparaciones se obtuvo información acerca de las características, semejanzas y diferencias a las de un lubricante convencional. Los resultados de las especificaciones del biolubricante con el lubricante 10W30 se asemejan en densidad relativa con valores de 0,8814 y 0,86 respectivamente; viscosidad cinemática a 100°C con valores de 13,4187 y 11,3 respectivamente; y, punto de inflamación con valores de 250 y 200 respectivamente. A través del mismo análisis comparativo existen dos diferencias marcadas como: índice de viscosidad con valores de 340,189 y 140 respectivamente; punto de escurrimiento con valores de 5°C y -36°C respectivamente. Resultados que demuestran que el biolubricante requiere más ampliaciones de estudios para conseguir a futuro estados idóneos de viscosidad y punto de escurrimiento a fin de utilizar eficazmente sus propiedades como biolubricante óptimo en el campo automotriz e industrial.

Se recomienda a partir de este estudio ampliar las investigaciones de mejoramiento y aplicaciones efectivas del aceite de residuos de banano.

ABSTRACT

The study of the production of lubricating oil from waste banana aims to expand the use of vegetable oils as an alternative to lubricants from oil to use in specific functions required in engines and machinery, opening the way to a new consumer culture of biodegradable and renewable bio-lubricants.

This study required a phase of information gathering and yielded banana waste oil. In laboratory comparisons of their physical-chemical with a mineral oil lubricant properties were performed; these comparisons we obtained information about the characteristics, similarities and differences to those of a conventional lubricant. The results of the specification of the lubricant 10W30 biolubricant resemble in relative density values of 0,8814 and 0,86 respectively; kinematic viscosity at 100°C with values of 13,4187 and 11,3 respectively, and point inflammation values of 250 and 200 respectively. Through this comparative analysis are marked two differences; viscosity index values 340,189 and 140 respectively, with pour point of 5°C and -36°C respectively. Results show that the biolubricante requires more extensions for future studies states suitable viscosity and pour point in order to effectively use their properties as optimal biolubricante in the automotive and industrial field.

It is recommended from this study expanding research for improvement and effective applications of oil banana residues.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El banano pertenece a la familia de las Musáceas, son nativas del sudeste asiático, y comprende dos especies: Musa Cavendish (Bananos) y Musa paradisíaca (plátanos). Por su parte, las variedades de banano Dominico-Hartón, Hartón, Dominico y Africa1 son las más cultivadas en la Región Costa del Ecuador, ya que han demostrado buena adaptación a sus condiciones agroecológicas.

Cuando se cosecha el racimo, solo se utiliza hasta el 30% de su biomasa, quedando un 70% como residuo, que puede ser utilizado mediante proceso técnico de transformación para la obtención de diferentes productos, como obtención de papel y la obtención de aceites.

Las grandes y pequeñas procesadoras de banano generan cantidades cada vez mayores de residuos, su disposición final se realiza en botaderos de cielo abierto o como abono para las mismas plantas, dando como resultado un grave problema para la salud pública y daño a la plantación porque atrae insectos y plagas que dañan las plantaciones.

Existe mucha desinformación y falta de participación entre los cultivadores y los bananeros, para la implementación de sistemas de reciclaje y/o aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que no son utilizados para la exportación. Por esto es imprescindible que la Universidad se preocupe en fomentar el reciclaje de estos subproductos; involucrando la educación ambiental y la participación ciudadana, a fin de desarrollar tecnologías apropiadas e incentivar el tratamiento y su aprovechamiento.

La formación universitaria profesionalizante, ha permitido que podamos identificar la posibilidad de obtener un aceite lubricante de los residuos del procesamiento del banano.

Hablar de la obtención de lubricantes por parte del hombre, es remontarse a sus inicios desde la antigua Mesopotamia pasando por el Imperio Egipcio y Romano hasta

nuestros días. La obtención de lubricantes ha variado desde sus inicios, la más simple era la obtención de la grasa de los animales, hasta pequeños procesos de obtención aplicando calor, con lo que se obtenía aceites básicos de las plantas.

Las reservas de petróleo a nivel mundial se están agotando a un ritmo acelerado y los lubricantes derivan de esta materia prima, además, el impacto ambiental producido por la industria automotriz por medio de los desechos es una de las mayores causantes de contaminación a nivel mundial. En el mundo como en América Latina incluyendo a Ecuador utilizan derivados de petróleo para la obtención de lubricantes, combustibles y más productos, por lo que resulta imperiosa la necesidad de buscar alternativas que cumplan con las funciones que realizan los productos derivados del petróleo.

En la actualidad las investigaciones se dirigen hacia la determinación de nuevos procesos y nuevas fuentes para obtener lubricantes; estas investigaciones han tenido un auge muy grande en los Estados Unidos de América, pues para este país la obtención de lubricantes tiene mucha importancia en la industria automotriz. En Latinoamérica el país que más se ha empeñado en las investigaciones respecto a la obtención de los lubricantes, es Cuba, país que en la actualidad se encuentra investigando y desarrollando nuevas alternativas a los derivados del petróleo.

En nuestro país las investigaciones sobre lubricantes orgánicos tienen una falta de interés mientras los desechos producidos por la agricultura se han convertido en un gran problema de contaminación, por lo cual, en el presente trabajo proponemos la aplicación de técnicas biotecnológicas, para la utilización de un aceite lubricante alternativo que sustituya así los derivados del petróleo.

1.2 Justificación

A diario se observa que la contaminación ambiental es obra principal del hombre, generando un empobrecimiento de los recursos naturales. Por lo que es imperiosa la necesidad de buscar alternativas, con el fin tanto de preservar estos recursos como de evitar el incremento de dicha contaminación.

A nivel mundial se está buscando nuevas alternativas de biolubricante basándose en el cultivo de vegetales. Ecuador posee un gran potencial en la agroindustria, razón por la cual es factible obtener materia prima que pueda ser fuente de extracción de aceites y generar un biolubricante.

Desafortunadamente, la gestión de las distintas bananeras en la región costera del Ecuador por falta de experiencias y conocimientos de los procesos de compostaje de los residuos del banano, genera una mala utilización de dichos residuos.

Al utilizar los residuos del banano; seudo tallo, raquis, segundas y terceras de banano, y transformarlos en aceites lubricantes, se disminuiría o mitigaría la contaminación del ambiente por descomposición, y a la vez obtener aceites lubricantes alternativos.

Es por esto que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ha dado importancia a este proyecto de investigación en el cual se brinda información de una nueva alternativa donde se utilizan materiales disponibles para generar cambios ambientales, industriales y económicos; para ello la propuesta de investigación es la obtención de un biolubricante que cuente con las características necesarias para mejorar la calidad del ambiente.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Obtener aceite lubricante a partir de residuos de banano.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Caracterizar los residuos de banano.

Identificar los procesos para obtención de aceite lubricante.

Definir el proceso para obtener aceite de banano.

Identificar las características más relevantes de aceite lubricante de banano.

Identificar las características más relevantes de los lubricantes comunes.

Probar el aceite lubricante de los residuos del banano en un motor de combustión interna.

CAPÍTULO II

2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE BANANO E IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS PARA OBTENCIÓN DE ACEITE LUBRICANTE

2.1 Estructura física de la planta de banano

La planta del banano no es un árbol, sino una hierba perenne de gran tamaño que carece de verdadero tronco. En su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras verticales de hasta 30 cm de diámetro basal que no son leñosas, y alcanzan los 7 m de altura.

Las hojas de banana se cuentan entre las más grandes del reino vegetal; son de color verde o amarillo verdoso claro, con los márgenes lisos y las nervaduras pinnadas. Las hojas tienden a romperse espontáneamente a lo largo de las nervaduras, dándoles un aspecto desaliñado. Cada planta tiene normalmente entre 5 y 15 hojas, siendo 10 el mínimo para considerarla madura. Son lisas, tiernas, oblongas, con el ápice trunco y la base redonda o ligeramente cordiforme, verdes por el haz y más claras.

El elemento perenne es el rizoma, superficial o subterráneo, a partir de los cuales nacen entre 200 y 500 raíces fibrosas, que pueden alcanzar una profundidad de 1,5 m y cubrir 5 m de superficie. Del rizoma también brotan vástagos o "chupones" que reemplazan al tallo principal después de florecer y morir ésta.

Unos 10 a 15 meses después del nacimiento del pseudotallo, cuando éste ya ha dado entre 15 y 25 hojas, nace directamente a partir del rizoma una inflorescencia que emerge del centro de los pseudotallos en posición vertical; semeja un enorme capullo púrpura o violáceo que se afina hacia el extremo distal. Al abrirse, revela una estructura en forma de espiga, sobre cuyo tallo axial se disponen en espiral hileras dobles de flores, agrupadas en racimos de 10 a 20 que están protegidos por brácteas gruesas y carnosas de color purpúreo. El enorme peso de las flores hace que el tallo floral se incline hacia el suelo en poco tiempo; a su vez, el fototropismo de las flores hace que se dirijan en su crecimiento hacia arriba. Dando luego a la formación del cacho de bananas.

El fruto, la parte comestible, tiene forma alargada o ligeramente curvada, de 100-200 g de peso. La piel es gruesa, de color amarillo y fácil de pelar, y la pulpa es blanca o amarillenta y carnosa. La pulpa es rica en almidón y su sabor es dulce, intenso y perfumado.

El nombre científico *Musa × paradisiaca* (o *Musa paradisiaca*) y los nombres comunes plátano, banana, banano, cambur, topocho y guineo hacen referencia a un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*.

Figura 1. Morfología de la planta de banano



Fuente:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0d/Musa_paradisiaca_Blanco1.88.png/250px-Musa_paradisiaca_Blanco1.88.png

2.1.1 Características del raquis, hojas, cáscara y fruto del banano

Hojas. Las hojas de banana se cuentan entre las más grandes del reino vegetal; son de color verde o amarillo verdoso claro, con los márgenes lisos y las nervaduras pinnadas. Las hojas tienden a romperse espontáneamente a lo largo de las nervaduras, dándoles un aspecto desaliñado. Cada planta tiene normalmente entre 5 y 15 hojas, siendo 10 el mínimo para considerarla madura. Son lisas, tiernas, oblongas, con el ápice trunco y la base redonda o ligeramente cordiforme, verdes por el haz y más claras.

Raquis. El raquis del racimo del banano (es la parte que sostiene el manojó de los frutos) localmente conocido como pinzote, es otro sobre producto de la cosecha del banano. Se compara con los pastos tropicales.

Fruto del banano. El fruto, la parte comestible, tiene forma alargada o ligeramente curvada, de 100-200 g de peso. La piel es gruesa, de color amarillo y fácil de pelar, y la pulpa es blanca o amarillenta y carnosa. La pulpa es rica en almidón y su sabor es dulce, intenso y perfumado.

Cáscara del banano. La cáscara del banano verde tiene un contenido muy alto de taninos, que confieren un sabor astringentes a la fruta y limitan digestibilidad. Sin embargo conforme avanza la maduración de la fruta, los taninos se transforman y se pierde el sabor astringente.

2.1.1.1 *Composición química del raquis del banano.* El raquis tiene una composición química superior a la de la pulpa y la cáscara en todos sus componentes menos en almidón, lo que permite pensar que es un producto comestible portador de fibra, vitamina y minerales.

Para iniciar el estudio, el raquis se ha convertido en harina, para lo cual se ha retirado su parte externa, tajándolo finamente y secándolo a 60° C por 24 h; la harina de este proceso se analizó químicamente y se mezcló con harina de trigo, azúcar y esencias de frutas y agua. La mezcla convertida en hojuelas se analizó químicamente y se sometió a prueba de degustación. Al comparar la composición química de la harina de raquis con las hojuelas y con los productos comerciales se lograron resultados similares.

2.1.1.2 *Composición química de las hojas del banano.* Se estudió la composición química y el contenido de energía en muestras representativas de seis lotes de residuos foliares de plátano (*Musa paradisíaca*) molidos y secados. Los residuos foliares de plátano (RFP) correspondieron al tercio superior del pseudotallo y las hojas. El contenido de nutrientes fue: cenizas, 12.79; extracto etéreo, 1.56; alfa-amino, 1.26; fibra bruta, 42.24; fibra detergente ácida, 40.64; fibra detergente neutra, 68.57; fibra dietética total, 71.08; fibra dietética insoluble, 67.79; lignina detergente, 6.05% en base seca respectivamente. El contenido de lisina, aminoácidos azufrados y treonina fue 3.50, 2.43 y 3.49 g/16 g respectivamente. Se sugiere que la harina RFP puede ser una fuente de pared celular vegetal proveedora de energía por la vía fermentativa en la nutrición del cerdo. El residuo contiene niveles altos de pigmentos que se pueden utilizar en diversas industrias.

2.1.1.3 Composición química de la cáscara del banano. La cáscara del banano transforma al alrededor del 90% de su almidón de azúcares aproximadamente 12 días después de su cosecha; de un contenido de hasta 14,6% de azúcares en base seca ha sido encontrado. El contenido de la fibra en la cascara es el 13% en base seca. Los principales componentes de la cascara son: celulosa (25%), hemicelulosa (15%) y lignina (60%).

2.1.1.4 Composición química del fruto del banano. Consta de una composición química: misistato de isopropilo (4.7%); metil 14-metilpentadecanoato (3%); palmitato de isopropilo (2.4%); metil 9,12-octadecadienoato (2.6%); metil 9,12,16-octadecatrienoato (2.1%), ácido linoleico (6.2%); etil linoleato (7.4%); trietilamina (5.7%), además de grasas y aceites.

2.2 Lubricantes

Un lubricante es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma asimismo una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

Una segunda definición es que el lubricante es una sustancia (gaseosa, líquida o sólida) que reemplaza una fricción entre dos piezas en movimiento relativo por la fricción interna de sus moléculas, que es mucho menor.

Existen distintas sustancias lubricantes dependiendo de su composición y presentación:

Líquidos. De base (origen) mineral o vegetal. Son necesarios para la lubricación hidrodinámica y son usados comúnmente en la industria, motores y como lubricantes de perforación.

Semisólidos. Son las denominadas "Grasas". Su composición puede ser mineral, vegetal y frecuentemente son combinadas con muchos tipos de lubricantes sólidos como el Grafito, Molibdeno o Litio.

Sólidos. Es un tipo de material que ofrece mínima resistencia molecular interna por lo que por su composición ofrece óptimas condiciones de lubricación sin necesidad de un

aporte lubricante líquido o semisólido. El más común es el grafito aunque la industria está avanzando en investigación en materiales de origen metálico.

2.2.1 *Función de los lubricantes.* El lubricante es una sustancia que introducida entre dos superficies móviles reduce la fricción entre ellas, facilitando el movimiento y reduciendo el desgaste.

El lubricante cumple variadas funciones dentro de una máquina o motor, entre ellas disuelve y transporta al filtro las partículas fruto de la combustión y el desgaste, distribuye la temperatura desde la parte inferior a la superior actuando como un refrigerante, evita la corrosión por óxido en las partes del motor o máquina, evita la condensación de vapor de agua y sella actuando como una junta determinados componentes.

Los lubricantes también contribuyen al enfriamiento de la maquinaria ya que acarrean calor de las zonas de alta fricción hacia otros lados (radiadores, etc.) enfriándola antes de la próxima pasada. En resumen, las principales funciones de los aceites lubricantes son:

- Disminuir el rozamiento.
- Reducir el desgaste.
- Evacuar el calor (refrigerar).
- Facilitar el lavado (detergencia) y la dispersancia de las impurezas.
- Minimizar la herrumbre y la corrosión que puede ocasionar el agua y los ácidos residuales.
- Transmitir potencia.
- Reducir la formación de depósitos duros (carbono, barnices, lacas, etc.).
- Sellar.

2.2.2 *Composición de un lubricante.* Un lubricante se compone de una base, que puede ser mineral o sintética y un conjunto de aditivos que le confieren sus propiedades y determinan sus características.

2.2.2.1 *Lubricante mineral.* Es el más usado y barato de las bases parafínicas. Se obtiene tras la destilación del barril de crudo después del gasóleo y antes que el

alquitrán, comprendiendo un 50% del total del barril, este hecho así como su precio hacen que sea el más utilizado.

Los lubricantes minerales son obtenidos por destilación del petróleo y fuertemente aditivados.

2.2.2.2 Lubricante sintético. Es una base artificial y por lo tanto del orden de 3 a 5 veces más costosa de producir que la base mineral. Se fabrica en laboratorio y puede o no provenir del petróleo. Poseen unas excelentes propiedades de estabilidad térmica y resistencia a la oxidación, así como un elevado índice de viscosidad natural. Poseen un coeficiente de tracción muy bajo, con lo cual se obtiene una buena reducción en el consumo de energía.

Existen varios tipos de lubricantes sintéticos:

HIDROCRACK. Es una base sintética de procedencia orgánica que se obtiene de la hidrogenización de la base mineral mediante el proceso de hidrocracking. Es el lubricante sintético más utilizado por las compañías petroleras debido a su bajo costo en referencia a otras bases sintéticas y a su excedente de base mineral procedente de la destilación del crudo para la obtención de combustibles fósiles.

PAO. Es una base sintética de procedencia orgánica pero más elaborada que el hidrocrack, que añade un compuesto químico a nivel molecular denominado Poli-Alfa olefinas que le confieren una elevada resistencia a la temperatura y muy poca volatilidad (evaporación).

PIB. Es una base sintética creada para la eliminación de humo en el lubricante por mezcla en motores de 2 tiempos. Se denomina Poli-isobutileno.

ESTER. Es una base sintética que no deriva del petróleo sino de la reacción de un ácido graso con un alcohol. Es la base sintética más costosa de elaborar porque en su fabricación por "corte" natural se rechazan 2 de cada 5 producciones. Se usa principalmente en aeronáutica donde sus propiedades de resistencia a la temperatura extrema que comprenden desde -68 °C a +325 °C y la polaridad que permite al lubricante adherirse a las partes metálicas debido a que en su generación adquiere carga electromagnética, hacen de esta base la reina de las bases en cuanto a

lubricantes líquidos. El éster es comúnmente empleado en lubricantes de automoción en competición.

Tabla 1. Propiedades de las bases lubricantes

PROPIEDADES	BASES			
	MINERAL	HIDROCRACK	P.A.O	ÉSTER
Viscosidad	Monogrado	Multigrado	Multigrado	Multigrado
Índice de viscosidad	Bajo 100	Bueno 120-150	Bueno 120-150	Muy bueno 130-160
Punto de congelación	Débil -10/-15	Débil -15/-25	Excelente -40/-60	Excelente -40/-60
Resistencia a la oxidación	Buena	Buena	Muy buena	Excelente
Volatilidad	Media	Media	Excelente	Excelente
Untuosidad	No	No	No	Si
Biodegradabilidad	No	No	No	Si

Fuente: Autores

2.2.3 *Identificación de las características más relevantes de los aceites lubricantes comunes.* Habiendo como hay una tan extensa gama de aceites lubricantes tan distintos entre sí, se comprenderá fácilmente que para unas misiones uno o unos tipos son adecuados, mientras que todos los restantes son completamente inadmisibles.

Para poder determinar cuál o cuáles de ellos deben utilizarse para que en un determinado caso cumplan satisfactoriamente la misión o misiones encomendadas, es imprescindible conocer las características y propiedades de cada uno, las cuales proceden principalmente de su composición y del proceso de elaboración que han sufrido. (CEAC, 1965 pág. 25)

2.2.3.1 *Viscosidad.* La viscosidad es la característica más importante a tener en cuenta para la elección del aceite lubricante, puesto que los juicios sobre la bondad del aceite se basan primordialmente en su viscosidad. Con este nombre se designa la consistencia o frotamiento interno de un líquido.

Cualquier líquido (en nuestro caso, aceite lubricante) está compuesto por multitud de moléculas entrelazadas y unidas entre sí que oponen una resistencia al desplazamiento de las piezas dotadas de movimiento y en contacto con el líquido.

Cuanto mayor sea la viscosidad, la resistencia es más elevada y soporta presiones más considerables.

La temperatura y la presión influyen de tal modo en la viscosidad de un aceite lubricante que puede afirmarse que la totalidad de ellos se fluidifican ante un ataque térmico y se espesan o solidifican ante un aumento de la presión o un descenso de la temperatura. (CEAC, 1965 pág. 25)

2.2.3.2 Índice de viscosidad. El índice de viscosidad es el valor que indica la variación de la viscosidad de un aceite frente a la acción de la temperatura.

Para hallar el índice de viscosidad se compara la variación de viscosidad que ha sufrido un aceite a dos temperaturas distintas y fijas, casi siempre 100° F (38° C) y 210° F (99° C).

Los índices elevados de viscosidad tienen notable influencia sobre todo en lubricaciones en departamentos estancos, como por ejemplo, en la lubricación del cárter de motores de explosión y de combustión interna, permitiendo un arranque más fácil, en especial a bajas temperaturas ambientales.

De todo lo expuesto se deduce que cuando las temperaturas a que puede estar sujeto un lubricante durante su servicio oscilen en amplios márgenes, el aceite debe poder un elevado índice de viscosidad. (CEAC, 1965 pág. 31)

2.2.3.3 Untuosidad. Se entiende por untuosidad la adherencia del aceite a las superficies metálicas a lubricar, debida, en gran medida, a las moléculas polares que contiene, las cuales por razón de su estructura se fijan fuertemente a dichas superficies.

Por ser la untuosidad de un lubricante una propiedad siempre de interés, de cara al desgaste y rendimiento y el refinado una exigencia ineludible, se hace indispensable volverse a dar el aceite lubricante refinado el poder de untuosidad perdido e incluso, si es preciso, aumentarle el que poseía antes del refinado.

La untuosidad es una propiedad de acción física, la cual, aunque siempre es de interés, tienen su máximo exponente en la lubricación de motores de vehículos y de cojinetes sometidos a frecuentes paros. En el caso de un motor y según opinión unánime de técnicos e ingenieros, más de un 62% de los desgastes producidos se originan durante el arranque. (CEAC, 1965 págs. 31-32)

2.2.3.4 Densidad. Es la relación existente entre el peso de un volumen determinado de una sustancia y el del agua destilada a 4° C. La densidad así definida coincide en valor numérico con el peso específico. En los aceites lubricantes, esta relación es inferior a la unidad (0,855 a 0,934), lo cual nos indica que son menos pesados que el agua, razón por la que flotan en ella.

La densidad de los aceites se da a la temperatura de 15,6° C y en casos excepcionales a 20° C. (CEAC, 1965 pág. 35)

2.2.3.5 Punto de fluidez y congelación. El punto de fluidez es aquella constante que indica cuál es la mínima temperatura a la que fluye el aceite por los circuitos de engrase. Para su determinación se coge un tubo de ensayo y se vierte en su interior una cantidad de aceite sometiéndolo a bajas temperaturas; éste se irá espesando hasta que llegará un momento en el que inclinando el tubo el aceite no fluirá. La temperatura del aceite en este momento determina el punto de fluidez.

Si se continúa enfriando, casi inmediatamente (5° F menos) se produce la congelación total, punto éste que se conoce como congelación. (CEAC, 1965 pág. 40)

2.2.3.6 Punto de inflamación. El punto de inflamación de un aceite lo determina la temperatura mínima a la cual los vapores desprendidos se inflaman en presencia de una llama o chispa que va saltando de un modo casi continuo.

Se comprenderá fácilmente que el punto de inflamación tiene una importancia vital en aquellos mecanismos donde el aceite trabaja a elevadas temperaturas; por ejemplo, motores de combustión interna en los que se requieren puntos de inflamación superiores a 215° C.

En cambio, para lugares donde la temperatura sea la ambiental o ligeramente superior, esta constante no tiene interés alguno, ya que todos los aceites superan en mucho a dicha temperatura. (CEAC, 1965 pág. 40)

2.2.3.7 Punto de combustión. Si se prosigue calentando el aceite al llegar a una temperatura de 20° o 30° C superior al punto de inflamación, los vapores desprendidos ya no arden momentáneamente, sino de un modo continuado; este fenómeno se conoce con el nombre de punto de combustión. (CEAC, 1965 pág. 41)

2.2.3.8 Coloración. El color en un aceite es un dato que casi siempre tiene su máxima utilidad cuando son originales y sirve para indicar la base de su procedencia.

Los aceites extremadamente oscuros o turbios indican una defectuosa o deficitaria purificación o depuración. (CEAC, 1965 pág. 42)

2.2.3.9 Acidez. Es un porcentaje de ácidos libres que un aceite contiene. Dichos ácidos siempre son perjudiciales, ya que además de sus perjudiciales acciones sobre el lubricante, atacan a los metales con los que están en contacto. Pueden provenir del mismo crudo, no eliminados completamente en la purificación o bien de este mismo proceso cuando el ácido sulfúrico empleado en el tratamiento no ha sido debidamente neutralizado. (CEAC, 1965 pág. 43)

2.2.3.10 Porcentaje de cenizas. Las impurezas (cenizas y azufre) siempre son indeseables en los aceites. En la mayor parte de los casos, proceden de los álcalis utilizados en la refinación y que no han sido después completamente eliminados, o bien provienen de desprendimientos de impurezas y costras de los conductos por los que atraviesa durante todo el ciclo. (CEAC, 1965 pág. 46)

2.2.3.11 Demulsibilidad. Se llama así a la capacidad de un líquido no soluble en agua para separarse de la misma cuando está formando una emulsión. La oxidación del aceite y la presencia de contaminantes afectan negativamente a la demulsibilidad del aceite.

2.3 Tipos de lubricantes

2.3.1 Normas SAE. Siglas en el idioma de inglés de la Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece la clasificación de los aceites para motores de combustión interna, según la viscosidad. (NTE INEN 2030, 2011)

Clasificación SAE para aceites lubricantes monógrados (ver Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de los aceites lubricantes monógrados, para motor por su viscosidad (basada en norma SAE J300)

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Dinámica máxima a temperatura mínima (mPa – s a °C)		Viscosidad Cinemática a 100 °C (m ² /s)	
	Arranque	Bombeo	Mín.	Máx.
0W	6200 a -35	60000 a -40	3,8 x 10 ⁻⁶	
5W	6600 a -30	60000 a -35	3,8 x 10 ⁻⁶	
10W	7000 a -25	60000 a -30	4,1 x 10 ⁻⁶	
15W	7000 a -20	60000 a -25	5,6 x 10 ⁻⁶	
20W	9500 a -15	60000 a -20	5,6 x 10 ⁻⁶	
25W	13000 a -10	60000 a -15	9,3 x 10 ⁻⁶	
20			5,6 x 10 ⁻⁶	< 9,3 x 10 ⁻⁶
30			9,3 x 10 ⁻⁶	< 12,5 x 10 ⁻⁶
40			12,5 x 10 ⁻⁶	< 16,3 x 10 ⁻⁶
50			16,3 x 10 ⁻⁶	< 21,9 x 10 ⁻⁶
60			21,9 x 10 ⁻⁶	< 26,1 x 10 ⁻⁶

Fuente: NTE INEN 2030:2011

Clasificación SAE para aceites lubricantes multigrados (ver Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de los aceites multigrados para motor, por su viscosidad

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Cinemática a 100 °C	
	Mín.	Máx.
0W20	5,6 x 10 ⁻⁶	9,3 x 10 ⁻⁶
0W30	9,3 x 10 ⁻⁶	12,5 x 10 ⁻⁶
0W40	12,5 x 10 ⁻⁶	16,3 x 10 ⁻⁶
5W20	5,6 x 10 ⁻⁶	9,3 x 10 ⁻⁶
5W30	9,3 x 10 ⁻⁶	12,5 x 10 ⁻⁶
5W40	12,5 x 10 ⁻⁶	16,3 x 10 ⁻⁶
5W50	16,3 x 10 ⁻⁶	21,9 x 10 ⁻⁶
10W30	9,3 x 10 ⁻⁶	12,5 x 10 ⁻⁶

Tabla 3. (Continuación)

10W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
15W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
15W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
20W20	$5,6 \times 10^{-6}$	$9,3 \times 10^{-6}$
20W30	$9,3 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$
20W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
20W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
25W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
25W60	$21,9 \times 10^{-6}$	$26,1 \times 10^{-6}$
Fuente: NTE INEN 2030:2011		

2.3.2 Normas API. Orden sistemático de las categorías de acuerdo con los diferentes niveles de desempeño en ensayos patrón para motores de combustión interna de ciclo de Otto y ciclo de Diésel.

Clasificación API para aceites lubricantes para motores ciclo de diésel (ver Tabla 4). Designación tal como CF, CF-4, CG-4, CH-4, CI-4, CJ-4 o superiores, que definen un nivel de desempeño del lubricante, conforme la clasificación API. (NTE INEN 2030, 2011)

Tabla 4. Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de diésel

CATEGORÍA	SERVICIO	ESTADO
CF	Se introdujo en el año 1994. Están destinados a motor todo terreno, de inyección indirecta y otros motores diésel incluyendo aquellos que utilizan combustible con contenido de azufre superior a 0,5 % en peso.	Vigente
CF-4	Se introdujo en el año 1990. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos, de aspiración natural y turbocargados.	Vigente
CG-4	Para motores que cumplan con las normas de emisión del año 1994. Están destinados a motores de trabajo intenso, de alta velocidad, de cuatro tiempos.	Vigente

Tabla 4. (Continuación)

CH-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión de gases de escape del año 1998. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre hasta 0,5% en peso.	Vigente
CI-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión de gases de escape del año 2004. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre hasta 0,5% en peso. Algunos aceites CI-4 también pueden calificar para la designación CI-4 PLUS.	Vigente
CJ-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión de gases de escape del año 2007. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre hasta 500 mg/Kg (0,05% en peso). Sin embargo, al utilizar aceite CJ-4 con combustible que contenga más de 15 mg/Kg de azufre, consulte al fabricante del motor para el intervalo de servicio.	Vigente
Fuente: NTE INEN 2030:2011		

Clasificación API para aceites lubricantes para motores ciclo de Otto (ver Tabla 5). Designación tal como SG, SH, SJ, SL, SM o superiores, que definen un nivel de desempeño del lubricante, conforme a la clasificación API. (NTE INEN 2027, 2011)

Tabla 5. Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de Otto

CATEGORÍA	SERVICIO	ESTADO
SG	Para motores de 1993 y anteriores.	Obsoleto
SH	Para motores de 1996 y anteriores.	Obsoleto
SJ	Para motores de automóvil del año 2001 y anteriores.	Vigente
SL	Para motores de automóvil del año 2004 y anteriores	Vigente
SM	Para motores de automóvil a partir del año 2004 y anteriores	Vigente
Fuente: NTE INEN 2027:2011		

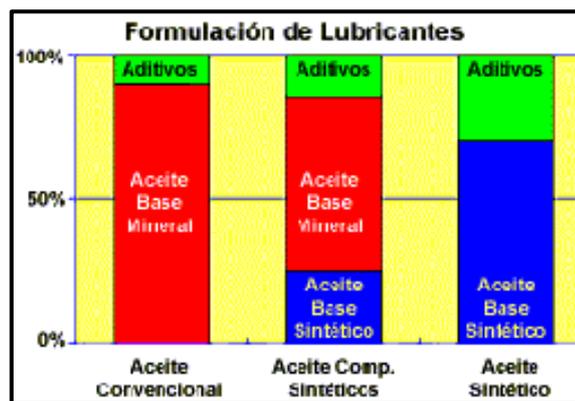
2.4 Aditivos

Los aditivos son sustancias químicas que en pequeña cantidad se añaden a los aceites para proporcionarles o incrementarles propiedades de las que se encuentran deficitarias o para suprimir o reducir sus defectos o características perjudiciales. Los aditivos pueden dividirse en dos grandes grupos, según los efectos que producen:

Inhibidores destinados a retardar la degradación del aceite actuando como detergentes dispersantes, antioxidantes y anticorrosivos.

Aditivos mejoradores de las cualidades básicas físicas con acción sobre el índice de viscosidad, el punto de congelación, el punto de fluidez, el poder antiespumante, el sellado, la untuosidad, la extrema presión y la rigidez dieléctrica. (CEAC, 1965 pág. 55)

Figura 2. Composición de un lubricante



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/lubri/Image3958.gif>

Después de esta visión de conjunto, pasaremos a los requisitos específicos del lubricante determinado para cada una de las principales máquinas y mecanismos.

2.4.1 Aditivos anticorrosivos y antioxidantes. Para proteger contra la corrosión a los materiales sensibles, por una parte y por otra, para impedir las alteraciones internas que pueda sufrir el aceite por envejecimiento y oxidación, causas de su deterioro (formación de resinas, lodos y asfaltos), se ha acudido a la utilización de aditivos anticorrosivos y antioxidantes.

Estas dos funciones de protección del metal y del lubricante casi siempre son ejercidas por un mismo producto. Formado por reacción entre un xantogenato de amilo y dicloruro de etileno y, como regla general, compuestos de fósforo o de base arsénica o bismútica. (CEAC, 1965 pág. 56)

2.4.2 *Aditivos detergentes – dispersantes.* Los aditivos detergentes – dispersantes no tienen la misión de evitar que el aceite se ensucie sino el mecanismo, ya que el lema de los lubricantes aditivados con estos productos es precisamente el de motor limpio, con aceite sucio.

La misión a cumplir por estos dispersantes es la de evitar acumulaciones de los residuos que se forman durante el trabajo de la maquina o motor y que podrían obstruir estrechos conductos o filtros y mantenerlos en estado colonial de suspensión por toda la masa de aceite.

Así, para los aceites de motores de vehículos rápidos se ha previsto la adición de combinaciones organometálicas de zinc, calcio y bario con azufre, cloro y fósforo. (CEAC, 1965 pág. 56)

2.4.3 *Aditivos mejoradores del índice de viscosidad.* El proceso de trabajo de estos aditivos puede explicarse como sigue: en presencia de bajas temperaturas las moléculas de estas sustancias se contraen ocupando muy poco volumen y se dispersan por el aceite en forma de minúsculas bolitas dotadas de una gran movilidad.

Cuando se eleva la temperatura, las moléculas de la masa de aceite aumentan de velocidad y las mencionadas bolitas se agrupan formando estructuras bastantes compactas que se oponen al movimiento molecular del aceite base, lo que se traduce en un aumento de la viscosidad de la mezcla. (CEAC, 1965 pág. 56)

2.4.4 *Rebajadores del punto de fluidez y congelación.* Se aplican principalmente a los aceites parafínicos, ya que la parafina por su elevado punto de congelación es la principal productora de la falta de fluidez de los aceites, formando aglomeraciones y solidificaciones al descender la temperatura.

La misión de los aditivos en este caso es la de absorber los cristales de parafino sólido formados, ya que su eliminación total por refino es costosísima, sin garantías de éxito

y exponiéndose a la pérdida de otras cualidades básicas del lubricante, así como a una considerable cantidad del mismo. (CEAC, 1965 pág. 57)

2.4.5 *Aditivos antiespumante.* La presencia en el aceite de cuerpos extraños, tales como gases, aditivos y con temperaturas inferiores a los 100° C, favorecen y producen, lo que los aceites minerales puros de por sí no presentan: la formación de espumas, que no son más que burbujas de aire muy estables debido al gran espesor de la película lubricante que las envuelve a su diámetro.

Estas burbujas o espumas permanentes producen una especie de cieno que puede obstaculizar muy seriamente el abastecimiento de aceite por conductos no demasiado amplios o por lugares por donde el caudal ha de ser rigurosamente constante y exacto, tal como ocurre en los mecanismos con mandos hidráulicos.

Los aditivos antiespumantes tienen la misión de evitar estas causas de entorpecimiento, para lo cual en la mayor parte de los casos actúan adelgazando la envoltura de la burbuja de aire hasta su rotura por una modificación de las tensiones e interfaciales de la masa de aceite. (CEAC, 1965 pág. 57)

2.4.6 *Aditivos de extrema presión.* Para los aceites de órganos mecánicos sometidos a muy altas presiones, se emplean los aditivos de extrema presión, los cuales disminuyen el desgaste de las superficies metálicas de deslizamiento, favoreciendo la adherencia del lubricante a ellas, con las que reaccionan químicamente y forman capas mono o poli moleculares que se reconstruyen constantemente. De esta manera impiden el contacto metal – metal, evitando los agarrotamientos o soldaduras de los metales en fricción.

Estos aditivos no siempre están exentos de producir ligeras corrosiones, debido a la acción química que ejercen. Se consiguen muy buenos efectos por la combinación de compuestos orgánicos y antimonio, molibdeno, azufre, fósforo y arsénico, o bien por combinaciones de los primeros entre sí. (CEAC, 1965 pág. 58)

2.4.7 *Aditivos mejoradores de untuosidad.* En el refinado de un aceite deben eliminarse los componentes de menor resistencia a la oxidación, pero para conseguir esto es inevitable la desaparición de las moléculas polares que son precisamente las que proporcionan la untuosidad.

Esta propiedad debe recuperarse una vez terminado el proceso de refinado, o en muchos casos aun después de ser conseguida a la medida que al refinador le parece suficiente por el carácter de la misión especial a realizar es preciso aumentarla. Para ello se ocurre a los aditivos mejoradores de la untuosidad, tanto en un caso como en otro. (CEAC, 1965 pág. 58)

2.5 Procesos desarrollados para la extracción de los aceites lubricantes de los residuos de la planta de banano

Para la obtención de aceites de semillas o frutos secos, se utiliza la extracción con disolvente. Con este método se obtiene una extracción más completa que la lograda por prensado, quedando la materia prima con un porcentaje de aceite no extraído del orden de 0.5 al 1 %. Entre las materias primas de la que se obtiene aceite por extracción con disolvente, cabe citar la soya, el cacahuate y las semillas de algodón y girasol.

Sostiene que tres son los principales métodos usados para la extracción de grasas y aceites comestibles de los tejidos vegetales y animales: a) Fusión, b) Prensado y c) Extracción por disolventes. En la extracción por fusión, la grasa se recupera por calentamiento del tejido que la contiene.

La extracción por prensado consiste en la separación de líquidos contenidos en productos sólidos mediante la aplicación de fuerzas de compresión, de modo que las gotas de aceite desgarran y rompen las paredes de las células y salen al exterior.

En la extracción por disolvente conocida como sólido-líquido, el soluto contenido en la fase sólida se separa por contacto con el disolvente líquido. La extracción por disolvente se puede realizar por tres maneras: por percolación, por inmersión y por procedimiento mixto, es decir percolación-inmersión.

El procedimiento de percolación se lleva a cabo mediante una lluvia del disolvente de manera tal que llegue a toda la masa, pero sin llenar todos los espacios vacíos existentes entre las semillas. En este sistema el disolvente envuelve a todas las partículas de la materia prima con una película del líquido en continuo recambio. En el proceso por inmersión la semilla va inmersa completamente en el disolvente. Durante este proceso la velocidad de recambio del disolvente sobre la superficie de las partículas es necesariamente lenta, incluso si circula rápidamente.

El procedimiento mixto, percolación-inmersión, llamado también “extracción por medio de gases condensables” ha sido preconizado como la de máxima eficacia, por que aprovecha más el poder disolvente del líquido.

2.6 Selección del proceso de extracción del aceite lubricante de los residuos de la planta de banano

Para la selección del proceso de Extracción de aceite lubricante de los residuos de la planta de banano se determinó por medio de un extractor Soxhlet o simplemente Soxhlet (en honor a su inventor Franz von Soxhlet) es un tipo de material de vidrio utilizado para la extracción de compuestos, generalmente de naturaleza lipídica, contenidos en un sólido, a través de un disolvente afín

El condensador está provisto de una chaqueta de 100 mm de longitud, con espigas para la entrada y salida del agua de enfriamiento. El extractor tiene una capacidad, hasta la parte superior del sifón, de 10 mL; el diámetro interior del extractor es de 20 mm y su longitud de 90 mm. El matraz es de 500 mL de capacidad.

Está conformado por un cilindro de vidrio vertical de aproximadamente un pie de alto y una pulgada y media de diámetro. La columna está dividida en una cámara superior y otra inferior. La superior o cámara de muestra sostiene un sólido o polvo del cual se extraerán compuestos. La cámara de disolvente, exactamente abajo, contiene una reserva de disolvente orgánico, éter o alcohol.

Dos tubos vacíos, o brazos, corren a lo largo a un lado de la columna para conectar las dos cámaras. El brazo de vapor corre en línea recta desde la parte superior de la cámara del disolvente a la parte superior de la cámara del sólido. El otro brazo, para el retorno de disolvente, describe dos U sobrepuestas, que llevan desde la cámara de la muestra el disolvente hasta la cámara de disolvente. El Soxhlet funciona cíclicamente, para extraer las concentraciones necesarias de algún determinado compuesto.

Éste funciona de la siguiente forma: cuando se evapora, el disolvente sube hasta el área donde es condensado; aquí, al caer y regresar a la cámara de disolvente, va separando los compuestos hasta que se llega a una concentración deseada. Esto puede ocasionar problemas con algunos compuestos, que con los ciclos llevan a la ruptura del balón, como lo es en la extracción del ámbar.

Figura 3. Equipo Soxhlet



Fuente: Autores

2.7 Materiales y equipo

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. La extracción de los aceites de residuos de banano se obtuvo en el Laboratorio de Bromatología (Facultad de Ciencias Pecuarias).

2.7.1 *Materiales de laboratorio*

- Algodón.
- Dedales de extracción Soxhlet de 22x80 mm.
- Desecador Scheibler.
- Embudos normales.
- Espátula.
- Fundas de papel.
- Gradilla.
- Matraz balón de 250 mL.
- Matraz balón de 25 mL.
- Navaja.
- Pinzas.
- Pipeta de 10 mL.
- Probeta de 250 mL.
- Recipientes de plásticos.
- Recipientes de vidrio.
- Refrigerantes.
- Vasos de precipitación de 250 mL.

2.7.2 *Equipos de laboratorio*

- Balanza digital.
- Estufas.
- Extractor Soxhlet.
- Molino de cuchilla.

2.8 **Reactivos**

- Acetona (C_3H_6O).
- Agua (H_2O).
- Hexano (C_6H_{14}).

CAPÍTULO III

3. OBTENCIÓN DE ACEITE DE BANANO Y CARACTERIZACIÓN

3.1 Selección, separación y extracción de los distintos residuos de banano

En este capítulo se investiga y desarrolla un método para la selección, separación y extracción del aceite de residuos de banano, estudiando sus propiedades físicas y químicas, y finalmente se analiza si dicho aceite posee características lubricantes.

Se verifica similitudes y diferencias entre los aceites lubricantes convencionales, y el aceite obtenido. El estudio permitirá mejorar el aceite obtenido complementándolo con aditivos para lograr un mejoramiento del mismo en sus propiedades como lubricante.

3.1.1 Selección. El material se seleccionó en distintas bananeras, en las que se utilizó solamente producto de desecho.

Actualmente los procesos mecánicos de separación del producto útil y de compostaje han mejorado notablemente, sólo se consigue calidad y rentabilidad monetarias aceptables en contados casos en los que se procede a recoger y seleccionar los residuos orgánicos en la fuente y que previamente fueron separados.

3.1.2 Separación. Se selecciona los distintos residuos y se procede a llevar las distintas muestras al laboratorio antes mencionado. A continuación se detalla el procedimiento que se lleva a cabo para el procedimiento de separación:

- Se separa las diferentes muestras de residuos de banano y se procede a realizar cortes para llevarlos a su respectivo secado. Los cortes se realiza a pequeñas dimensiones para que al momento de colocar puedan ser introducidos en los recipientes para su respectivo secado; además si se realiza cortes demasiados grandes al momento de secar, se tardará el tiempo desecado. Al realizar los cortes se recomienda utilizar una navaja muy fina para realizar un corte adecuado y rápido.

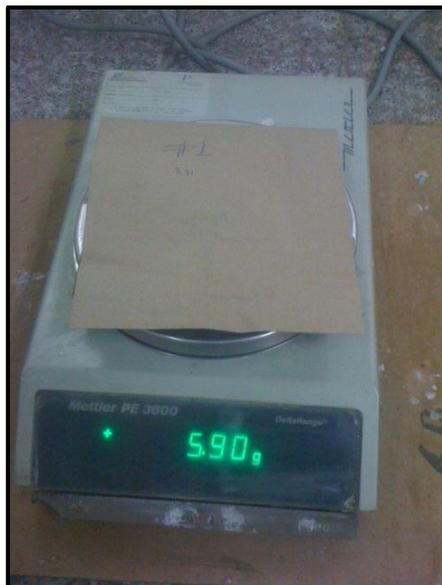
Figura 4. Corte de la muestra



Fuente: Autores

- Se pesa las fundas de papel antes de colocar las muestras en su interior.

Figura 5. Peso de funda sin muestra



Fuente: Autores

- Se coloca los distintos cortes en las respectivas fundas de papel y se separa de acuerdo al residuo seleccionado y peso estimado. Además se debe señalar las respectivas fundas con el fin de evitar equivocaciones. Se coloca inmediatamente realizado el corte y el respectivo pesado con el fin de evitar que los residuos se sufran madures o descomposición.

Figura 6. Separación de muestras



Fuente: Autores

- Se procede a dejar las muestras en la estufa para la extracción de humedad, en un tiempo alrededor de 12 a 14 h, lo estimado para un secado óptimo.

Figura 7. Muestras en la estufa



Fuente: Autores

- Realizado lo anterior, con cada muestra seca, se procede a llevar dichas muestras al molino de cuchillas; donde se tritura y se coloca las distintas harinas en diferentes recipientes para el almacenaje.

Figura 8. Molino de cuchillas



Fuente: Autores

3.1.3 Extracción. Antes de realizar la extracción de grasa de los distintos residuos de banano, se deja a punto el equipo realizando el siguiente procedimiento:

- Se pesa las diferentes muestras de harina en una balanza digital, procurando tener un pesaje mínimo y máximo ya que poseen diferencias en peso.

Figura 9. Peso de las muestras de harina



Fuente: Autores

- Luego se coloca dichas muestras en los dedales de soxhlet, se separa y se deja almacenando. Se procura tapar la superficie de los dedales con algodón a fin de evitar que se expongan a residuos de polvo u otras sustancias y alteren el valor del peso.

Figura 10. Colocación de las muestras en los dedales



Fuente: Autores

- Se procede a pesar el balón, procurar que dicho este esterilizado.

Figura 11. Peso de balones esterilizados



Fuente: Autores

- Se procede a armar el equipo soxhlet para la extracción de la grasa vegetal. Se recomienda que el equipo se encuentre limpio y en perfectas condiciones para evitar alteraciones y cambios durante el proceso de extracción con el fin de obtener datos más concreto y específicos. El equipo debe ser armado con cuidado y con ayuda de un técnico de laboratorio para evitar daños del mismo; al momento de colocar se debe señalar cada dedal con su respectivo matraz de balón para procurar que haya confusiones durante la extracción.

Figura 12. Armado del equipo soxhlet



Fuente: Autores

3.2 Obtención del aceite de los distintos residuos de Banano

Las sustancias extraídas son mucho más solubles en agua que en éter o en cualquier otro solvente orgánico, la agitación repetida tampoco ayuda en el proceso de disolución y extracción de toda la materia, lo recomendable en este caso es extracción continua que consiste en colocar el material a extraer, previamente molido y pesado, en un cartucho de celulosa que se introduce en la cámara de extracción, conectada por una parte a un balón de destilación y por otra a un refrigerante. El disolvente contenido en el balón se calienta a ebullición, el vapor asciende por el tubo lateral y se condensa en el refrigerante, cayendo sobre el material. Cuando alcanza el nivel conveniente sifona por el tubo regresando al balón. El proceso se repite hasta conseguir el agotamiento deseado del material.

3.2.1 Procedimiento soxhlet. En cada balón de 250 mL se coloca 120 mL de hexano, en el depósito del soxhlet se coloca el dedal de celulosa con el material que va a emplear (Tabla 6), molido o cortado en pequeños trozos. Se calienta cuidadosamente hasta la ebullición del hexano, cuyos vapores deberán condensarse en el refrigerante para caer sobre el material seleccionado. En el momento en que la cámara de extracción se llena con el disolvente y llega a la parte superior del sifón, el disolvente drena hacia el matraz. Este proceso se repite continuamente de tal manera que cada vez se extrae mayor cantidad de aceite.

El número de descargas del extracto puede variar en función de cantidad y la calidad de la muestra. Cuando no aparezca aceite en el extracto, se dará por terminada la extracción.

Al finalizar, se desmonta el equipo y se elimina el extracto con acetona, se decanta y destila el disolvente mediante una destilación simple o en el Rota vapor, dejando aproximadamente 5mL de cola de destilación que es el extracto más concentrado.

Tabla 6. Material empleado

RESIDUOS	PESO ESTIMADO (g)
CÁSCARA	12 – 13
FRUTO	14 – 15
HOJAS	8 – 9
RAQUIS	6 – 7

Fuente: Autores

En el siguiente diagrama de flujo se detalla con exactitud el procedimiento realizado para la obtención de aceite. (Ver Figura 13)

3.3 Análisis y comparación de las propiedades físico-químicas de los diferentes aceites obtenidos

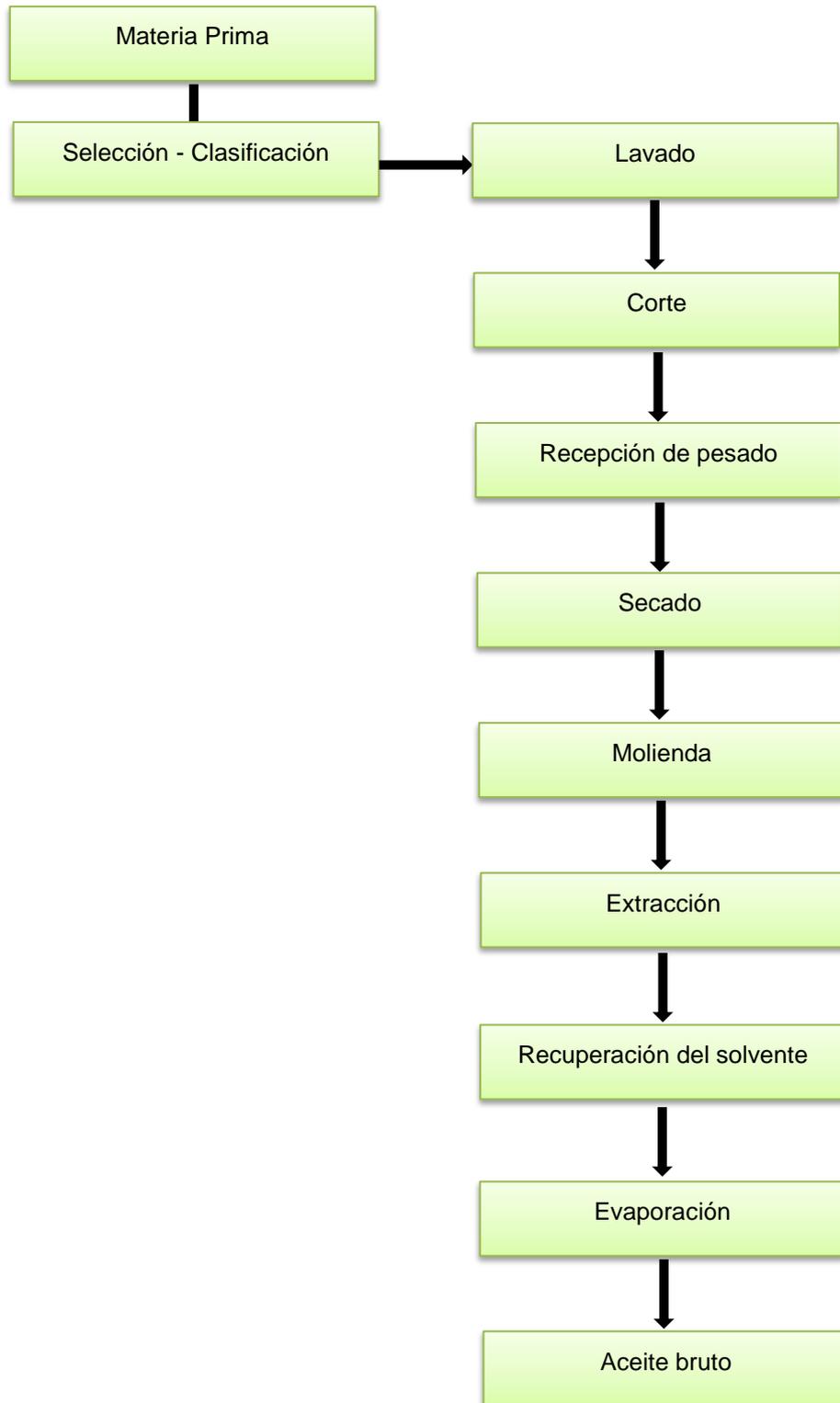
Para proceder al análisis y comparación de las propiedades físico-químicas es necesario conocer las propiedades de los aceites obtenidos, para poder determinar el más adecuado en función de la utilidad que se le vaya a dar.

Los análisis realizados se basarán en la determinación de humedad, análisis de grasa y las características más relevantes que deben tener, para cumplir los parámetros de un lubricante.

El método para determinar la cantidad de agua presente en la muestra se basa en la pérdida de peso de la muestra por calentamiento en una estufa, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresada como porcentaje.

3.3.1 Análisis de humedad. La determinación de humedad puede ser el análisis más importante, puede ser el análisis del que es más difícil obtener resultados exactos y precisos. La materia seca que permanece en el alimento posterior a la remoción del agua se conoce como sólidos totales.

Figura 13. Flujo experimental seguido para la extracción del aceite bruto



Fuente: Autores

La determinación de humedad por el método de pérdida de peso se basa en la reducción de peso que experimenta un alimento cuando se elimina el agua que contiene por calentamiento, bajo condiciones de normalizadas de presión, temperatura y tiempo después de haberlo pesado previamente. (Alonso, y otros, 2007)

3.3.1.1 Método por pérdida de peso con estufa. Se basa en la pérdida de peso de la muestra bajo condiciones específicas. El valor obtenido depende del tipo de la estufa que se va a utilizar así como la temperatura y el tiempo de secado; la temperatura no es igual en los distintos puntos de la estufa, las variaciones pueden ser hasta más de 3°C en los equipos antiguos, las estufas modernas están equipadas con eficaces sistemas de termostación y la temperatura de las distintas zonas de las mismas no varían en más de 1°C.

A continuación se detalla la Tabla 7 los diferentes residuos y sus pesos.

Tabla 7. Peso de las muestras y su respectivo peso

CASCARA			
NÚMERO DE MUESTRA	PESO DE FUNDA (g)	PESO DE MUESTRA (g)	PESO TOTAL (g)
C1	5,85	303,19	297,34
C2	5,83	300,12	294,29
C3	5,84	300,41	294,57
C4	5,80	354,56	348,76
FRUTO			
F1	5,81	300,14	294,33
F2	5,78	310,32	304,54
F3	5,84	305,40	299,56
F4	5,83	307,91	302,08
F5	5,84	307,79	301,95
HOJAS			
H1	5,84	315,45	309,61
H2	5,85	311,34	305,49
H3	5,81	307,70	301,89
H4	5,75	302,29	296,54
H5	5,75	306,40	300,65
RAQUIS			
R1	5,91	249,24	243,33
R2	5,89	251,91	246,02
R3	5,90	250,70	244,80
R4	5,87	248,36	242,49
R5	5,86	251,34	245,48

Fuente: Autores

Se procede a colocar cada muestra en la estufa a una temperatura de 65°C, en un tiempo de máximo de 24 h. A continuación la Tabla 8 detalla los pesos.

Tabla 8. Peso de las muestras después del secado

CÁSCARA	
NÚMERO DE MUESTRA	PESO (g)
C1	40,18
C2	37,52
C3	38,14
C4	43,58
FRUTO	
F1	84,15
F2	86,66
F3	87,28
F4	89,40
F5	86,95
HOJAS	
H1	74,47
H2	74,62
H3	75,93
H4	61,52
H5	56,23
RAQUIS	
R1	21,24
R2	20,83
R3	21,75
R4	22,59
R5	22,20

Fuente: Autores

Donde el porcentaje de humedad está dado por la siguiente formula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad (1)$$

Dónde:

Pi = muestra inicial en g

Pf = muestra final en g.

A continuación se detalla en la Tabla 9 el porcentaje medio de humedad.

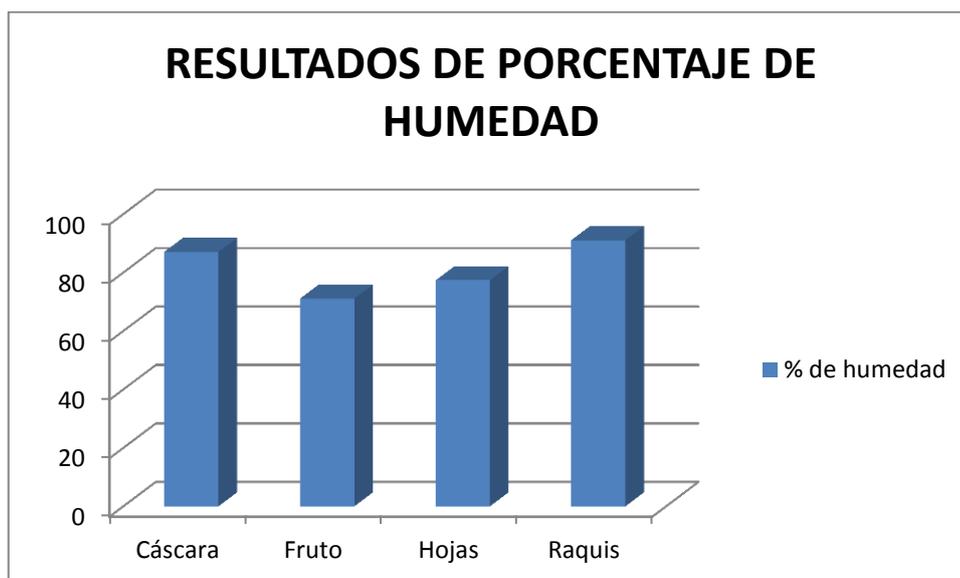
Tabla 9. Porcentajes de humedad

RESULTADOS DE HUMEDAD	
Residuos	% de humedad
Cáscara	87,05
Fruto	71,08
Hojas	77,37
Raquis	91,08

Fuente: Autores

En la Figura 14 se observa el porcentaje de humedad de cada uno de los residuos de la planta de banano.

Figura 14. Porcentaje de humedad



Fuente: Autores

3.3.2 Análisis de grasa. Este análisis nos ayuda a determinar el porcentaje de grasa que se obtiene de los distintos residuos de la planta de banano, mediante el método utilizado el cual indicará que residuo posee mejores características.

En donde el porcentaje de grasa se aplicó de la siguiente manera:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{M_2 - M_1}{M} * 100 \quad (2)$$

Dónde:

M = peso de muestra en g.

M1 = peso del matraz solo en g.

M2 = peso del matraz con grasa en g.

La Tabla 10 muestra los pesos de los balones vacíos, con muestras de grasa y el porcentaje de grasa.

Tabla 10. Obtención de grasa

OBTENCIÓN DE GRASA			
RESIDUOS	MATRAZ CON GRASA	MATRAZ SOLO (g)	% DE GRASA
	(g)		
Cáscara	105,9773	105,8632	0,9507
Cáscara	109,7349	109,626	0,9074
Cáscara	102,1853	102,0802	0,875
Fruto	103,9654	103,8649	0,717
Fruto	109,4911	109,3227	0,723
Fruto	110,752	110,6469	0,7507
Hojas	102,7867	102,7458	0,511
Hojas	105,8901	105,8632	0,336
Hojas	97,563	97,5127	0,628
Raquis	97,5546	97,5127	0,698
Raquis	103,5732	103,5413	0,531
Raquis	109,6676	109,626	0,69

Fuente: Autores

En la Tabla 11 se detalla el porcentaje de grasa promedio de los distintos residuos.

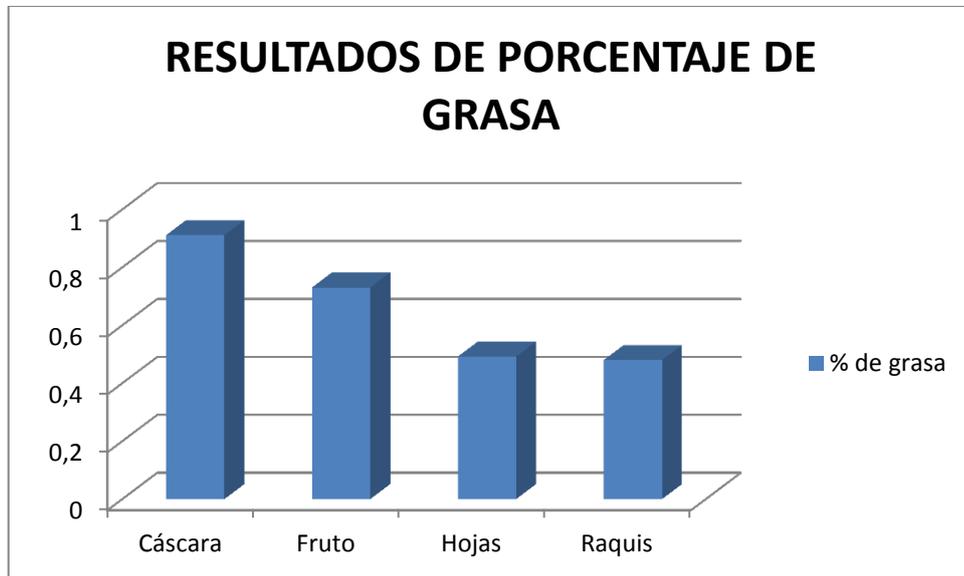
Tabla 11. Porcentajes de grasa

RESULTADOS DE GRASA	
Residuos	% de grasa
Cáscara	0,911
Fruto	0,7305
Hojas	0,492
Raquis	0,48

Fuente: Autores

En la Figura 15 se observa el porcentaje de grasa de cada uno de los residuos de la planta de banano.

Figura 15. Porcentaje de grasa



Fuente: Autores

3.3.3 Características físico – químicas

3.3.3.1 *Densidad.* Se determinó mediante el siguiente procedimiento:

- En una balanza digital se pesa el matraz de balón esterilizado.
- Con una pipeta de 10 mL se coloca la muestra del aceite en el interior del balón hasta el punto especificado.
- Se procede a colocar en la balanza, y se realiza un nuevo peso del balón con la muestra de aceite incluido.
- Se lava el balón y se lo lleva a una estufa para realizar un secado por un tiempo de 15 min.
- Se coloca agua destilada en el interior del balón y lo pesamos en la balanza digital.

La Tabla 12 muestra los pesos del balón con las muestras de aceite y de agua destilada.

Tabla 12. Pesos del balón con sus respectivas muestras

Peso del Matraz de balón	Valor (g)
Peso del balón vacío	21,5861
Peso del balón con muestra de aceite	26,5542
Peso del balón con agua destilada	27,2227

Fuente: Autores

La densidad está dada con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{M_2 - M_1}{M_3 - M_1} \quad (3)$$

Dónde:

M_1 = peso del balón vacío

M_2 = peso del balón con muestra de aceite

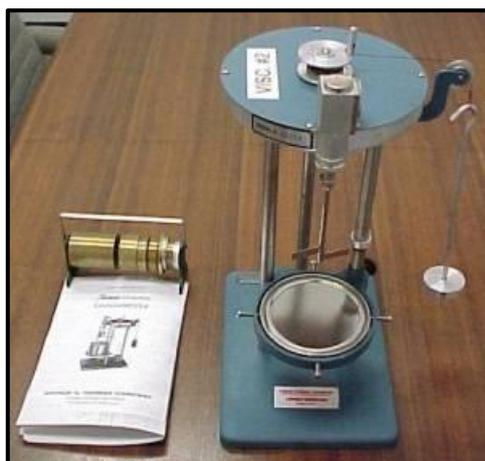
M_3 = peso del balón con muestra de agua destilada

$$\rho = 0,8814 \frac{g}{cm^3}$$

3.3.3.2 Viscosidad Absoluta. Uno de los equipos diseñados para determinar esta propiedad es el Viscosímetro Stormer. En este equipo se introduce la sustancia a analizar en el espacio comprendido entre un cilindro fijo (externo) y uno móvil (rotor interno). El rotor es accionado a través de pesas y se mide el tiempo necesario para que este rotor gire 100 veces. Mientras mayor es la viscosidad de la sustancia, mayor es su resistencia a deformarse y mayor es el tiempo necesario para que el rotor cumpla las 100 revoluciones.

La prueba se la realiza con las muestras para determinar con exactitud la viscosidad que caracteriza al aceite obtenido.

Figura 16. Viscosímetro Stormer



Fuente:

http://2.bp.blogspot.com/_b2T68VMMdyE/ST371wcDw8I/AAAAAAAAAB4/VsXZ3-AORuU/s320/viscosimetro.jpg

La Viscosidad Absoluta está dada por la siguiente ecuación:

$$\mu = 0,0262827 * m * t \quad (4)$$

Dónde:

m = es la masa colocada en el cuelga-pesas.

t = el tiempo en segundos necesario para que el rotor de las 100 revoluciones.

La Tabla 13 muestra las viscosidades calculadas a temperaturas diferentes.

Tabla 13. Valores de viscosidades

Temperatura °C	Tiempo (s)	Masa (g)	Viscosidad (cP)
40	280	5	36,7958
100	90	5	11,8272

Fuente: Autores

La Tabla 14 muestra la transformación de unidades de la viscosidad absoluta encontrada. A continuación se describe los factores de conversión que se debe utilizar en la transformación.

Dónde:

1 Poise = 100 cP

1 cP = 1 g / cm * s

Tabla 14. Transformación de unidades de la viscosidad absoluta

Viscosidad (cP)	Viscosidad (g / cm*s)
36,7958	0,367958
11,8272	0,118272

Fuente: Autores

3.3.3.3 Viscosidad Cinemática. Es la relación entre la viscosidad absoluta (μ) y la densidad (ρ) del aceite utilizado, a la misma temperatura y presión. (NTE INEN 810, 2013)

Donde la viscosidad cinemática esta expresada:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (5)$$

La Tabla 15 muestra los valores de la viscosidad cinemática.

Tabla 15. Valores de la viscosidad cinemática

Temperatura (°C)	Densidad (g / cm ³)	Viscosidad Absoluta (g / cm*s)	Viscosidad Cinemática (cm ² / s)
40	0,8814	0,367958	0,41747
100	0,8814	0,118272	0,134187

Fuente: Autores

La Tabla 16 muestra la transformación de la viscosidad absoluta encontrada.

Dónde:

1 cm² / s = 1 Stoke

1 Stoke = 100 cSt

Tabla16. Transformación de unidades de la viscosidad cinemática

Viscosidad (St)	Viscosidad (cSt)
0,41747	41,747
0,134187	13,4187

Fuente: Autores

3.3.3.4 Índice de viscosidad. La propiedad que indica el comportamiento de la viscosidad de un fluido con la temperatura es conocida como Índice de Viscosidad (IV). Un alto IV indica que el fluido es estable con los cambios de temperatura, es decir, que su viscosidad se reduce moderadamente al aumentar la temperatura.

Esta propiedad puede hallarse a través de la ecuación de:

$$IV = 100 \frac{L - U}{L - H} \quad (6)$$

Dónde:

U = es la viscosidad de la muestra a 100°F.

L = es la viscosidad de un aceite a 100°F de Índice de viscosidad 0, teniendo la misma viscosidad que la muestra a 210°F.

H = es la viscosidad de un aceite a 100°F de Índice de viscosidad 100, teniendo la misma viscosidad que la muestra a 210°F.

La Tabla 17, permite escoger los valores para el cálculo del índice de viscosidad.

Tabla 17. Valores de L y H para la ecuación de Deanny-Davis

SSU 210°F	H	L	SSU 210°F	H	L	SSU 210°F	H	L
40	93	107	79	772	1580	118	1576	3711
41	109	137	80	791	1627	119	1598	3774
42	124	167	81	810	1674	120	1620	3838
43	140	197	82	829	1721	121	1643	3902
44	157	228	83	849	1769	122	1665	3966
45	173	261	84	868	1817	123	1688	4031
46	189	291	85	888	1865	124	1710	4097

Tabla 17. (Continuación)

47	205	325	86	907	1914	125	1733	4163
48	222	356	87	927	1964	126	1756	4229
49	238	389	88	947	2014	127	1779	4296
50	255	422	89	996	2064	128	1802	4363
51	272	456	90	986	2115	129	1825	4430
52	288	491	91	1006	2166	130	1848	4498
53	305	525	92	1026	2217	131	1871	4567
54	322	561	93	1046	2270	132	1894	4636
55	339	596	94	1066	2322	133	1918	4705
56	356	632	95	1087	2375	134	1941	4775
57	374	669	96	1107	2428	135	1965	4845
58	391	706	97	1128	2481	136	1988	4915
59	408	743	98	1148	2536	137	2012	4986
60	426	781	99	1168	2591	138	2036	5058
61	443	819	100	1189	2646	139	2060	5130
62	461	857	101	1210	2701	140	2084	5202
63	478	897	102	1231	2757	141	2108	5275
64	496	936	103	1252	2814	142	2132	5348
65	514	976	104	1273	2870	143	2156	5422
66	532	1016	105	1294	2928	144	2180	5496
67	550	1057	106	1315	2985	145	2205	5570
68	568	1098	107	1337	3043	146	2229	5645
69	586	1140	108	1356	3102	147	2254	5721
70	604	1182	109	1379	3161	148	2278	5796
71	623	1225	110	1401	3220	149	2303	5873
72	641	1268	111	1422	3280	150	2328	5949
73	660	1311	112	1444	3340	151	2353	6026
74	647	1355	113	1468	3400	152	2378	6104
75	697	1399	114	1488	3462	153	2403	6182
76	716	1444	115	1510	3524	154	2428	6260
77	734	1489	116	1532	3585	155	2453	6339
78	753	1534	117	1554	3648			

Fuente: Autores

Se escogió los valores y se los reemplazo en la ecuación:

$$IV = 100 \frac{137 - 41,747}{137 - 109}$$

$$IV = 340,189$$

3.3.3.5 Punto de inflamación. Este método de ensayo puede usarse para medir y describir las propiedades de los materiales, productos o sistemas en respuesta al calor y al fuego bajo condiciones controladas de laboratorio, y no puede usarse para describir o valorar el peligro o el riesgo de incendio de materiales, productos o sistemas bajo condiciones reales de fuego. Sin embargo, los resultados de este método de ensayo pueden ser usados como elementos de la valoración del riesgo de incendio, la cual toma en consideración todos los factores que son pertinentes para

una evaluación del riesgo de incendio de un uso final en particular. (NTE INEN 1047, 2013)

Se realiza el siguiente procedimiento:

- Utilizando una probeta graduada y tomando precauciones para evitar mojar la copa sobre la línea que marca el nivel final del líquido, medir $50 \pm 0,5$ mL de la muestra y colocarla en la copa. Tanto la muestra como la probeta deben ser previamente enfriadas, cuando se necesite, de modo que la temperatura del espécimen al momento de realizarla medición sea 27 ± 5 °C (80 ± 10 °F) o al menos este 10 °C (18 °F) por debajo del punto de inflamación esperado; la que sea menor. Es esencial que la temperatura de la muestra sea mantenida al menos 10 °C (18 °F) por debajo del punto de inflamación esperado durante las transferencias desde el contenedor de la muestra a la probeta y desde la probeta a la copa de ensayo. (NTE INEN 1047, 2013)
- Encender la llama de prueba, en caso de ser utilizada, ajustándola al tamaño de la pequeña esfera situada sobre la tapa de la copa. Operar el mecanismo colocado sobre la tapa de tal manera que la fuente de ignición pueda ser introducida en el espacio de vapor de la copa y retirada de nuevo inmediatamente. El tiempo empleado para la operación completa debería ser de 1 s, manteniéndose intervalos iguales de tiempo para la introducción y retorno de la fuente de ignición. Evitar cualquier indecisión al bajar y subir la fuente de ignición. Cuando una llama fugaz sea observada apenas se haya iniciado el mecanismo, se debe detener el ensayo y descartar el resultado. En este caso, una nueva muestra debe ser enfriada 10 °C (18 °F) por debajo de la temperatura a la que el espécimen fue inicialmente colocado para el ensayo. (NTE INEN 1047, 2013)
- Si el incremento de temperatura de la muestra no está dentro de la tasa especificada a cualquier momento entre la primera introducción de la fuente de ignición y la observación del punto de inflamación, se debe detener el ensayo, descartar el resultado y repetirlo, ajustando la fuente de calor para asegurar la tasa apropiada de incremento de temperatura y/o se pueda utilizar "un punto de inflamación esperado modificado", según como se requiera. (NTE INEN 1047, 2013)

Figura 17. Medidor manual de punto de inflamación por copa cerrada Tag



Fuente: <http://www.ptc.com.co/productos/medidor-manual-de-punto-de-inflamacion-por-copa-cerrada-tag.jpg>

3.3.3.6 *Punto de congelación.* Tras un calentamiento previo, la muestra se enfría a un valor especificado y se examina a intervalos de 3 °C para la característica de flujo. La temperatura más baja de la muestra que se observa en el movimiento se registra como punto de fluidez. (NTE INEN 1982, 1993)

El punto de fluidez de un espécimen de petróleo es un índice de la temperatura más baja a la cual fluye para aplicaciones seguras. En conjunto con el punto de nube, se convierte en otra medida del desempeño del combustible a bajas temperaturas. A su vez, este parámetro tiene relevantes implicaciones en la manipulación del combustible a bajas temperaturas.

3.3.3.7 *Índice de acidez.* Corresponde a la valoración del contenido en ácidos grasos libre, proveniente de la hidrólisis de los glicéridos. Se expresa normalmente como grado de acidez o acidez libre, que representa el porcentaje de dichos ácidos expresados en ácido oleico. También puede expresarse como índice de acidez, que es el número de miligramos de KOH necesarios para neutralizar 1 g de grasa.

Para la determinación del índice de acidez se llevó con el siguiente procedimiento:

- Poner en el matraz 2 – 5 g de grasa.
- Disolver en 10 mL de mezcla alcohol – éter. Agitar para disolver la grasa.

- Se añade 5 mL de solución de fenolftaleína y se valora con la solución alcali utilizado (KOH).

Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$IA = \frac{V * N * 56,1}{P} \quad (7)$$

Dónde:

V = volumen en mL de la solución de álcali utilizados (solución potasa).

N = normalidad de la solución de KOH.

P = peso en gramos de la muestra utilizada.

3.3.3.8 Índice de refracción. Mide la relación aire-sustancia de una muestra concreta. Nos sirve para identificar un tipo de aceite o investigar adulteraciones en el mismo.

Para la determinación del índice de refracción se realizó el siguiente procedimiento:

- Colocar un par de gotas de aceite filtrado entre los prismas del refractómetro.
- Leer el índice de refracción.
- Anotar la temperatura de trabajo.
- Para las grasas sólidas el factor de corrección es de 0,00036 (referido a 40 °C).

Figura 18. Refractómetro de ABBE



Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/--sMIJFkifn4/TtwSBD1ShTI/AAAAAAAAAKM/iM-tF9WutRM/s320/refractometro-abbe-441037.jpg>

3.3.4 *Identificación de las características del aceite obtenido de los residuos de banano.* En la Tabla 18 se observa las características del aceite obtenido como son: densidad, viscosidades absolutas a 40 – 100 °C, viscosidades cinemáticas a 40 – 100 °C, índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de congelación, índice de acidez e índice de refracción.

La determinación de estas características nos ayudará a comparar con lubricantes minerales y verificar si el aceite obtenido cuenta con los parámetros necesarios para funcionar como un lubricante automotriz apropiado.

Tabla 18. Características físico – químicas del aceite obtenido

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	VALOR
Densidad a 15 °C	g / cm ³	0,8814
Viscosidad absoluta a 40 °C	g / cm*s	0,367958
Viscosidad absoluta a 100 °C	g / cm*s	0,118272
Viscosidad cinemática a 40 °C	cSt	41,747
Viscosidad cinemática a 100 °C	cSt	13,4187
Índice de viscosidad		340,189
Punto de inflamación	° C	250
Punto de congelación	° C	5
Índice de Acidez		1,85
Índice de Refracción		1,4016

Fuente: Autores

3.3.5 *Cantidad de aceite requerido.* En la Tabla 19 se muestra la cantidad de aceite que se obtiene por cada gramo de grasa que se extrajo de cada una de las muestras.

Se aplicó la siguiente fórmula para la determinación de volumen:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (8)$$

Dónde:

ρ = Es la densidad del aceite extraído

M = es la masa de grasa obtenida

V = es volumen obtenido

Tabla 19. Cantidad de aceite obtenido por grasa obtenida

MUESTRA	PESO DEL DEDAL (g)	CANTIDAD DE GRASA OBTENIDA (g)	VOLUMEN DE ACEITE (mL)
1	12,0011	0,9507	1,079
2	12,0008	0,9074	1,029
3	12,0005	0,875	0,993
4	12,0007	0,9071	1,029
5	12,0012	0,9511	1,079
6	12,0027	0,9171	1,041
7	12,0006	0,9059	1,028
8	12,0015	0,9028	1,025
9	12,0008	0,8829	1,002
10	12,0013	0,9231	1,048
TOTAL	120,0112	9,1231	10,353

Fuente: Autores

En la siguiente Tabla 20 muestra la cantidad requerida de aceite por cantidad de grasa obtenida.

Tabla 20. Cantidad de aceite extraído

CANTIDAD DE GRASA (g)	CANTIDAD DE ACEITE (mL)
9,1231	10,353
17,6241	20
26,4361	30
35,2481	40
44,0602	50

Fuente: Autores

La Tabla 21 muestra la relación que hay entre la grasa obtenida con la cantidad de masa deshidratada.

Tabla 21. Relación de masas

PESO (g)	CANTIDAD DE GRASA (g)
120,0112	9,1231
231,8389	17,6241
347,7577	26,4361
463,6765	35,2481
579,5966	44,0602

Fuente: Autores

Para encontrar el verdadero valor o cantidad de materia prima se multiplica la cantidad de masa deshidratada por el porcentaje de humedad que encontró.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS DEL ACEITE LUBRICANTE OBTENIDO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

4.1 Características de aceites lubricantes comunes

Se escoge diferentes aceites lubricantes comunes para comparar sus características y luego diferenciar con el aceite obtenido.

Para la comparación se eligió aceites multigrados SAE 10W30, 15W40, 20W50 ya que los mencionados son los más utilizados.

Las principales ventajas que cumplen estos aceites son:

- Se adhieren a las partes críticas del motor cuando el aceite se escurre al cárter.
- Se adhieren al motor proporcionando una capa de protección activa y continua especialmente durante el encendido y el calentamiento y continúan durante toda la jornada.
- Se unen a las superficies del metal para protegerlo contra el desgaste.
- Formulados con tecnología sintética para proporcionar una protección superior en aplicaciones de altas y bajas temperaturas y en cualquier estilo y condición de manejo.

4.1.1 Aceite SAE 5W30. En la Tabla 22 se observa las características dicho aceite. Se detalla las pruebas más relevantes que se tiene de los aceites lubricantes convencionales, especificando sus respectivas unidades y sus valores referentes; lo cual ayuda para la comparación con nuestro aceite obtenido. Estas pruebas y sus valores son de los aceites más utilizados más usados en nuestro medio con el fin de obtener diferencias y similitudes durante la comparación. Los demás aceites a comparar cumplen con las mismas especificaciones.

Tabla 22. Características del aceite 5W30

Prueba	Unidad	Valor Típico
Densidad relativa a 15,6 °C		0,85
Viscosidad a 40 °C	cSt	53
Viscosidad a 100 °C	cSt	9,5
Índice de viscosidad		162
Punto de inflamación	°C	185
Punto de escurrimiento	°C	-45
Cenizas sulfatadas	% peso	1,2

Fuente: Autores

4.1.2 *Aceite SAE 10W30.* En la Tabla 23 se observa las características dicho aceite.

Tabla 23. Características del aceite 10W30

Prueba	Unidad	Valor Típico
Densidad relativa a 15,6 °C		0,86
Viscosidad a 40 °C	cSt	75,8
Viscosidad a 100 °C	cSt	11,3
Índice de viscosidad		140
Punto de inflamación	°C	< 200
Punto de escurrimiento	°C	- 36
Cenizas sulfatadas	% peso	0,9

Fuente: Autores

4.1.3 *Aceite SAE 15W40.* En la Tabla 24 se observa las características dicho aceite. Este tipo de aceite es recomendado para uso en vehículos diésel turboalimentados, se lo añade a la comparación al igual que los de gasolina para observar y comparar con nuestro aceite obtenido para ver si posee diferencias y similitudes. Este tipo de aceite se caracteriza por ser utilizado a trabajos extremos.

Se describe con las mismas especificaciones, valores y unidades de los anteriores aceites.

Tabla 24. Características del aceite 15W40

Prueba	Unidad	Valor Típico
Densidad relativa a 15,6 °C		0,877
Viscosidad a 40 °C	cSt	110,7
Viscosidad a 100 °C	cSt	15,3
Índice de viscosidad		139
Punto de inflamación	°C	> 200
Punto de escurrimiento	°C	- 30
Cenizas sulfatadas	% peso	0,95

Fuente: Autores

4.1.4 *Aceite SAE 20W50.* En la Tabla 25 se observa las características dicho aceite.

Tabla 25. Características del aceite 20W50

Prueba	Unidad	Valor Típico
Densidad relativa a 15,6 °C		0,883
Viscosidad a 40 °C	cSt	183
Viscosidad a 100 °C	cSt	19,9
Índice de viscosidad		126
Punto de inflamación	°C	< 200
Punto de escurrimiento	°C	- 27
Cenizas sulfatadas	% peso	0,98

Fuente: Autores

4.2 Análisis de las similitudes y diferencias del aceite lubricante de residuo de banano con respecto a los aceites lubricantes comunes

Especificadas las características más relevantes de los aceites minerales, procedemos a comparar con el aceite de banano.

En la Tabla 26 se observa la comparación de los aceites, presentado sus especificaciones con sus respectivos valores y unidades; además se aprecia que características se asemejan y a la vez se diferencian.

Tabla 26. Comparaciones de aceites

ESPECIFICACIÓN	ACEITE EXP.	SAE 5W30	SAE 10W30	SAE 15W40	SAE 20W50
Densidad relativa 15 °C	0,8814	0,85	0,86	0,877	0,883
Viscosidad cinemática a 100 °C	13,4187	De 9,5	11,3	15,3	19,9
Viscosidad cinemática a 40 °C	41,747	53	75,8	110,7	183
Índice de viscosidad	340,189	162	140	139	126
Punto de inflamación	250	185	< 200	> 200	< 200
Punto de escurrimiento	5	-45	-36	-30	-27

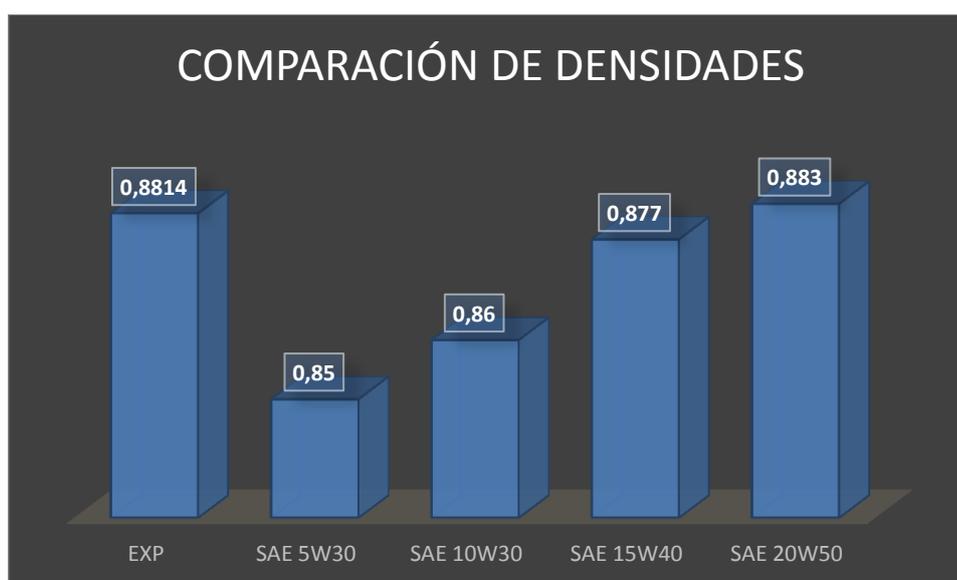
Fuente: Autores

4.2.1 Comparación grafica de las propiedades de los aceites

4.2.1.1 Densidades. En la Figura 19 se compara las diferentes densidades de los aceites, la cual están a temperatura de 15 °C.

Observaremos si están a un mismo valor o hay diferencia entre ellas.

Figura 19. Comparación de densidades de los aceites

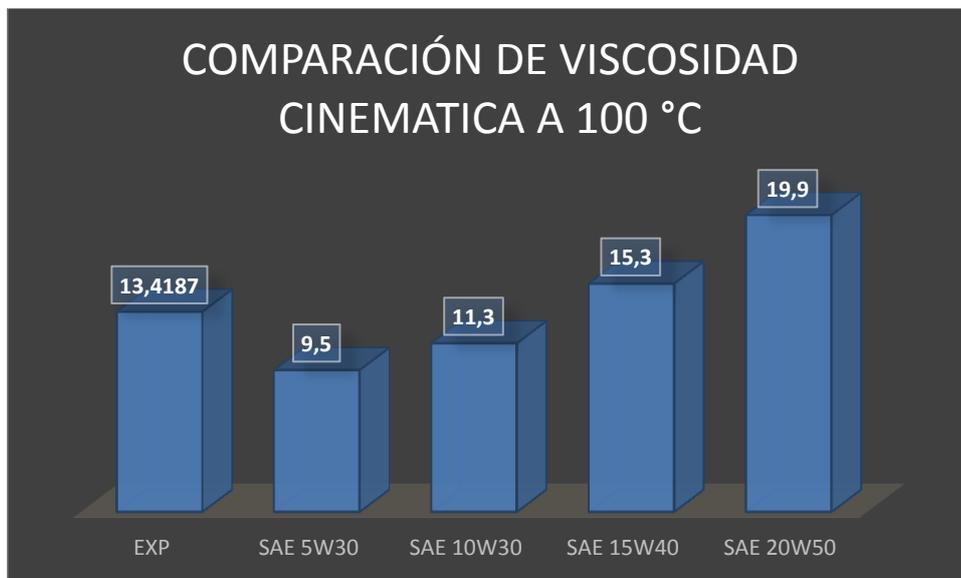


Fuente: Autores

La densidad del aceite experimental cumple con el valor específico de un aceite, ya que si este valor es muy elevado habrá problemas ya que puede unirse o mezclarse con otras sustancias como agua o combustibles.

4.2.1.2 Viscosidad cinemática a 100 °C. En la Figura 20 se compara las diferentes viscosidades cinemáticas de los aceites, la cual están a temperatura de 100 °C.

Figura 20. Comparación de viscosidades cinemáticas a 100°C de los aceites



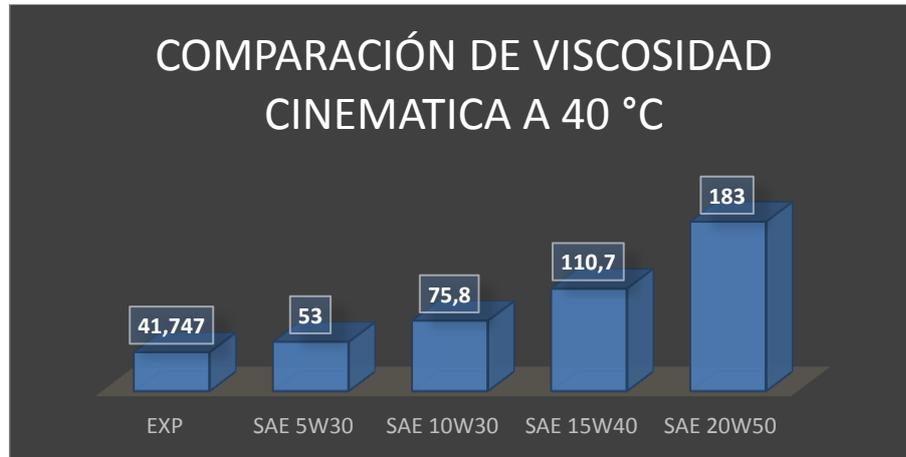
Fuente: Autores

La viscosidad cinemática a una temperatura de 100 °C del aceite experimental cumple con el valor específico, es decir, que a dicha temperatura es fluido y tiene una película aceptable, ya que si es menos viscoso los componentes a lubricar pueden sufrir desgaste máximo, por la fricción mutua de dichos elementos.

4.2.1.3 Viscosidad cinemática a 40 °C. En el Figura 21 se compara las diferentes viscosidades cinemáticas de los aceites, la cual están a temperatura de 40 °C.

Se observa que el aceite obtenido de residuos de banano no sufre mucha variación de viscosidad con respecto a la temperatura, propiedad que poseen los aceites vegetales. Se asemeja al aceite SAE 5W30.

Figura 21. Comparación de viscosidades cinemáticas a 40°C de los aceites

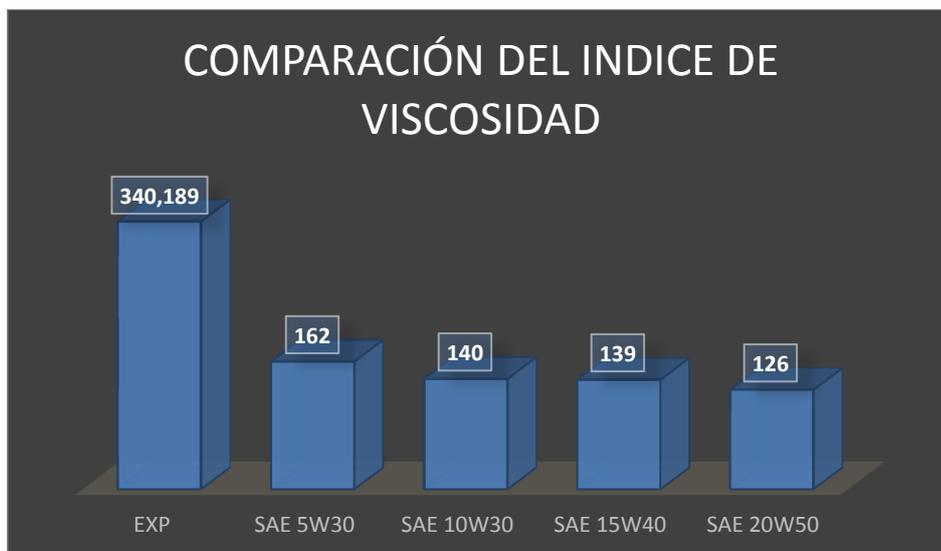


Fuente: Autores

La viscosidad cinemática a una temperatura de 40 °C del aceite experimental, a comparación del resto de aceites es menos viscosa, es decir, fluida de película delgada. Esto puede afectar en el momento del arranque en frío de un motor ya que es fluido y se diluya hasta el cárter y no quede en las paredes de los componentes lo cual se producirá desgaste de los mismos.

4.2.1.4 Índice de viscosidad. En el Figura 22 se compara el índice de viscosidad de los aceites.

Figura 22. Comparación del índice de viscosidad de los aceites

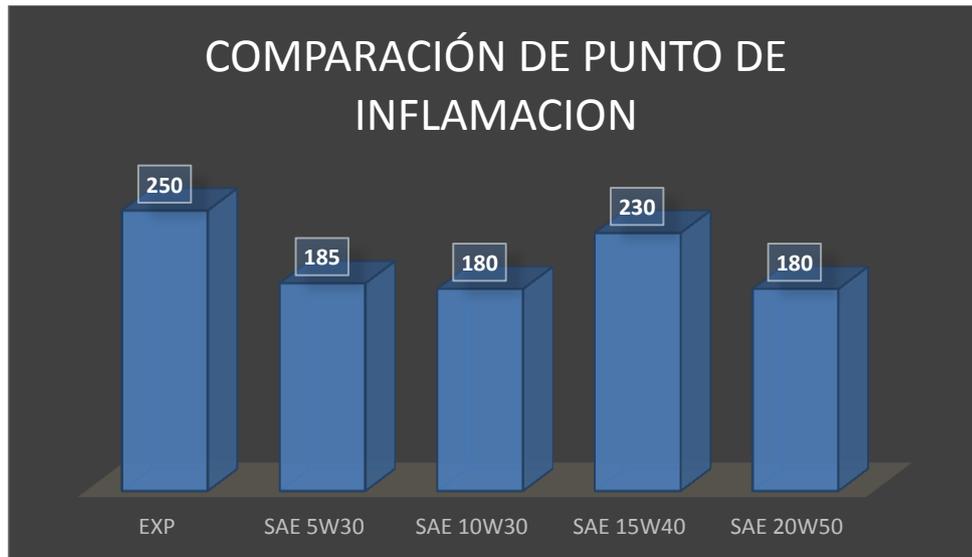


Fuente: Autores

El índice de viscosidad del aceite experimental presenta un valor elevado, ya que cuando sea mayor el índice de viscosidad, menor será la variación de la viscosidad con la temperatura.

4.2.1.5 Punto de inflamación. En el Figura 23 se compara el punto de inflamación de los aceites.

Figura 23. Comparación de punto de inflamación de los aceites



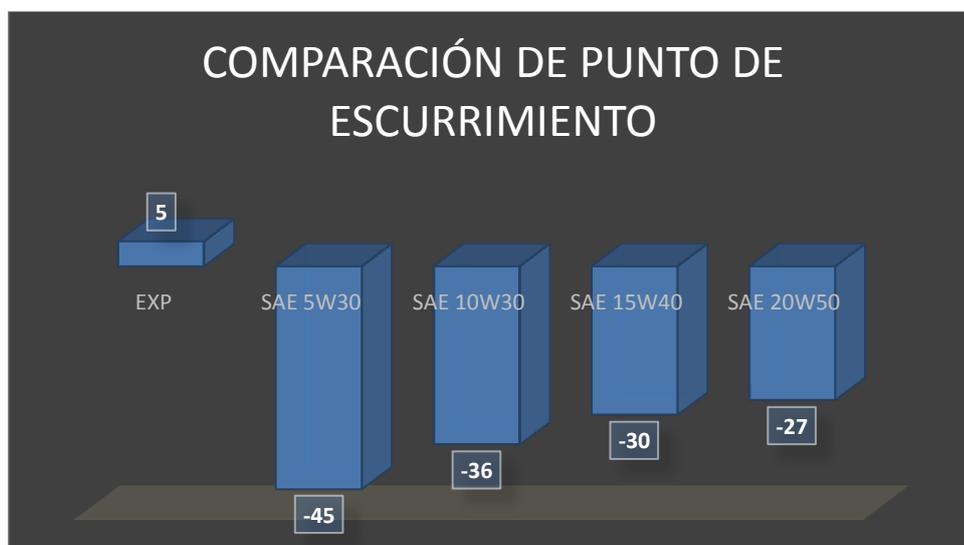
Fuente: Autores

4.2.1.6 Punto de escurrimiento. En el Figura 24 se compara el punto de escurrimiento de los aceites.

Se observa que tiene una diferencia marcada, ya que nuestro aceite experimental presenta un valor alto de punto de escurrimiento en comparación con cada uno de los aceites convencionales utilizados, valor que no es apropiado para un aceite lubricante para que cumpla con los requisitos idóneos de lubricación. Lo que se lograría mejorar mediante aditivos.

Este valor es característico en los aceite vegetales ya que no poseen aditivos para mejorar esa característica por ser naturales

Figura 24. Comparación de punto de escurrimiento de los aceites



Fuente: Autores

El punto de escurrimiento del aceite experimental es alto a comparación con los aceites restantes, esto puede provocar que el aceite no llegue a las partes deseadas o requeridas y además un gran desgaste en la bomba al no llegar a lubricar rápidamente en el arranque en frío.

4.3 Análisis de pruebas del aceite lubricante obtenido realizadas en el laboratorio

4.3.1 Pruebas de oxidación. Los aceites que por su largo período de uso, (aceites lubricantes en circulación), estuvieron expuestos al aire, calor y al contacto con metales, son poco a poco influenciados en sus propiedades lubricantes, se deterioran y oxidan. Esta oxidación es promovida por la incorporación de cuerpos extraños, tales como el polvo, partículas metálicas desprendidas del motor, pelusas, etc. La oxidación del aceite produce como efectos, el aumento de la acidez la formación de cieno y residuos asfálticos. Los motores a explosión y combustión interna provocan también una deterioración del aceite lubricante por la incorporación de nafta o gas – oil. (Ross, 1945 págs. 35-36)

Un aceite oxidado pierde su capacidad para separarse del agua, es decir, se emulsiona con ella. Es por esta razón que un aceite de calidad debe presentar ineludiblemente una dilatada resistencia a la oxidación, lo que permitirá una mayor vida del aceite y una mejor conservación del mecanismo, al evitar la formación de

sustancias ácidas corrosivas, que con gran facilidad atacan a metales tan comunes en maquinarias y motores, como las aleaciones de cobre – plomo y cadmio – plata con que están laborados muchos de los cojinetes de motores Diesel.

Uno de los procedimientos más exactos para determinar el comportamiento de un aceite en lo que respecta a su resistencia a la oxidación es el de medir el volumen de oxígeno que fija por reacción química un peso dado de aceite en unos tiempos determinados de ensayo (20 y 45 h) y a una temperatura constante de (120°C), empleando como catalizador alambre de cobre electrolítico. Dicho volumen es comparado por el fijado por un patrón de referencia que corresponde a un aceite de marca reconocidísima mundialmente.

No es que un aceite al envejecer pierda toda su utilidad, pero si antes de su adquisición o de entrar en servicio se somete a una serie de ensayos para averiguar su tendencia al envejecimiento será posible destinarlo de acuerdo con el resultado a los lugares más apropiados, con la siguiente seguridad en el servicio.

- Evitando los recalentamientos, sobre todo sostenidos.
- Aditivando los aceites, con inhibidores de la oxidación y corrosión.
- Eliminando completamente, mediante lavado, todo el aceite viejo al efectuar el cambio del mismo.
- Utilizando aceites de buena calidad y alta resistencia a la oxidación y, en general, evitando todo lo posible las causas que producen el mencionado envejecimiento y oxidación. (CEAC, 1965 págs. 47-49)

4.3.2 Pruebas de corrosión. El petróleo crudo contiene compuestos de azufre, la mayoría de los cuales se eliminan durante el refinado. Sin embargo, algunos de los compuestos de azufre remanentes en los productos del petróleo, pueden tener una acción corrosiva sobre diversos metales y esta corrosividad no está relacionada directamente con el contenido total de azufre. El efecto puede variar de acuerdo con los tipos de compuestos químicos de azufre presentes. El ensayo de corrosión a la lámina de cobre se diseña para evaluar el grado relativo de corrosividad de un producto del petróleo.

Esta prueba consiste en sumergir una lámina de cobre pulida en un volumen específico de la muestra a ensayar y se calienta bajo condiciones de temperatura y tiempo que se especifican para la clase de material que se está ensayando. Al final del

periodo de calentamiento, la lámina de cobre se retira, se lava y se evalúa el color y nivel de ataque, que se clasifica dentro de una de las cuatro categorías que se señalan en el Patrón de Referencia ASTM para corrosión de lámina de cobre.

El Patrón de Referencia ASTM para corrosión de lámina de cobre presenta los siguientes puntos:

- Contiene reproducciones a color de típicas láminas de ensayo, que representan grados de ataque y corrosión, las reproducciones se encierran en plásticos contruidos en formas de placas para su protección.
- Se debe mantener el revestimiento de plástico protegido de la luz para evitar la posibilidad de decoloración, la cual se puede verificar mediante la comparación de dos láminas diferentes, una de las cuales cuidadosamente está protegida de la luz (por ejemplo, la placa nueva). Observar los dos conjuntos a la luz del día (o equivalente) primero desde un punto directamente por encima y luego desde un ángulo de 45°. Si se observa alguna evidencia de decoloración, particularmente en el extremo izquierdo de la placa, se sugiere que la más descolorida con respecto a la otra, se deseche. (NTE INEN 927, 2013)
- Alternativamente, colocar una cinta opaca de tamaño adecuado (por ejemplo, cinta aislante de color negro de 20 mm) alrededor de la parte superior de la porción coloreada de la lámina cuando se adquiere inicialmente. Retirar la cinta opaca y observar a intervalos regulares. Cuando existe cualquier evidencia de decoloración de la parte expuesta, los Patrones de Referencia deben reemplazarse. (NTE INEN 927, 2013)
- Estas láminas son reproducciones a color de las láminas típicas; las cuales deben imprimirse sobre láminas de aluminio mediante un proceso de 4 colores y deben enmarcarse en plástico para su protección. Las instrucciones para su uso se dan al reverso de cada lámina. (NTE INEN 927, 2013)
- Si la superficie de la cubierta de plástico muestra excesivas rasgaduras, se sugiere reemplazar la placa. (NTE INEN 927, 2013)

Las condiciones de tiempo y temperatura son en términos generales específicas para cada clase de producto, pero dentro de ciertas clases, más de una de estas condiciones se pueden aplicar. En general la gasolina de aviación debe ensayarse en

un recipiente a presión a 100 °C y otros combustibles de alta presión de vapor, como la gasolina natural, a 40 °C. Otros productos líquidos deben ensayarse en un tubo de ensayo a 50 °C, 100 °C o incluso a temperaturas más altas. Las condiciones de tiempo y temperatura que se dan a continuación se citan en las especificaciones ASTM para algunos productos, pero solo son guías. Otras condiciones también se pueden utilizar cuando se requiera por las especificaciones o por acuerdo entre las partes. (NTE INEN 927, 2013)

Los ensayos de corrosión al cobre tienen como fin determinar la capacidad del aceite para atacar a los metales blandos, tales como el cobre, el plomo, etc.

El aceite nuevo y bien refinado, sin aditivos, no suelen ser agresivo con los metales, si bien la presencia de ciertos aditivos, los componentes ácidos que se originan en la degradación del aceite, la contaminación del aceite y las temperaturas altas pueden hacer agresivo al aceite.

Las sustancias corrosivas son especialmente peligrosas con las aleaciones de cobre y plomo. El ataque de estas sustancias deja profundas marcas en la superficie de la aleación. Además estas aleaciones suelen usarse en cojinetes y otras aplicaciones de responsabilidad, con el consiguiente riesgo de rotura ante cargas de trabajo elevadas.

4.3.3 Pruebas de compatibilidad química. Se llama compatibilidad a la capacidad de un lubricante para mezclarse con otro, así como con los elementos del sistema sin reaccionar con ellos y provocar problemas, tales como precipitados o pérdida de prestaciones del lubricante. Si el uso de lubricantes incompatibles no se evita, surgirán estos problemas y pueden causarse daños irreparables en el sistema.

La mayor parte de los casos de incompatibilidad son causados por los aditivos, aunque algunos son debidos al aceite base.

Durante la fase de desarrollo los fabricantes realizan pruebas de compatibilidad con los productos de otros fabricantes, ya que no resulta comercialmente atractivo un producto que no pueda mezclarse con otros. La incompatibilidad puede surgir al mezclarse productos de distinto tipo (para diferentes aplicaciones) o productos del mismo tipo pero de distinto fabricante.

Como regla general, no deben rellenarse los sistemas con más de un 10% de aceite distinto al que tiene (aunque supuestamente sean compatibles), ni mezclar distintos tipos de aceites sintéticos, ya que no todos son compatibles entre sí.

Tabla 27. Bases y compatibilidad

Tipo de aceite base sintético	Compatibilidad con aceite mineral
Alcalibencenos	Muy buena
Polialfaolefinos	Muy buena
Diesteres	Buena
Poliglicoles	Mala
Ester de fosfato	Aceptable
Poliesteres	Aceptable

Fuente: Autores

Cuando se mezclan dos aceites de diferentes características, pero del mismo tipo, se producirá una mezcla de características. Si mezclamos un aceite con viscosidad alta y otro de viscosidad baja, por ejemplo, el resultado será un aceite de viscosidad intermedia a los dos. Lo mismo ocurrirá con otras características. Esto no significa incompatibilidad, sino reajuste de características, y por lo demás, el aceite trabajará perfectamente.

El aceite de un sistema debe ser compatible con los elementos del mismo, tales como las aleaciones metálicas, sellos del sistema, conductos de materiales sintéticos. El carácter químicamente activo de algunos aditivos hace que estos sean agresivos con los metales. Los aditivos que contienen azufre, cloro o fosfatos son agresivos con el cromo, el cobre y el latón.

4.3.4 Pruebas de dispersión. La dispersancia es la capacidad del aceite para mantener dispersos los residuos a lo largo del circuito, evitando que se acumulen.

La capacidad dispersante de un lubricante depende del aceite base, siendo los sintéticos los de mejor capacidad dispersante.

El hollín producido por los motores es la principal causa de deterioramiento de los aceites. El hollín espesa el aceite y lija el árbol de levas, los cilindros o camisas y

frecuentemente los cojinetes. Podemos ver los efectos durante más de 2000 h de trabajo donde no hicieron caso al humo negro ni los análisis del aceite usado.

El problema serio es que el hollín que empezó en la primera muestra con 2.1%, espesando el aceite 15W40 de unos 15 cSt a 17.25 cSt y lijando 42 ppm de hierro, 6 de cromo, 4 de plomo (cojinetes) y 5 de cobre.

Esto empeoró en la segunda muestra a 3.2 % de hollín, espesando el aceite a 16,34 cSt y lijando 49 ppm de hierro, 8 de cromo, 4 de plomo y 5 de cobre.

Para el tercer periodo acortaron el cambio de aceite a 250 h, pero ya tenían 2.5% de hollín, una viscosidad de 20 cSt (seguramente lodo acumulado desde antes).

Tabla 28. Efecto de hollín en el motor

Metales (ppm)		
Hierro (Fe)	70	49
Cromo(Cr)	3	2
Plomo(Pb)	3	4
Cobre(Cu)	25	26
Estaño(Sn)	7	2
Aluminio(Al)	10	4
Níquel(Ni)	<1	<1
Plata(Ag)	<1	<1
Titanio(Ti)	<1	<1
Vanadio(V)	<1	<1
Pruebas Físicas		
Viscosidad(cSt 100C)	11.3	8.4
% Combustible	3	7
Hollín (%)	1.2	2.7
SAE Rating Determination	30	20
Contaminantes (ppm)		
Silicio	13	8
Sodio(Na)	7	4
Potasio(K)	8	5
Agua (%)	<0.05	<0.05
Refrigerante	No	No

Fuente: Autores

Este 15W40 debía haber mantenido su viscosidad entre 12.5 y 16.3, pero el alto hollín la subió a más de 30 en la primera muestra. También podemos ver el nivel de silicio en la primera y últimas dos muestras muy encima del máximo de 10 ppm permitido.

En este próximo ejemplo muestra el efecto de alto hollín. 3.1% de hollín subió la viscosidad a 21.12, causando alto desgaste de hierro y cojinetes de bronce en solo 5500 km.

Tabla 29. Variación de la viscosidad y desgaste de partes

Motor	Hierro	Cobre	Plomo	Aluminio	Silicio	Cromo	Estaño
Cojinetes		X	X	X			X
Bujes		X		X			X
Árbol de levas	X						
Cigüeñal	X						
Camisa	X					X	
Empaques					X		
Carcasa	X			X			
Bomba de aceite	X			X			
Pistones	X			X			
Anillos						X	
Turbo	X			X			
Guías de válvulas							
Tren de válvulas	X						
Bujes de bielas		X	X	X			X
Bielas	X						

Fuente: Autores

4.3.5 Pruebas de cizalladura. Estas pruebas tienen por objetivo determinar la máxima o la mínima resistencia de los lubricantes a los esfuerzos mecánicos que tienden a provocar la ruptura de las moléculas de ciertos componentes.

El aceite se degrada con el uso. En los siguientes ejemplos se muestra los cambios de viscosidades que sufren los aceites por horas de trabajo. En el primer ejemplo, el aceite sólo tiene 160 h de uso en un motor relativamente nuevo. Sabemos que la viscosidad a 100 °C tiene que mantenerse entre 12.5 cSt a 16.29 cSt para SAE 15W40

y en este caso ya se bajó 12.67 cSt. La combustión del motor está bien y no hay contaminantes que lo espesa.

En el segundo ejemplo, vemos que este aceite también es relativamente nuevo. Solo tiene 186 h de uso en un motor también relativamente nuevo. Sabemos que viscosidad a 100 °C debería mantenerse 12.5 cSt y 16.29 cSt y en éste caso ya se bajó a 12.4 cSt. La combustión de este motor está bien y no hay contaminantes que lo espesa. Esta pérdida de viscosidad ya demuestra desgaste prematuro de cojinetes con 9 ppm de plomo y 2 ppm de cobre. También se ve que hay 39 ppm de desgaste de hierro (probablemente camisas) y 1 de cromo (anillos).

En la tercera muestra tenemos el mismo aceite en un motor y recorrido parecidos. El aceite tiene 319 h de uso, y perdió su viscosidad. El resultado es desgaste de cojinetes, de anillos y camisas.

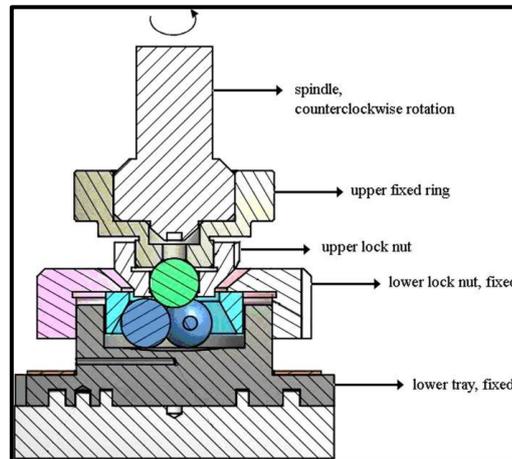
Este aceite también perdió su viscosidad debido a su base de baja calidad compensada por polímeros que se quemaron, pero la mala combustión del motor causó una acumulación de hollín que espesó el aceite. El desgaste prematuro de cojinetes causado por la falta de lubricación es evidente en el contenido de 24 ppm de plomo y 12 ppm de cobre. También se ve desgaste prematuro en 90 ppm de hierro de las camisas y 4 ppm de cromo.

4.3.6 Pruebas de resistencia a la presión. No existe un aparato que pueda medir directamente la máxima o la mínima resistencia de una capa de aceite a la presión. En laboratorio las diferentes propiedades (untuosidad, resistencia de la capa de aceites, alta presión, presión extrema) solamente pueden ser estudiadas por medio de sus efectos, esto con la ayuda de los bancos de pruebas que permiten provocar variaciones, una tras otra, en los factores susceptibles de influenciar tal resistencia. Par las grasas se realizan las mismas pruebas que las efectuadas en los aceites; son realizadas con ayuda de aparatos especiales: máquinas de 4 bolas, Timken.

Ensayo de cuatro bolas. En este ensayo los elementos rozantes son cuatro bolas unidas en contacto puntual y formando un conjunto a modo de tetraedro equilátero. La bola superior es obligada a girar, sometida a distintas cargas, sobre las otras tres que permanecen fijas. Con esta máquina se pueden determinar varias características:

cargas de gripado y soldadura, desgaste, carga media de Hertz y coeficiente de rozamiento.

Figura 25. Máquina de 4 bolas



Fuente:http://tribology.asmedigitalcollection.asme.org/data/Journals/JOTRE9/28794/031801_1_f1.jpeg

4.3.7 *Desgaste de elementos de los componentes del motor.* Para reducir el desgaste utilizando el análisis de aceite, tenemos que extender de qué partes del motor provienen esas partículas de desgaste. Existen muchos diseños de motores, utilizando varios materiales.

En general, los bujes y cojinetes de árbol de levas, martillo, pasadores y pistones de bronce, mientras los cojinetes de bielas y bancada que reciben mayores fuerzas son de dos o tres metales. La última capa normalmente es de plomo para gastarse en el asentado del motor y dejar mejor circulación del aceite sin turbulencia.

Hierro. El primer elemento que miramos es el hierro. Normalmente el hierro viene de la fricción entre las paredes de los cilindros (sean camisas o el bloque mismo) y los anillos. Pero también puede ser del árbol de levas, el cigüeñal, las válvulas, los cojinetes, la bomba de aceite, los engranajes de cadencia, el turbo, las guías de válvulas o las bielas.

Puede provenir del desgaste o herrumbre. Un motor que tiene aceite contaminando por tierra, falta de viscosidad, o alto hollín tendrá desgaste por contacto o falta de lubricación. Si el aceite está con agua, todas las piezas de hierro son sujetas a

herrumbrarse. Si la herrumbre es severa, puede continuar después de corregir el problema hasta que el aceite logre controlarla.

Cobre. El cobre viene normalmente de los cojinetes, bujes, enfriador del aceite, arandela de empuje, guías de válvulas y bujes bielas.

Los cojinetes y bujes normalmente son aleaciones y capas de diferentes metales blandos diseñados para absorber impacto y desgaste en lugar del cigüeñal y las bielas. El residuo de estos elementos viene de desgaste o corrosión.

Figura 26. Desgaste de rodamientos



Fuente: <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT0z5Ti02bNnMqLsZWak8cBijYc9Z4aCNC54IbrTLubFmgSfSS4Yw>

Plomo. El plomo viene de los cojinetes, volandas de empuje, bujes de bielas. También puede llegar en la gasolina. La causa más común del plomo en el aceite es la corrosión de los cojinetes en motores que son guardados un mes o más con aceite semi-usado o sucio.

Cromo. El cromo viene de la camisa, las válvulas de escape, los anillos, y algunos cojinetes. El desgaste de cromo normalmente se origina con la contaminación de aceite.

Estaño. El estaño viene de las aleaciones de metales en los cojinetes y bujes (varios) y volandas de empuje. Estos dependen 100% de la lubricación hidrodinámica.

Plata. La mayoría de los motores no tienen piezas de plata, pero en los que tienen el uso de lubricantes con zinc causará corrosión de plata.

Tabla 30. Límites de desgaste normal

Elemento	Ppm	Comentarios
Silicio	2-10	Niveles encima de 10 ppm empiezan a mostrarse con un desgaste significativo.
Hierro	2-50	Un motor pequeño debería ser entre 2 y 15 ppm, mientras un motor grande puede ser entre 10 y 15 ppm.
Cromo	1-8	Depende mucho de la cantidad de piezas cromadas en el motor.
Aluminio	2-15	Después de descartar lo que entró con la tierra, dependerá mucho del diseño del motor. Un bloque de aluminio mostrará más desgaste de aluminio y menos partículas de hierro.
Cobre	2-5	Aceleración fuerte o enfriador de aceite mostrará valores más altos. Muchos motores pueden quedar cerca de 5 ppm.
Sodio	0-10	Depende del combustible y del medio ambiente. Valores mayores son contaminaciones por agua.
Plomo	2-10	Aceleración fuerte o largos periodos sin utilizar el motor, falta de viscosidad del aceite o motor sin usar varios meses.
Estaño	1-2	Aceleración fuerte en algunos motores, falta de viscosidad en el aceite.

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE COSTOS

En la toma de datos sobre los diferentes costos directos e indirectos que influyeron en el proceso de investigación de nuestra tesis, se detalla los costos de materiales para la debida investigación con el fin desarrollar nuevas alternativas de obtención de nuevos aceites lubricantes.

5.1 Costos directos

Tabla 31. Costos directos

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNIT.	COSTO
6	Soxhlet	120	720
10 Lt	Hexano como solvente	50	100
24	Dedales para soxhlet	-	140
10 m ³	Agua	-	10
2	Papel filtro de celulosa	40	80
1	Rota vapor	300	300
TOTAL			1350

Fuente: Autores

5.2 Costos indirectos

Tabla 32. Costos indirectos

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
	Costo ingenieril	67,50
	Documentación e investigación	250
	Movilización	100
	Utilidad	0
TOTAL		417,50

Fuente: Autores

5.3 Costos totales

Tabla 33. Costos totales

DESCRIPCIÓN	COSTO
Costos directos	1345
Costos indirectos	417,50
Total	1762,50

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Mediante el desarrollo de la presente tesis se demostró que se obtuvo aceite lubricante, mediante procesos con nuevas fuentes alternativas a las existentes, ayudando al desarrollo investigativo universitario.

En el estudio realizado se caracterizó las distintas partes de la planta de banano, su composición físico-química en forma teórica que nos ayudó a diferenciar residuos con mayor contenido de grasas.

Una vez que se identificó los procesos para la obtención de aceite lubricante a partir de residuos de banano, se definió el proceso a utilizar el cual fue, el método de extracción soxhlet ya que tiene la ventaja de que el solvente y la muestra están en contacto íntimo y repetido; además favorable en tejidos vegetales con elevado contenido de agua.

Al analizar el aceite obtenido de los residuos de banano determinamos: viscosidades, densidades, índice de viscosidad, punto de inflamación y punto de congelación las cuales son las más relevantes para su respectiva comparación.

Al comparar las características obtenidas del aceite de banano con las de aceites convencionales, se obtuvo que su índice de viscosidad y punto de congelación es alto, el cual indica que el aceite obtenido tendrá un comportamiento diferente a un aceite convencional.

Se encontró dificultades para realizar las pruebas en un motor de combustión interna ya que por ser un aceite nuevo tendrá características diferentes a un aceite lubricante convencional.

6.2 Recomendaciones

Tomar en cuenta en el desarrollo, extracción y elaboración de un aceite lubricante las normas INEN que son el fundamento básico para la correcta utilización de laboratorio (equipos, disolventes, reactivos). Tener precaución en el momento de la manipulación de disolventes y reactivos, ya que son nocivos al inhalarlos y tener contacto.

Utilizar residuos de banano en estado proveniente de la cosecha, ya que si los residuos se encuentran en estado de maduración o putrefacción las grasas se pierde en su totalidad debido a la descomposición química que sufre.

Definir la cantidad de materia prima que se necesita para obtener una cantidad específica de aceite, ya que por la humedad que posee se requiere grandes cantidades de residuos.

Analizar costos de los aditivos y pruebas, se debe buscar convenio con las petroquímicas para que faciliten con los aditivos y bancos de pruebas. Aprovechar el impulso tecnológico e investigativo que se está realizando en nuestro país

Desarrollar nuevos estudios para determinar el uso de aditivos para el mejoramiento del aceite obtenido. Además desarrollar bancos de pruebas que ayuden a demostrar la funcionalidad de un aceite biolubricante óptimo.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, Isabel Sierra, Zarcero, Sonia Morante y Quintanilla, Damián Pérez. 2007. *Experimentación en Química Analítica*. Madrid : DYKINSON, 2007.

CEAC. 1965. *Lubricantes su Empleo y Selección*. Barcelona, España : CEAC, Ediciones, 1965.

NTE INEN 1047. 2013. *Productos de Petróleo. Determinación del punto de inflamación. Método TAG en copa cerrada*. Quito : NTE, 2013.

NTE INEN 1982. 1993. *Productos derivados del Petróleo. Determinación del punto de escurrimiento*. Quito : NTE, 1993.

NTE INEN 2027. 2011. *Productos derivados del Petróleo. Aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de Otto*. Quito : INEN, 2011.

NTE INEN 2030. 2011. *Productos derivados del Petróleo. Aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de Diésel*. Quito : INEN, 2011.

NTE INEN 810. 2013. *Productos de Petróleo. Determinación de la viscosidad cinemática y dinámica en líquidos transparentes y opacos*. Quito : NTE, 2013.

NTE INEN 927. 2013. *Productos de Petróleo. Determinación de la corrosión de la lámina de cobre*. Quito : NTE, 2013.

Ross, C. 1945. *Lubricación de Máquinas*. Barcelona, España : José Montesó, 1945.

ANEXOS

ANEXO A

NTE INEN 2030:2011 PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. ACEITE LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CICLO DE DIESEL.

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de diesel.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los aceites lubricantes utilizados para motores de ciclo de diesel.

2.2 Esta norma no se aplica a los aceites lubricantes para motores de dos tiempos.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Aceites básicos minerales*. Producto derivado directo de la refinación del petróleo usado en la producción de lubricantes.

3.1.2 *Aceites básicos sintéticos*. Aquellos obtenidos por procedimientos petroquímicos

3.1.3 *Aceites básicos semisintéticos*. Son productos obtenidos de la mezcla de aceites básicos minerales con aceites básicos sintéticos.

3.1.4 *Aceite monógrado*. Aquel que tiene un solo grado de viscosidad SAE.

3.1.5 *Aceite multigrado*. Aquel que tiene dos grados de viscosidad SAE.

3.1.6 *Aditivos*. Compuesto que se agrega a los aceites básicos con el fin de impartir nuevas propiedades o reforzar algunas ya existentes.

3.1.7 *API*. Siglas en el idioma inglés del Instituto Americano del Petróleo, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece la clasificación y nomenclatura de los aceites lubricantes, según el nivel de desempeño.

3.1.8 *ASTM*. Siglas en el idioma inglés de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece estándares de calidad y métodos de ensayo de laboratorio.

3.1.9 *Clasificación API*. Orden sistemático de las categorías de acuerdo con los diferentes niveles de desempeño en ensayos patrón para motores de combustión interna de ciclo de Otto y ciclo de diesel

3.1.10 Categoría API. Designación tal como CF, CF-4, CG-4, CH-4, CI-4, CJ-4 o superiores, que definen un nivel de desempeño del lubricante, conforme la clasificación API.

3.1.11 Lote. Es la cantidad específica de producción de aceite lubricante, que cuenta con características uniformes, que se somete a inspección como una unidad.

3.1.12 Muestra. Es una cantidad representativa de aceite lubricante, extraída de un lote, a la que se le realiza los análisis de laboratorio, cuyos resultados permitirán evaluar una o más características de calidad de ese lote. Esto servirá para tomar decisiones sobre dicho lote o sobre el proceso que lo produjo.

3.1.13 SAE. Siglas en el idioma inglés de la Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece la clasificación de los aceites lubricantes para motores de combustión interna, según la viscosidad.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Clasificación por la viscosidad:

4.1.1 Clasificación SAE para aceites lubricantes monógrados (ver tabla 1)

TABLA 1. Clasificación de los aceites lubricantes monógrados para motor, por su viscosidad (Basada en norma SAE J300)

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Dinámica máxima a temperatura mínima (mPa – s a °C)		Viscosidad Cinemática a 100 °C (m ² /s)	
	Arranque	Bombeo	Mín.	Máx.
0W	6200 a -35	60000 a -40	3,8 x 10 ⁻⁶	
5W	6600 a -30	60000 a -35	3,8 x 10 ⁻⁶	
10W	7000 a -25	60000 a -30	4,1 x 10 ⁻⁶	
15W	7000 a -20	60000 a -25	5,6 x 10 ⁻⁶	
20W	9500 a -15	60000 a -20	5,6 x 10 ⁻⁶	
25W	13000 a -10	60000 a -15	9,3 x 10 ⁻⁶	
20			5,6 x 10 ⁻⁶	< 9,3 x 10 ⁻⁶
30			9,3 x 10 ⁻⁶	< 12,5 x 10 ⁻⁶
40			12,5 x 10 ⁻⁶	< 16,3 x 10 ⁻⁶
50			16,3 x 10 ⁻⁶	< 21,9 x 10 ⁻⁶
60			21,9 x 10 ⁻⁶	< 26,1 x 10 ⁻⁶

4.1.2 Clasificación SAE para aceites lubricantes multigrados (ver tabla 2).

TABLA 2. Clasificación de los aceites lubricantes multigrados para motor, por su viscosidad cinemática

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Cinemática a 100 °C	
	Mín.	Máx.
0W20	5,6 x 10 ⁻⁶	9,3 x 10 ⁻⁶
0W30	9,3 x 10 ⁻⁶	12,5 x 10 ⁻⁶
0W40	12,5 x 10 ⁻⁶	16,3 x 10 ⁻⁶
5W20	5,6 x 10 ⁻⁶	9,3 x 10 ⁻⁶
5W30	9,3 x 10 ⁻⁶	12,5 x 10 ⁻⁶
5W40	12,5 x 10 ⁻⁶	16,3 x 10 ⁻⁶
5W50	16,3 x 10 ⁻⁶	21,9 x 10 ⁻⁶
10W30	9,3 x 10 ⁻⁶	12,5 x 10 ⁻⁶
10W40	12,5 x 10 ⁻⁶	16,3 x 10 ⁻⁶
15W40	12,5 x 10 ⁻⁶	16,3 x 10 ⁻⁶
15W50	16,3 x 10 ⁻⁶	21,9 x 10 ⁻⁶
20W20	5,6 x 10 ⁻⁶	9,3 x 10 ⁻⁶
20W30	9,3 x 10 ⁻⁶	12,5 x 10 ⁻⁶
20W40	12,5 x 10 ⁻⁶	16,3 x 10 ⁻⁶
20W50	16,3 x 10 ⁻⁶	21,9 x 10 ⁻⁶
25W50	16,3 x 10 ⁻⁶	21,9 x 10 ⁻⁶
25W60	21,9 x 10 ⁻⁶	26,1 x 10 ⁻⁶

4.2 Clasificación por la calidad del desempeño en el servicio:

4.2.1 Clasificación API para aceites lubricantes (ver tabla 3).

TABLA 3. Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de diesel

CATEGORIA	SERVICIO	ESTADO
CF	Se introdujo en el año 1994. Están destinados a motor todo terreno, de inyección indirecta y otros motores diésel incluyendo aquellos que utilizan combustible con contenido de azufre superior a 0,5 % en peso.	Vigente
CF-4	Se introdujo en el año 1990. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos, de aspiración natural y turbocargados.	Vigente
CG-4	Para motores que cumplan con las normas de emisión del año 1994. Están destinados a motores de trabajo intenso, de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustibles con	Vigente

	contenido de azufre menor de 0,5% en peso.	
CH-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión de gases de escape del año 1998. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre hasta 0,5% en peso.	Vigente
CI-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión de gases de escape del año 2004. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre hasta 0,5% en peso. Algunos aceites CI-4 también pueden calificar para la designación CI-4 PLUS.	Vigente
CJ-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión de gases de escape del año 2007. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre hasta 500 mg/Kg (0,05% en peso). Sin embargo, al utilizar aceite CJ-4 con combustible que contenga más de 15 mg/Kg de azufre, consulte al fabricante del motor para el intervalo de servicio.	Vigente

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de diesel deben estar libres de materiales en suspensión, sedimentos, agua y cualquier otra impureza extraña.

5.2 Los ensayos que el API establece para determinar el nivel de servicio de los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de diesel se indican en la tabla 4.

**TABLA 4. Ensayos de aceite de motor para clasificación de servicio API
(Basada en Norma SAE J183)**

SERVICIO API	ENSAYO
CF	Caterpillar 1M-PC
	CRC L-38
CF-4	CRC L-38
	Cummins NTC-400
	Mack T-6
CH-4	Mack T-7
	Caterpillar 1K
	CRC L-38
	Secuencia IIIE

	RFWT
CI-4	Mack T-8
	Caterpillar 1N
	Secuencia IIIE
	RFWT
	Mack T-8E
CI-4 PLUS	Mack T-10
	RFWT
	Caterpillar 1K o 1N
	EOAT
	Secuencia IIIF
	Caterpillar 1R
	Cummins M 11EGR
	Mack T-8E
CJ-4	Mack T-10
	Mack T-11
	RFWT
	Caterpillar 1K o 1N
	EOAT
	Secuencia IIIF
	Caterpillar C-13
	Caterpillar 1N
	Mack T-11
	Mack T-11 ^a
	Mack T-12
	Cummins ISB
	Cummins ISM
	Secuencia IIIF

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 *Requisitos de propiedades fisicoquímicas de los aceites lubricantes.*

6.1.1.1 Los grados de viscosidad para aceite de motor de ciclo de diesel deben cumplir con lo establecido en las tablas 1 y 2 de esta norma. El método de ensayo para la determinación de viscosidad es la NTE INEN 810.

6.1.1.2 Los requisitos de las propiedades fisicoquímicas que deben cumplir los aceites para motores de ciclo de diesel, se encuentran listados en la tabla 5.

TABLA 5. Requisitos de las propiedades fisicoquímicos de los aceites lubricantes para motores de ciclo de diesel

No.	REQUISITOS	UNIDAD	MÍN	MÁX	MÉTODOS DE ENSAYO
1	Índice de viscosidad				ASTM D 2270
	Aceite Monógrado		93,0		
	Aceite multigrado		120,0		
2	Punto de escurrimiento	°C			ASTM D 97
	Aceite Monógrado			-6,0	
	Aceite multigrado			-15,0	
3	W_{humedad}	%		0	ASTM D 95
4	Punto de inflamación	°C	190		ASTM D 92
5	Tendencia a la espuma	cm^3			ASTM D 892
	Secuencia I			20,0	
	Secuencia II			50,0	
	Secuencia III			20,0	
6	Estabilidad a la espuma luego de 10 min de reposo Secuencia I, II, III	cm^3		0	ASTM D 892
7	TBN				ASTM D 2896
	Categoría API CFy superiore		7,0		
	Aceite monógrado SAE 10W		6,0		
8	$W_{\text{Cenizas Sulfatadas}}$	%	0,5		ASTM D 874

6.1.2 Los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de diesel, deben estar elaborados con bases lubricantes que cumplan con lo establecido en la NTE INEN 2029.

6.1.3 El nivel mínimo de calidad de aceites lubricantes para motores de ciclo de diesel que se comercializará en el Ecuador es el API CF.

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 El transporte, almacenamiento y manejo de aceites lubricantes de ciclo de Otto debe realizarse de conformidad con lo establecido por las autoridades de control.

6.2.2 La comercialización se realizará en m³, sus múltiplos y submúltiplos (litros), de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 El lote debe conformarse por unidades de una misma clasificación.

7.1.1.1 Para verificar la conformidad del lote con los requisitos establecidos en esta norma, debe tomarse aleatoriamente dos muestras de un litro cada una y debe someterse a los ensayos indicados en el numeral 6.

7.1.1.2 El recipiente para la toma de muestras debe ser nuevo, limpio, seco y de cierre hermético, además debe ser de un material adecuado que no afecte las características del producto.

7.1.1.3 Las muestras extraídas deben almacenarse como muestra testigo por un período de seis meses, la que debe ser requerida por la entidad competente.

7.1.2 Identificación de las muestras:

7.1.2.1 Las muestras se identificarán de la siguiente manera:

- a) Número de la muestra.
- b) Nombre del producto.
- c) Identificación del lote.
- d) Lugar, fecha y hora en que se toma la muestra.
- e) Nombre y firma del muestreador.

7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 En la muestra obtenida se determinarán los requisitos del producto, establecidos en el numeral 6 de esta norma.

7.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más requisitos del numeral 6 de esta norma, se evaluará la muestra número 2.

7.2.3 Si la muestra número 2 no cumpliera con uno solo de los requisitos establecidos en esta norma, se rechazará el lote correspondiente.

8. ENVASADO

8.1 Los aceites para motores de combustión interna se envasarán en recipientes de un material tal, que no vaya en detrimento de su calidad o modifique sus propiedades durante el transporte y almacenamiento.

9. ETIQUETADO

9.1 Cada envase debe presentar un rótulo perfectamente legible que incluya la siguiente información:

9.1.1 Nombre o denominación del producto.

9.1.2 Marca comercial del producto.

- 9.1.3** Número de lote del producto.
- 9.1.4** Contenido neto en unidades del SI.
- 9.1.5** Nombre o razón social y dirección completa de la empresa productora o comercializadora
- 9.1.6** País de fabricación del producto.
- 9.1.7** Grado de viscosidad SAE.
- 9.1.8** Clasificación del servicio API, destacada en el cuerpo del envase.
- 9.1.9** Aceite reciclado.
- 9.1.10** Advertencia del riesgo por contacto prolongado del aceite lubricante con la piel.
- 9.1.11** Advertencia del riesgo para el ambiente por la inadecuada disposición del aceite lubricante usado.
- 9.1.12** Aplicaciones del producto, destacando el uso para motores ciclo de diesel.
- 9.1.13** Fecha máxima de uso.
- 9.1.14** Condiciones de conservación.
- 9.1.15** La información debe estar en español, sin perjuicio a que se pueda presentar en otros idiomas adicionales, de preferencia en inglés.

ANEXO B

NTE INEN 2027:2011 PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. ACEITES LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CICLO DE OTTO.

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de Otto.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los aceites lubricantes utilizados para motores de ciclo de Otto, incluyendo los sistemas de carburación dual.

2.2 Esta norma no se aplica a los aceites lubricantes para motores de dos tiempos.

2.3 Esta norma no se aplica a los aceites lubricantes para motores que utilizan como combustible gas natural.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Aceites básicos minerales.* Producto derivado directo de la refinación del petróleo usado en la producción de lubricantes.

3.1.2 *Aceites básicos sintéticos.* Aquellos obtenidos por procedimientos petroquímicos

3.1.3 *Aceites básicos semisintéticos.* Son productos obtenidos de la mezcla de aceites básicos minerales con aceites básicos sintéticos.

3.1.4 *Aceite Monógrado.* Aquel que tiene un solo grado de viscosidad SAE.

3.1.5 *Aceite Multigrado.* Aquel que tiene dos grados de viscosidad SAE.

3.1.6 *Aditivos.* Compuesto que se agrega a los aceites básicos con el fin de impartir nuevas propiedades o reforzar algunas ya existentes.

3.1.7 *API.* Siglas en el idioma inglés del Instituto Americano del Petróleo, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece la clasificación y nomenclatura de los aceites lubricantes, según el nivel de desempeño.

3.1.8 *ASTM.* Siglas en el idioma inglés de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece estándares de calidad y métodos de ensayo de laboratorio.

3.1.9 Clasificación API. Orden sistemático de las categorías de acuerdo con los diferentes niveles de desempeño en ensayos patrón para motores de combustión interna de ciclo de Otto y ciclo de Otto.

3.1.10 Categoría API. Designación tal como SG, SH, SJ, SL, SM o superiores, que definen un nivel de desempeño del lubricante, conforme la clasificación API.

3.1.11 Lote. Es la cantidad específica de producción de aceite lubricante, que cuenta con características uniformes, que se somete a inspección como una unidad.

3.1.12 Muestra. Es una cantidad representativa de aceite lubricante, extraída de un lote, a la que se le realiza los análisis de laboratorio, cuyos resultados permitirán evaluar una o más características de calidad de ese lote. Esto servirá para tomar decisiones sobre dicho lote o sobre el proceso que lo produjo.

3.1.13 SAE. Siglas en el idioma inglés de la Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices, organismo con sede en los Estados Unidos de Norteamérica, que, entre otras actividades, establece la clasificación de los aceites lubricantes para motores de combustión interna, según la viscosidad.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Clasificación por la viscosidad

4.1.1 Clasificación SAE para aceites lubricantes monógrados (ver tabla 1)

TABLA 1. Clasificación de los aceites lubricantes monógrados para motor, por su viscosidad (Basada en norma SAE J300)

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Dinámica máxima a temperatura mínima (mPa – s a °C)		Viscosidad Cinemática a 100 °C (m ² /s)	
	Arranque	Bombeo	Mín.	Máx.
0W	6200 a -35	60000 a -40	3,8 x 10 ⁻⁶	
5W	6600 a -30	60000 a -35	3,8 x 10 ⁻⁶	
10W	7000 a -25	60000 a -30	4,1 x 10 ⁻⁶	
15W	7000 a -20	60000 a -25	5,6 x 10 ⁻⁶	
20W	9500 a -15	60000 a -20	5,6 x 10 ⁻⁶	
25W	13000 a -10	60000 a -15	9,3 x 10 ⁻⁶	
20			5,6 x 10 ⁻⁶	< 9,3 x 10 ⁻⁶
30			9,3 x 10 ⁻⁶	< 12,5 x 10 ⁻⁶
40			12,5 x 10 ⁻⁶	< 16,3 x 10 ⁻⁶
50			16,3 x 10 ⁻⁶	< 21,9 x 10 ⁻⁶
60			21,9 x 10 ⁻⁶	< 26,1 x 10 ⁻⁶

4.1.2 Clasificación SAE para aceites lubricantes multigrados (ver tabla 2)

TABLA 2. Clasificación de los aceites lubricantes multigrados para motor, por su viscosidad

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Cinemática a 100 °C	
	Mín.	Máx.
0W20	$5,6 \times 10^{-6}$	$9,3 \times 10^{-6}$
0W30	$9,3 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$
0W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
5W20	$5,6 \times 10^{-6}$	$9,3 \times 10^{-6}$
5W30	$9,3 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$
5W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
5W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
10W30	$9,3 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$
10W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
15W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
15W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
20W20	$5,6 \times 10^{-6}$	$9,3 \times 10^{-6}$
20W30	$9,3 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$
20W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
20W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
25W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
25W60	$21,9 \times 10^{-6}$	$26,1 \times 10^{-6}$

4.2 Clasificación por la calidad del desempeño en el servicio.

4.2.1 Clasificación API para aceites lubricantes (ver tabla 3).

TABLA 3. Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de Otto

CATEGORIA	SERVICIO	ESTADO
SG	Para motores de 1993 y anteriores.	Obsoleto
SH	Para motores de 1996 y anteriores.	Obsoleto
SJ	Para motores de automóvil del año 2001 y anteriores.	Vigente
SL	Para motores de automóvil del año 2004 y anteriores.	Vigente
SM	Para motores de automóvil a partir del año 2004 y anteriores.	Vigente

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de Otto deben estar libres de materiales en suspensión, sedimentos, agua y cualquier otra impureza extraña.

5.2 Los ensayos que el API establece para determinar el nivel de servicio de los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de Otto se indican en la tabla 4.

**TABLA 4. Ensayos de aceite de motor para clasificación de servicio API
(Basada en Norma SAE J183)**

SERVICIOS API	ENSAYOS
SG	CRC L-38
	Secuencia IID
	Secuencia IIIE
	Secuencia VE
	Caterpillar 1H2
SH	CRC L-38
	Secuencia IID
	Secuencia IIIE
	Secuencia VE
SJ	CRC L-38
	Secuencia IID
	Secuencia IID
	Secuencia VE
SL	Secuencia IIIF
	Secuencia IVA
	Secuencia VG
	Secuencia VIII
SM	Secuencia IVA
	Secuencia IIIG
	Secuencia VG
	Secuencia VIII

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 Requisitos de propiedades *fisicoquímicas de los aceites lubricantes*.

6.1.1.1 Los grados de viscosidad para aceite de motor de ciclo de Otto deben cumplir con lo establecido en las tablas 1 y 2 de esta norma. El método de ensayo para la determinación de viscosidad es la NTE INEN 810.

6.1.1.2 Los requisitos de propiedades fisicoquímicas que deben cumplir los aceites para motores de ciclo de Otto, se encuentran listados en la tabla 5.

TABLA 5. Requisitos de propiedades fisicoquímicas de los aceites lubricantes para motores de ciclo de Otto.

No.	REQUISITOS	UNIDAD	MÍN	MÁX	MÉTODOS DE ENSAYO
1	Índice de viscosidad				ASTM D 2270
	Aceite Monógrado		93,0		
	Aceite multigrado		120,0		
2	Punto de escurrimiento	°C			ASTM D 97
	Aceite Monógrado			-6,0	
	Aceite multigrado			-15,0	
3	W_{humedad}	%		0	ASTM D 95
4	Punto de inflamación	°C	190		ASTM D 92
5	Tendencia a la espuma	cm^3			ASTM D 892
	Secuencia I			20,0	
	Secuencia II			50,0	
	Secuencia III			20,0	
6	Estabilidad a la espuma luego de 10 min de reposo Secuencia I, II, III	cm^3		0	ASTM D 892
7	TBN		5,5		ASTM D 2896
8	$W_{\text{Cenizas Sulfatadas}}$	%	0,5		ASTM D 874

6.1.2 Los aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo de Otto, deben estar elaborados con bases lubricantes que cumplan con lo establecido en la NTE INEN 2029.

6.1.3 El nivel mínimo de calidad de aceites lubricantes para motores de ciclo de Otto que se comercializará en el Ecuador es el API SG

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 El transporte, almacenamiento y manejo de aceites lubricantes de ciclo de Otto debe realizarse de conformidad con lo establecido por las autoridades de control.

6.2.2 La comercialización se realizará en m³, sus múltiplos y submúltiplos (litros), de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 El lote debe conformarse por unidades de una misma clasificación.

7.1.1.1 Para verificar la conformidad del lote con los requisitos establecidos en esta norma, debe tomarse aleatoriamente dos muestras de un litro cada una y debe someterse a los ensayos indicados en el numeral 6.

7.1.1.2 El recipiente para la toma de muestras debe ser nuevo, limpio, seco y de cierre hermético, además debe ser de un material adecuado que no afecte las características del producto.

7.1.1.3 Las muestras extraídas deben almacenarse como muestra testigo por un período de seis meses, la que debe ser requerida por la entidad competente.

7.1.2 *Identificación de las muestras:*

7.1.2.1 Las muestras se identificarán de la siguiente manera:

- a) Número de la muestra
- b) Nombre del producto
- c) Identificación del lote
- d) Lugar, fecha y hora en que se toma la muestra
- e) Nombre y firma del muestreador.

7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 Con la muestra obtenida se determinarán los requisitos del producto, establecidos en el numeral 6 de esta norma.

7.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más requisitos del numeral 6 de esta norma, se evaluará la muestra número 2.

7.2.3 Si la muestra número 2 no cumpliera con alguno o algunos de los requisitos establecidos en esta norma, se rechazará el lote correspondiente.

8. ENVASADO

8.1 Los aceites para motores de combustión interna se envasarán en recipientes de un material tal, que no vaya en detrimento de su calidad o modifique sus propiedades durante el transporte y almacenamiento.

9. ETIQUETADO

9.1 Cada envase debe presentar un rótulo perfectamente legible que incluya la siguiente información:

9.1.1 Nombre o denominación del producto.

9.1.2 Marca comercial del producto.

9.1.3 Número de lote del producto.

- 9.1.4** Contenido neto en unidades del SI.
- 9.1.5** Nombre o razón social y dirección completa de la empresa productora o comercializadora.
- 9.1.6** País de fabricación del producto.
- 9.1.7** Grado de viscosidad SAE.
- 9.1.8** Clasificación del servicio API, destacada en el cuerpo del envase.
- 9.1.9** Aceite reciclado.
- 9.1.10** Advertencia del riesgo por contacto prolongado del aceite lubricante con la piel.
- 9.1.11** Advertencia del riesgo para el ambiente por la inadecuada disposición del aceite lubricante usado.
- 9.1.12** Aplicaciones del producto, destacando el uso para motores ciclo de OTTO.
- 9.1.13** Fecha máxima de uso.
- 9.1.14** Condiciones de conservación.
- 9.1.15** La información debe estar en español, sin perjuicio a que se pueda presentar en otros idiomas adicionales, de preferencia en inglés.

ANEXO C

NTE INEN 2029:1995 PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. BASES LUBRICANTES PARA USO AUTOMOTRO. REQUISITOS

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las bases lubricantes provenientes del petróleo.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a las bases lubricantes minerales, que se utilizan como componente principal de los aceites y grasas lubricantes para aplicación automotor.

3. DEFINICIONES

3.1 Base lubricante virgen. Producto obtenido de la destilación al vacío del residuo de la destilación atmosférica del petróleo crudo y posterior tratamiento de refinación.

3.2 Base lubricante re-refinada. Producto obtenido de la destilación al vacío del aceite lubricante usado, y posterior tratamiento de refinación.

3.3 Base lubricante parafínica. Aquella que en su constitución, entran principalmente hidrocarburos alifáticos, o en la cual el porcentaje de hidrocarburos parafínicos es proporcionalmente mayor al de los hidrocarburos aromáticos y nafténicos. Esta proporción puede ser variable.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Las bases lubricantes parafínicas vírgenes y re-refinadas se clasifican en:

4.1.1 *Tipo I.* Liviana

4.1.2 *Tipo II.* Media

4.1.3 *Tipo III.* Pesada

4.1.4 *Tipo IV.* Cilindro parafínico

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Las bases lubricantes parafínicas vírgenes y re-refinadas cuando sean examinadas en forma visual deben tener una apariencia brillante y exenta de materia en suspensión

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 *Requisitos fisicoquímicos*

6.1.1.1 Las bases lubricantes parafínicas vírgenes y re-refinadas deben cumplir con los requisitos: indicados en la tabla 1.

TABLA 1. Bases lubricantes parafínicas vírgenes y re-refinadas

ESPECIFICACIÓN	UNI DAD	LIVIANA		MEDIA		PESADA		CILINDRO PARAFINICO		MÉTODO DE ENSAYO
		MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	
Viscosidad cinemática a 100 °C	cSt	2	6,1	>6, 1	21,1	>21 ,1	40,1	>40, 1	55	NTE INEN 810
Índice de viscosidad		92	-	95	-	95	-	70	-	ASTM D 2270
Punto de inflamación	°C	185	-	210	-	250	-	250	-	NTE INEN 808
Punto de escurrimiento	°C	-	-8	-	-12	-	-8	-	-3	NTE INEN 1982
Color ASTM		-	2	-	3,5	-	6,5	-	-	ASTM D 1500
Acidez total	mg KOH	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-	0,1	ASTM D 974
Contenido de cenizas	% m/m	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	ASTM D 482
Contenido de agua	% V	-	0,01	-	0,01	-	0,01	-	0,01	ASTM D 95
Policíclicos Aromáticos	% P	-	3	-	3	-	3	-	3	IP 346

6.2 Requisitos Complementarios

6.2.1 La comercialización de las bases lubricantes vírgenes y re-refinadas para la elaboración de los aceites lubricantes para uso automotor, deberán cumplir con lo dispuesto en la Ley de Pesas y Medidas y su Reglamento vigente.

6.2.2 Las bases lubricantes vírgenes y re-refinadas para uso automotor, se almacenarán y transportarán en forma tal que se garantice la seguridad del producto y de las personas que lo manejan.

6.2.3 La identificación del producto al momento de su trasvase desde los barcos transportadores a los depósitos de almacenamiento se realizará de común acuerdo entre el comprador y el vendedor, mediante la correspondiente guía o documento escrito.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 El muestreo se efectuará de acuerdo con la NTE INEN 930, tomando 3 l, como mínimo.

7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 Con la muestra obtenida se determinarán los requisitos del producto, establecidos en los numerales 5 y 6 de esta norma.

7.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más requisitos establecidos en los numerales 5 y 6 de esta norma, se extraerá una segunda muestra y se repetirán los ensayos.

7.2.3 Si la segunda muestra ensayada, no cumpliera con uno solo de los requisitos establecidos en esta norma, se rechazará el lote correspondiente.

8. ENSAYOS

8.1 Determinación de la viscosidad

8.1.1 Efectuar el ensayo de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN 810.

8.2 Determinación del índice de viscosidad

8.2.1 Efectuar el ensayo de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM D 2270.

8.3 Determinación del punto de inflamación

8.3.1 Efectuar el ensayo de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN 808.

8.4 Determinación del punto de escurrimiento

8.4.1 Efectuar el ensayo de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN 1982 sobre la base lubricante en su estado natural, sin ningún aditivo.

8.5 Determinación del color

8.5.1 Efectuar el ensayo de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM D 1500.

8.6 Determinación de la acidez total

8.6.1 Efectuar el ensayo de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM D 974.

8.7 Determinación del contenido de cenizas

8.7.1 Efectuar el ensayo de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM D 482.

8.8 Determinación del contenido de agua

8.8.1 Efectuar el ensayo de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM D 95.

8.9 Determinación del contenido de Policíclicos Aromáticos

8.9.1 Efectuar el ensayo de acuerdo con lo indicado en la Norma IP 346

ANEXO D

IMÁGENES DE LAS PRUEBAS REALIZADAS



