

**EVALUACIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE UN  
BIOLUBRICANTE PARTIENDO DE RESIDUOS DE ACEITES DE COCINA  
PARA UNA EMPRESA DEDICADA AL TRATAMIENTO DE ACEITES USADOS.**

**GABRIELA ALEJANDRA LEÓN FONSECA  
KAROL DAYAN PINZÓN DUARTE**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C  
2020**

**EVALUACIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE UN  
BIOLUBRICANTE PARTIENDO DE RESIDUOS DE ACEITES DE COCINA  
PARA UNA EMPRESA DEDICADA AL TRATAMIENTO DE ACEITES USADOS**

**GABRIELA ALEJANDRA LEÓN FONSECA  
KAROL DAYAN PINZÓN DUARTE**

**Proyecto integral de grado para optar el título de:  
INGENIERO QUÍMICO**

**Director  
FELIPE CORREA MAHECHA  
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C  
2020**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Juan Camilo Cely Garzón

---

Ing. Claudio Alberto Moreno Arias

Bogotá D.C, febrero de 2020

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. Mario Posada García Peña**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**Dr. Luis Jaime Posada García-Peña**

Vicerrectora Académica y de Posgrados (E)

**Dra. Alejandra Mejía Guzmán**

Secretaria General

**Dra. Alejandra Mejía Guzmán**

Decano Facultad de Ingenierías

**Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi**

Director Programa de Ingeniería química

**Ing. Leonardo de Jesús Herrera Gutiérrez**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

*“Cada gran sueño comienza con un soñador. Recuerda siempre, que tienes dentro de ti la fuerza, la paciencia y la pasión para alcanzar las estrellas para poder cambiar el mundo”.*  
*Harriet Tubman*

*A mi madre Claudia Duarte por ser mi ejemplo a seguir, por darme todo su amor, cariño, apoyo, sacrificio y esfuerzo, por creer en mí, en mi capacidad por cumplir mis metas y ser una persona sobresaliente en todo lo que me propongo, A mi abuelita Leonor Caicedo que desde el cielo fue mi motivación para lograr este título de ingeniera química. A mi hermana María Claudia por su incondicional apoyo y consejos para no desfallecer. A mi novio Brayan Guerrero por darme todo su apoyo y cariño, por acompañarme en cada proceso o decisión importante y por aconsejarme buscando siempre mi bien. A mis compañeras de la universidad que desde primer semestre estuvieron a mi lado, apoyándome y enriqueciéndonos una de la otra. A mi familia Duarte Caicedo que siempre han estado ahí y siempre han esperado lo mejor de mí. A mi compañera y amiga de tesis Gabriela León por todo su apoyo, conocimiento y esfuerzo para sacar adelante tan anhelado título. Gracias infinitas a todos, sin ustedes no habría sido posible crecer, aprender y convertirme en la profesional que soy, estaré eternamente agradecida.*

*Karol Dayan Pinzón Duarte*

*A mis padres Mery Fonseca Arias y Gabriel Antonio León Rosas por todo su apoyo y esfuerzo para poder culminar esta etapa y este sueño de ser ingeniera química. A mis hermanas Carol Liliana León Fonseca y Cindy Lorena León Fonseca quienes me dan su apoyo incondicional para lograr y cumplir mis metas a pesar de cualquier obstáculo. A mi sobrino Martín Urrego León por darme toda su alegría y por ser mi motor de vida. A Leonardo por su amor y apoyo incondicional en todo este proceso de formación. Finalmente, a Karol mi colega por su dedicación, apoyo y esfuerzo, que a pesar de todas las dificultades pudimos culminar con éxito el primero de muchos proyectos. Sin ellos no habría podido finalizar mi formación como profesional y ser la persona que soy hoy en día.*

*Gabriela Alejandra León Fonseca*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero y docente Juan Felipe Correa Mahecha por su paciencia y compartir sus conocimientos desde su experiencia profesional y su destacada asesoría para llevar a cabo este proyecto de manera exitosa.

Al químico y gestor Diego Francisco Cifuentes Galindres y demás gestores de la línea biotecnología y nanotecnología del SENA nodo Bogotá, por su constante disposición y acompañamiento para llevar a cabo la culminación de este proyecto.

Al ingeniero de producción Guillermo González de la empresa Biogras S.A.S. por darnos un motivo de investigación, como resultado de una idea que se logró materializar en el proyecto que hoy se presenta enfocado en la química verde.

Al ingeniero William Moreno Ríos de Petrobras S.A.S por sus sugerencias, recomendaciones, apoyo y conocimiento para poner en marcha la dirección final de investigación.

Y a todos los demás profesionales que laboraron en nuestra Alma Máter aportando su granito de arena para hacer posible este logro.

## CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	23
OBJETIVOS	24
INTRODUCCIÓN	25
1. MARCO TEÓRICO	27
1.1. ACEITES VEGETALES	27
1.1.1 Aceites vírgenes	27
1.1.1.1 Datos estadísticos en Colombia	28
1.1.2 Aceites usados	29
1.1.2.1 Degradación	30
1.1.2.2 Riesgos a la salud	31
1.1.2.3 Riesgos ambientales	31
1.1.2.4 Oportunidad industrial	31
1.2. LA LUBRICACIÓN	34
1.2.1 Aceites lubricantes	36
1.2.1.1 Clasificación según su origen	37
1.2.1.2 Clasificación según uso industrial	41
1.2.1.3 Sistemas de clasificación	44
1.2.1.4 Propiedades fisicoquímicas	45
1.2.2 Biolubricantes	49
1.2.2.1 Biolubricantes de primera generación	49
1.2.2.2 Biolubricantes de segunda generación	50
1.2.2.3 Modificaciones químicas	51
1.3. ECONOMÍA CIRCULAR	55
1.3.1 Oportunidades de recirculación de materiales	55
1.3.1.1 Eficacia de los materiales del producto	56
1.3.1.2 Nuevos modelos de negocios circulares en movilidad y edificios	56
2. GENERALIDADES DE LA MATERIA PRIMA	57
2.1 MUESTREO DE LA MATERIA PRIMA	57
2.1.1 Protocolo muestreo de materia prima	58
2.2 PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	62
2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.	63
2.3.1 Determinación de ácidos grasos	63
2.3.1.1 Resultado	63
2.3.2 Determinación de pH	67
2.3.2.1 Protocolo determinación de pH	67
2.3.2.2 Resultado	69
2.3.3 Determinación de la densidad	70
2.3.3.1 Protocolo determinación de la densidad	70

2.3.3.2	Resultado	71
2.3.4	Determinación de la viscosidad	74
2.3.4.1	Protocolo determinación de viscosidad	74
2.3.4.2	Resultado	77
2.3.5	Determinación del contenido de humedad y material volátil	78
2.3.5.1	Protocolo determinación contenido de humedad	78
2.3.5.2	Resultado	81
2.3.6	Determinación del índice de acidez y acidez	83
2.3.6.1	Protocolo determinación del índice de acidez y acidez	83
2.3.6.2	Resultado	85
2.3.7	Determinación del índice de peróxidos	87
2.3.7.1	Protocolo determinación índice de peróxidos	87
2.3.7.2	Resultado	90
2.3.8	Determinación del índice de refracción	92
2.3.8.1	Protocolo determinación índice de refracción	92
2.3.8.2	Resultado	95
2.3.9	Determinación del índice de saponificación	96
2.3.9.1	Protocolo determinación del índice de saponificación	96
2.3.9.2	Resultado	99
2.3.10	Determinación del índice de yodo	100
2.3.10.1	Protocolo determinación índice de yodo	100
2.3.10.2	Resultado	102
3.	INVESTIGACIÓN DE MERCADOS	105
3.1	MERCADO DE LUBRICANTES BIODEGRADABLES	105
3.1.1	Pronóstico	105
3.1.2	Impacto nacional	106
3.1.3	Organismos	107
3.2	ENFOQUE DE EXPERIMENTACIÓN	107
3.2.1	Criterios de selección	107
3.2.2	Encuesta	108
3.2.3	Metodología	108
3.3	MATRIZ DE SELECCIÓN	108
3.3.1	Resultados	108
4.	SÍNTESIS DE PROCESOS	116
4.1	PROCESOS DE SINTESIS	116
4.1.1	Doble etapa de transesterificación	116
4.1.1.1	Protocolo de obtención de biodiesel	117
4.1.1.2	Protocolo de obtención de esteres de trimetilolpropano por doble transesterificación	120
4.1.1.3	Resultados.	121
4.1.2	Hidrolisis enzimática	125
4.1.2.1	Protocolo de obtención de esteres de trimetilolpropano por hidrolisis enzimática	125

4.1.2.2	Resultados	127
4.2	Análisis de los dos procesos de síntesis.	131
5.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	132
5.1	SELECCIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	132
5.2	SELECCIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	132
5.3	PROTOCOLO DE OBTENCIÓN DE ESTERES DE TRIMETILOLPROPANO POR DOBLE TRANSESTERIFICACIÓN.	134
5.4	GRÁFICAS DE SUPERFICIE RESPUESTA, DIAGRAMA DE CONTORNO Y CURVA DE RESIDUOS.	139
5.5	RESULTADOS.	146
6.	CONCLUSIONES	148
7.	RECOMENDACIONES	149
	BIBLIOGRAFIA	150
	ANEXOS	160

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Consumo aparente de aceites y grasas en Colombia (Datos de DANE, 2017; MinAgricultura, 2018; TEAM, 2018).	28
<b>Tabla 2.</b> Composición típica de los aceites minerales en porcentaje en volumen (Lansdown, 2004).	39
<b>Tabla 3.</b> Proporciones en peso de los ácidos grasos mono-carboxílicos de algunos aceites vegetales.	40
<b>Tabla 4.</b> Propiedad de los aceites según SAE.	46
<b>Tabla 5.</b> Desarrollo del mejoramiento de las propiedades de las bases vegetales.	52
<b>Tabla 6.</b> Reporte de picos del análisis por cromatografía de los ácidos grasos de la materia prima por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 $\mu$ m espesor en la fase líquida..	63
<b>Tabla 7.</b> Resultados y ponderación del pH de la muestra.	69
<b>Tabla 8.</b> Resultados y ponderación de la determinación de la densidad.	72
<b>Tabla 9.</b> Comparación bibliográfica de la densidad en aceites.	72
<b>Tabla 10.</b> Factor de corrección de viscosidad.	75
<b>Tabla 11.</b> Resultados y ponderación de las viscosidades dinámicas y cinemáticas.	77
<b>Tabla 12.</b> Comparación bibliográfica de la viscosidad en aceites.	78
<b>Tabla 13.</b> Resultado y ponderación del material volátil presente en la muestra.	81
<b>Tabla 14.</b> Comparación bibliográfica del contenido de humedad en aceites.	82
<b>Tabla 15.</b> Grado de acidez previsto para diferentes muestras.	83
<b>Tabla 16.</b> Resultados y ponderación del índice de acidez.	85
<b>Tabla 17.</b> Comparación bibliográfica del índice de acidez y acidez en aceites.	87
<b>Tabla 18.</b> Resultados y ponderación del índice de peróxidos.	90
<b>Tabla 19.</b> Comparación bibliográfica del contenido de humedad en aceites.	92
<b>Tabla 20.</b> Resultados y ponderación del índice de refracción.	95
<b>Tabla 21.</b> Comparación bibliográfica del índice de refracción en aceites.	96
<b>Tabla 22.</b> Resultados y ponderación del índice de saponificación.	99
<b>Tabla 23.</b> Comparación bibliográfica del índice de saponificación en aceites.	99
<b>Tabla 24.</b> Índice de yodo previsto para diferentes muestras.	101
<b>Tabla 25.</b> Resultados y ponderación del índice de yodo.	104
<b>Tabla 26.</b> Comparación bibliográfica del índice de yodo en aceites.	104
<b>Tabla 27.</b> Enzimas empleadas en la obtención de lubricantes.	111

<b>Tabla 28.</b> Comparación de los procesos de síntesis.	112
<b>Tabla 29.</b> Encuesta para determinar la relevancia de los criterios en la industria.	114
<b>Tabla 30.</b> Matriz de elección.	115
<b>Tabla 31.</b> Diseño de experimentos para la obtención de biolubricante.	133
<b>Tabla 32.</b> Combinaciones del diseño de experimentos.	134
<b>Tabla 33.</b> Resultados porcentaje de rendimiento del biolubricante por el método de transesterificación.	138
<b>Tabla 34.</b> Resultados de la viscosidad a 40°C del biolubricante por el método de transesterificación.	139
<b>Tabla 35.</b> Resultado de la viscosidad a 100°C del biolubricante por el método de transesterificación.	140

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Distribución del consumo industrial del aceite en Colombia.	29
<b>Figura 2.</b> Cambios químicos del aceite durante el proceso de fritura.	30
<b>Figura 3.</b> Derivados oleoquímicos viables de ACU.	33
<b>Figura 4.</b> Esquema de las capas superficiales que forman un material metálico	34
<b>Figura 5.</b> Coeficiente de fricción en función de la viscosidad y la velocidad de deslizamiento del fluido y la presión aplicada en las superficies.	35
<b>Figura 6.</b> Distintos regímenes de lubricación. Zona 1: lubricación límite Zona 2: lubricación mixta Zona 3: lubricación hidrodinámica.	36
<b>Figura 7.</b> Tipos de hidrocarburos presentes en los aceites minerales. A) Parafinas B) Isoparafinas C) Naftenos D) Aromáticos.	37
<b>Figura 8.</b> Estructura química de ácidos di-carboxílicos más utilizados en la obtención de di-ésteres.	40
<b>Figura 9.</b> Ácidos grasos mono-carboxílicos de origen natural. Los dobles enlaces pueden estar en conformación cis o trans.	41
<b>Figura 10.</b> Distribución de consumo de lubricantes en los últimos años.	43
<b>Figura 11.</b> Estructura química modelo para A) Biolubricantes de 1ª generación B) Biolubricantes de 2ª generación.	50
<b>Figura 12.</b> Reacción de esterificación / hidrólisis de los ácidos grasos.	51
<b>Figura 13.</b> Reacciones de inter-esterificación.	52
<b>Figura 14.</b> Mecanismo de esterificación con catálisis ácida.	53
<b>Figura 15.</b> Mecanismo de esterificación con catalisis básica.	53
<b>Figura 16.</b> Mecanismo de esterificación con catálisis enzimática mediante lipasa.	54
<b>Figura 17.</b> Reacción de epoxidación mediante la formación de ácido peracético “in situ” utilizando peróxido de hidrogeno.	55
<b>Figura 18.</b> Muestreo por lotes.	61
<b>Figura 19.</b> Homogenización de las muestras de aceite.	61
<b>Figura 20.</b> Filtración por gravedad y al vacío de la muestra de aceite.	62
<b>Figura 21.</b> Representación aceite antes y después de filtración.	62
<b>Figura 22.</b> Análisis por cromatografía de gases masas de los ácidos grasos de la materia prima por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor	
<b>Figura 23.</b> Análisis por cromatografía de gases masas de los ácidos grasos del aceite de girasol.	65
<b>Figura 24.</b> Resultado pH papel indicativo	69
<b>Figura 25.</b> Muestra de aceite contenida en picnómetros	71
<b>Figura 26.</b> Husillo de viscosímetro Brookfield	74
<b>Figura 27.</b> Medición de la viscosidad a temperatura correspondiente	

a 40°C.	77
<b>Figura 28.</b> Aceite seco sin cantidad de material volátil	81
<b>Figura 29.</b> Gráfica del contenido de humedad presente en la muestra	82
<b>Figura 30.</b> Lectura de la muestra de refractómetro digital Sper Scientific 300034	95
<b>Figura 31.</b> Representación de yodo posterior a proceso de titulación con tiosulfato de sodio.	102
<b>Figura 32.</b> Pronóstico del crecimiento del mercado de biolubricantes a nivel global	106
<b>Figura 33.</b> Diferentes rutas para la obtención de metil ésteres con sus reacciones intermedias	109
<b>Figura 34.</b> Síntesis de ésteres metílicos de ACU por hidrólisis enzimática	110
<b>Figura 35.</b> Activación interfacial en las lipasas	110
<b>Figura 36.</b> Síntesis de ésteres trimetílicos de ACU por doble transesterificación	111
<b>Figura 37.</b> Mecanismo de reacción para la obtención de un biolubricante.	112
<b>Figura 38.</b> Encuesta para determinar los criterios de selección en un biolubricante.	113
<b>Figura 39.</b> Síntesis de ésteres trimetílicos de ACU por doble transesterificación	117
<b>Figura 40.</b> Evidencia fotográfica del proceso de síntesis por doble transesterificación	121
<b>Figura 41.</b> Análisis por cromatografía de gases masas de los ésteres metílicos y ácidos grasos del lubricante por doble transesterificación, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida	123
<b>Figura 42.</b> Síntesis de ésteres metílicos de ACU por hidrólisis enzimática	125
<b>Figura 43.</b> Evidencia fotográfica del proceso de síntesis por hidrólisis enzimática	128
<b>Figura 44.</b> Análisis por cromatografía de gases masas de los ésteres metílicos y ácidos grasos del lubricante por hidrólisis enzimática, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.	129
<b>Figura 45.</b> Bases biolubricantes, tras 24 horas de su obtención, a la derecha se evidencia la muestra obtenida por esterificación enzimática a la izquierda la muestra obtenida por doble esterificación.	131
<b>Figura 46.</b> Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, tiempo y rendimiento.	141
<b>Figura 47.</b> Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental	

relacionando temperatura, relación molar y rendimiento	141
<b>Figura 48.</b> Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando tiempo, relación molar y rendimiento.	142
<b>Figura 49.</b> Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, tiempo y viscosidad a 40°C.	142
<b>Figura 50.</b> Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, relación molar y viscosidad a 40°C.	143
<b>Figura 51.</b> Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando tiempo, relación molar y viscosidad a 40°C	143
<b>Figura 52.</b> Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, tiempo y viscosidad a 100°C.	144
<b>Figura 53.</b> Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, relación molar y viscosidad 100°C.	144
<b>Figura 54.</b> Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando tiempo, relación molar y viscosidad a 100°C.	145
<b>Figura 55.</b> Análisis por cromatografía de gases masas de los esteres metílicos y ácidos grasos del lubricante por doble transesterificación, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.	147

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
<b>Ecuación 1.</b> Determinación viscosidad dinámica.	47
<b>Ecuación 2.</b> Determinación viscosidad cinemática.	48
<b>Ecuación 3.</b> Determinación de la densidad.	71
<b>Ecuación 4.</b> Determinación viscosidad dinámica.	75
<b>Ecuación 5.</b> Determinación viscosidad cinemática	75
<b>Ecuación 6.</b> Determinación del contenido de humedad	79
<b>Ecuación 7.</b> Determinación índice de acidez.	84
<b>Ecuación 8.</b> Determinación acidez	84
<b>Ecuación 9.</b> Determinación índice de peróxidos.	89
<b>Ecuación 10.</b> Determinación factor de solución de tiosulfato de sodio	89
<b>Ecuación 11.</b> Determinación índice de refracción	93
<b>Ecuación 12.</b> Determinación índice de saponificación	97
<b>Ecuación 13.</b> Determinación del índice de yodo.	102
<b>Ecuación 14.</b> Determinación rendimiento.	136

## LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
<b>Diagrama 1.</b> Proceso para la realización del muestreo 1/2	59
<b>Diagrama 2.</b> Proceso para la realización del muestreo 2/2	60
<b>Diagrama 3.</b> Proceso determinación pH	68
<b>Diagrama 4.</b> Proceso determinación densidad	73
<b>Diagrama 5.</b> Proceso determinación viscosidad	76
<b>Diagrama 6.</b> Proceso determinación del contenido de humedad	80
<b>Diagrama 7.</b> Proceso determinación índice de acidez y acidez	86
<b>Diagrama 8.</b> Proceso determinación índice de peroxidos	91
<b>Diagrama 9.</b> Proceso determinación índice de refracción	94
<b>Diagrama 10.</b> Proceso determinación índice de saponificación	98
<b>Diagrama 11.</b> Proceso determinación índice de yodo	103
<b>Diagrama 12.</b> Proceso obtención biodiesel	119
<b>Diagrama 13.</b> Proceso obtención del lubricante por transesterificación	124
<b>Diagrama 14.</b> Proceso obtención del lubricante por medio de enzimas	130
<b>Diagrama 15.</b> Proceso obtención del lubricante por transesterificación	
Diseño CCD	137

## LISTA DE ANEXOS.

	pág.
<b>Anexo A.</b> Fichas técnicas reactivos.	161
<b>Anexo B.</b> Brochures de los equipos utilizados durante el desarrollo del proyecto.	231
<b>Anexo C.</b> cromatograma y espectro de masas para la muestra de ACU	241
<b>Anexo D.</b> Cromatograma y espectro de masas para los esteres metílicos y ácidos grasos del lubricante por doble transesterificación.	247
<b>Anexo E.</b> Cromatograma y espectro de masas para los esteres metílicos y ácidos grasos del lubricante por hidrolisis enzimática	253
<b>Anexo F.</b> Cromatograma y espectro de masas para los esteres metílicos y ácidos grasos del lubricante final.	259
<b>Anexo G.</b> Diligenciamiento encuestas criterios.	265
<b>Anexo H.</b> Diligenciamiento encuesta industria	269
<b>Anexo I.</b> Protocolo análisis viscosidad lubricantes Petrobras.	270
<b>Anexo J.</b> Protocolo análisis pour point lubricantes Petrobras	279

## ABREVIATURAS

<b>ACU:</b>	Aceite de cocina usado
<b>API:</b>	American Petroleum Institute
<b>ASOGRASAS:</b>	Asociación Colombiana de la Industria de Grasas y Aceites
<b>ASTM:</b>	American Society for Testing and Materials
<b>CCD:</b>	Diseño Central Compuesto
<b>DQO:</b>	Demanda química de oxígeno
<b>FAME:</b>	Ésteres metílicos de ácidos grasos
<b>KOH:</b>	Hidróxido de Potasio
<b>KT:</b>	Kilotoneladas
<b>MT:</b>	Megatoneladas
<b>NTC:</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>PAO:</b>	Polialfaoleinas
<b>PTAR:</b>	Planta de tratamiento de aguas residuales
<b>SAE:</b>	Sociedad de Ingenieros Automotrices
<b>RPM:</b>	Revoluciones por minuto
<b>RPVOT:</b>	Rotating Pressure Vessel Oxidation Test (Prueba de oxidación de recipientes a presión giratoria)
<b>TMP:</b>	Trimetilolpropano

## GLOSARIO

**ACEITES Y GRASAS VÍRGENES:** aceites vegetales comestibles los cuales sin modificar su naturaleza son obtenidos por procedimientos mecánicos y/o por aplicación únicamente de calor.

**ACEITE PURO:** aceite proveniente de una sola especie vegetal. No se admitirá la presencia de otro aceite.

**ACEITE DE GIRASOL:** aceite extraído de la semilla de girasol (*Helianthus annuus*).

**ACEITE DE OLIVA:** aceite obtenido únicamente del fruto del olivo (*Olea europaea* L.) con exclusión de los aceites obtenidos usando disolventes o procedimientos de re esterificación y de cualquier mezcla con aceites de otro tipo.

**ACEITE DE PALMA:** aceite extraído del mesocarpio carnoso del fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*).

**ACEITE DE PALMISTE:** aceite que se obtiene de la almendra del fruto de las palmas (*Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*).

**ÁCIDOS GRASOS TRANS (AGT):** isómeros geométricos de ácidos grasos insaturados que presentan al menos un doble enlace en la configuración trans.

**CROMATOGRAFÍA DE GASES-MASAS:** técnica de caracterización que combina la capacidad de separación que presenta la cromatografía de gases con la sensibilidad y capacidad selectiva del detector de masas.

**ECONOMIA CIRCULAR:** es una estrategia que tiene por objetivo reducir tanto la entrada de los materiales vírgenes como la producción de desechos, cerrando los «bucles» o flujos económicos y ecológicos de los recursos.

**EPOXIDACIÓN:** reacción de transferencia de oxígeno, para la cual el peróxido de hidrógeno y sus derivados son muy adecuados, que se aplica a una serie de tipos de olefinas para formar epóxidos.

**ÉSTERES DE TRIMETILOLPROPANO:** compuestos orgánicos e inorgánicos provenientes de la reacción de FAMES o biodiesel con TMP.

**ESTÓLIDOS:** son una familia de compuestos sintetizados a partir de aceites hidroxilados como los de ricino o mediante la condensación de ácidos grasos sobre el doble enlace de un segundo ácido graso insaturado.

**FRITURA:** método de cocción de un alimento mediante la inmersión en aceite o grasa caliente.

**GRASA VEGETAL:** obtenida por distintos procedimientos de frutos o semillas sanos y limpios.

**GRADO DE ACIDEZ / ÁCIDOS LIBRES:** medida de la cantidad de ácidos grasos libres presentes en un aceite o grasa expresada como porcentaje de un ácido graso particular, por ejemplo % de ácido oleico.

**ÍNDICE DE ACIDEZ / VALOR ACIDO:** miligramos de KOH necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres en 1 g de muestra.

**ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN:** número de mg de KOH necesarios para saponificar por completo 1 g de grasa o aceite. Constituye una medida del peso molecular promedio de los triglicéridos que constituyen la grasa.

**ÍNDICE DE PERÓXIDOS:** cantidad (expresada en mili equivalentes de oxígeno activo por kg de grasa) de peróxidos y que indica el grado de oxidación primaria que tiene el producto.

**ÍNDICE DE YODO:** cantidad de yodo absorbida por 100 g de grasa o aceite. Constituye una medida del grado de insaturación de los ácidos carboxílicos que constituyen los glicéridos.

**LUBRICACIÓN:** proceso empleado para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra, interponiendo para ello una sustancia entre ambas denominada lubricante que soporta la carga entre las superficies enfrentadas.

**MATRIZ PUGH:** herramienta cuantitativa que permite comparar opciones entre sí mediante un arreglo multidimensional (una matriz de decisiones). Su aplicación más habitual es durante la fase de diseño de un producto, ya sea completamente nuevo o una actualización de uno existente.

**MEZCLA DE ACEITES VEGETALES:** mezcla constituida por dos o más aceites, obtenidos de diferentes especies vegetales.

**POUR POINT:** es la temperatura por debajo de la cual el líquido pierde sus características de flujo, definiéndose como la temperatura mínima en la que el aceite tiene la capacidad de verterse desde un vaso de precipitado.

**PRUEBA RPVOT:** la prueba consiste en colocar una muestra de aceite en un recipiente a presión con una cantidad determinada de agua y una espiral de cobre. Presurizando a 90 psi con oxígeno puro, se coloca en un baño de calentamiento a

150 °C a 100 rpm. A medida que aumenta la temperatura del recipiente a presión y su contenido, la presión aumenta. Con el tiempo, la capacidad del aceite para resistir la oxidación se degrada como resultado del agotamiento de aditivos, hasta el punto donde el aceite base comienza a reaccionar con el oxígeno a medida que las moléculas de aceite comienzan a oxidarse.

**REFORMADO:** es un proceso químico que aumenta el número de octano de la nafta pesada obtenida en la destilación atmosférica del crudo, el cual se consigue mediante la transformación de hidrocarburos parafínicos y nafténicos en isoparafínicos y aromáticos.

**TRANSESTERIFICACIÓN:** Se considera la reacción entre un éster y un alcohol formando esteres más complejos.

## RESUMEN

El propósito de este trabajo fue emplear un aceite de cocina usado (ACU) procedente de un restaurante de Bogotá D.C para el estudio de la producción de un biolubricante, a través de un desarrollo experimental para encontrar las mejores condiciones de operación. Previamente al desarrollo experimental, se realizó una caracterización de la materia prima donde se evidenció mediante ensayos como cromatografía de gases-masas, índice de acidez, índice de peróxidos, viscosidad, entre otros que la muestra analizada es una mezcla de aceites que presentaba una alta cantidad de ácido oleico y ácido palmítico; con dichas cantidades en su composición y los resultados en las pruebas se determinó que la muestra asemejaba su comportamiento a un aceite de girasol. Posteriormente, se comparó experimental y bibliográficamente la obtención del lubricante mediante dos procesos de síntesis (doble etapa de transesterificación e hidrólisis enzimática) donde se varió el tipo de catalizador a usar; en la primera se utilizó un catalizador básico, hidróxido de potasio (KOH), y en el segundo se utilizó un catalizador enzimático (*Lipase Aspergillus* modificada genéticamente). La hidrólisis en comparación al proceso de esterificación mantiene el mismo mecanismo de reacción por lo que se mantuvo las mismas condiciones de operación. Ambos procesos contaban con dos etapas de producción, en la primera se obtuvo como resultado ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMEs) conocido comercialmente como biodiesel, y en el segundo se obtuvo ácidos grasos libres. Seguidamente, en la primera obtención se realizó un segundo proceso de transesterificación el cual consistió en usar un alcohol propílico, trimetilolpropano (TMP), para la producción de tri-ésteres, di-ésteres y ésteres metílicos, siendo estas un tipo de base lubricante vegetal. Al finalizar esta comparación, el proceso enzimático no presentó estabilidad térmica a una temperatura menor a 20°C donde su fluidez se vio afectada por esta variable; debido a esta razón el diseño experimental para obtener las mejores condiciones de operación se realizó al proceso de doble etapa de transesterificación. Finalmente, se realizó un diseño central compuesto (CCD) donde se evaluó tres variables independientes (temperatura, tiempo y relación molar) y tres variables dependientes (rendimiento, viscosidad a 40°C y viscosidad a 100°C). Como resultado, se obtuvo ésteres de trimetilolpropano cuantificados mediante un cromatograma de gases-masas, con un rendimiento del 82,45% y unas condiciones óptimas de operación a una temperatura de 155°C, una relación molar 5:1 TMP: FAME en un tiempo de 200 minutos determinados por un análisis de superficie respuesta.

**Palabras clave:** biolubricante, transesterificación, trimetilolpropano, optimización, lubricación.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la obtención de un biolubricante partiendo de residuos de aceites de cocina para una empresa dedicada al tratamiento de aceites usados.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar las características de las materias primas para la obtención del biolubricante.
2. Seleccionar los dos mejores métodos para la transformación fisicoquímica del aceite en el biolubricante, mediante una revisión bibliográfica.
3. Comparar los dos métodos seleccionados mediante un desarrollo experimental, verificando su viabilidad de elaboración.
4. Establecer, mediante un diseño experimental las condiciones de operación adecuadas para la obtención del biolubricante.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores retos de la industria es el desarrollo técnico de un lubricante biodegradable eficiente y apto para reemplazar los aceites lubricantes provenientes de aceites minerales, los cuales después de ser usados son retirados mediante combustión, vertidos en cuerpos acuíferos o en tierras fértiles, que representan un alto nivel de toxicidad en el aire, agua y suelo respectivamente.<sup>1</sup> Recientemente se ha considerado como una alternativa los aceites lubricantes de nueva generación, desde el punto de vista del rendimiento, deben ser ambientalmente amigables y preferiblemente biodegradables.

Los aceites de origen vegetal representan un gran potencial y se consideran un candidato ideal para reemplazar los aceites minerales convencionales principalmente en la producción de combustibles, lubricantes y plásticos, debido a su similitud estructural a los hidrocarburos de cadena larga en aceites minerales con las características de ser renovables, no tóxicos, económicos y respetuosos con el medio ambiente.<sup>2</sup> El manejo del aceite vegetal es la fuerza impulsora detrás de la producción de combustibles y lubricantes renovables basados en fuentes vegetales, además de la contribución económica al crecimiento social, político y económico de una nación.<sup>3</sup>

Se tiene conocimiento de que el aceite vegetal es un producto cuya materia prima se genera desde la actividad agrícola. Donde después de los procesos de extracción, distribución y venta es empleado en la cocina, y posteriormente resulta un residuo con una difícil disposición final, encontrándose que el 70% del aceite vegetal usado contamina las fuentes de agua, el 20% es dispuesto en basuras, el 5% se reenvasa ilegalmente generando serios problemas a la salud humana como lo demostró un estudio de la Universidad de Vasco, el cual descubrió que la presencia de determinados aldehídos provenientes del uso de ACU generan enfermedades neurodegenerativas y algunos tipos de cáncer,<sup>4</sup> el 4% es dedicado a la alimentación animal con transferencia de problemas sanitarios a las personas y

---

<sup>1</sup> DEPUROIL, S. A. Riesgos Medio Ambientales de los Aceites Industriales. [1]. Disponible en: <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>

<sup>2</sup> Chandu S. Madankara b, Ajay K. Dalaia, S.N. Naik, Ind. Crops Prod. 44 (2013) 139–144. Vegetable oil-based lubricants—A review of oxidation

<sup>3</sup> BART, Jan C. J.; GUCCIARDI, Emanuele and CAVALLARO, Stefano. 1 - Renewable lubricants.[1]: Woodhead Publishing, 2013. 1-9

<sup>4</sup> GUILLÉN, María and URIARTE, Patricia. Aldehydes contained in edible oils of a very different nature after prolonged heating at frying temperature: Presence of toxic oxygenated  $\alpha$ ,  $\beta$  unsaturated aldehyde. apr, p. 915-926

solamente el 1% se recicla o se dispone adecuadamente.<sup>5</sup> Poniendo en evidencia la gran oportunidad de aprovechar este recurso en esta investigación.

Actualmente, el mercado de los lubricantes de base vegetal presenta un valor que duplica el precio de los lubricantes convencionales de base mineral. La participación de la industria en investigación y desarrollo ha sido de gran importancia para evaluar el potencial de reducción de costos partiendo de la obtención de estos aceites por medio de la extracción en semillas. Debido a esto, el presente proyecto quiere evaluar la obtención de un lubricante renovable partiendo de residuos de aceites de cocina. Según datos de la Asociación Colombiana de la Industria de Grasas y Aceites (ASOGRASAS), en 2016 en Colombia el consumo aparente de aceite vegetal para la industria alimenticia fue de 621.000 toneladas,<sup>6</sup> aparentemente dicha cifra se proyecta con un crecimiento exponencial para el año 2020.

Uno de los mayores desafíos es el desarrollo de universal de una base biodegradable estandarizada que pueda reemplazar las bases convencionales provenientes de aceites minerales considerados como lubricantes de nueva generación.<sup>7</sup> Desde el punto de vista del mejor rendimiento, estos deberían ser amigables con el medio ambiente y eventualmente biodegradables. Los problemas ambientales asociados con el uso de productos derivados del petróleo y las estrategias geopolíticas relacionadas con la manipulación del petróleo crudo son las fuerzas impulsoras detrás de la introducción de combustibles y lubricantes alternativos a partir de materias primas renovables que pueden contribuir a la organización vertical de las economías nacionales.<sup>8</sup>

---

<sup>5</sup> BIOGRAS S.A.S. ACU Aceite vegetal usado. [ Consultado el 24, abril,2019] Disponible en: <https://biogras.com.co/>

<sup>6</sup> Ministerio de Ambiente reglamenta disposición de aceites de cocina usados en el país&nbsp;nbsp; [0]. Mar 13. [Consultado el 12, abril, 2019]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3673-ministerio-de-ambiente-reglamenta-disposición-de-aceites-de-cocina-usados-en-el-país>

<sup>7</sup> Shalini Gupta, Rajeev Kumar, Sudha Tyagi and Peddy V C Rao, " Production of biolubricant base stock" PTQ Q 4(2012)1–6.

<sup>8</sup> La' szlo' Guczi I Andra' s Erdo helyi "Catalysis for Alternative Energy Generation" Springer Science+Business Media New York 2012.

## 1. MARCO TEÓRICO

ExxonMobil de Colombia indicó que “las estimaciones de consumo para los próximos años están atadas al comportamiento de sectores de la economía colombiana”. El mercado de los lubricantes industriales en Colombia que sirven en general a grandes sectores de la economía como la minería, la generación de energía, las manufactureras y la producción de alimentos entre otros, ha sido servido principalmente por lubricantes minerales que presentan un funcionamiento adecuado; así lo indicó la revista Dinero en el 2014<sup>9</sup>. Siendo un reto de la industria el desarrollo técnico de un lubricante biodegradable eficiente y apto para reemplazar los lubricantes provenientes de aceites minerales, los cuales después de ser empleados son expulsados por medio de combustión o vertidos en cuerpos acuíferos<sup>10</sup>, debido a esto la industria nacional no solo considera la competitividad sino también la sostenibilidad ambiental donde se toma como alternativa principal la utilización de aceites lubricantes sintéticos o naturales que han representado el mismo comportamiento e incluso mejores que los de base mineral.

### 1.1. ACEITES VEGETALES

1.1.1 Aceites vírgenes. Químicamente, los aceites y las grasas son lípidos simples formados por glicéridos y ésteres glicerínicos de los ácidos grasos.

En general, la grasa incluye todos los triglicéridos y se relaciona con los productos lipídicos de origen animal y otros minoritarios de origen vegetal, mientras que el aceite se refiere a los lípidos de origen vegetal, independientemente del estado líquido o sólido que adquieran según la temperatura ambiental o su punto de fusión.

Los lípidos de los alimentos, salvo muy raras excepciones, contienen ácidos grasos de cadena lineal saturados o insaturados. Algunos ácidos grasos están presentes en todas las grasas, aceites y otros lípidos. Este es el caso de los ácidos oleico, linoleico, esteárico, palmítico y palmitoleico. Especial importancia han adquirido el linoleico y el linolénico por su relación con efectos potencialmente beneficiosos para la salud.

En función de los ácidos grasos podrían establecerse varios subgrupos:

---

<sup>9</sup> REVISTA DINERO. Lubricantes industriales en Colombia. [ Consultado el 01, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.dinero.com/especiales-comerciales/articulo/lubricantes-industriales-colombia/192490>.

<sup>10</sup> DEPUROIL, S. A. Riesgos Medio Ambientales de los Aceites Industriales. [ Consultado el 5, mayo, 2019] Disponible en: <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>

- Aceites procedentes de semillas de algodón, sésamo, girasol, maíz, pulpa de frutos oliva y palma, ricos en ácidos oleico, linoleico y contenido en ácidos grasos saturados no superiores al 20%, en este grupo la cantidad de ácidos grasos saturados es muy baja.
- Aceites de Coco y de palma con una proporción de 40-50% de ácido láurico (C12) con bajo grado de insaturación y ácidos grasos de cadena corta por lo que funden a temperaturas poco altas y son relativamente estables.
- Aceites de soya y germen de trigo, ricos en ácido linoleico, grasas lácteas y tejidos adiposos animales con un elevado grado de saturación de los ácidos grasos.

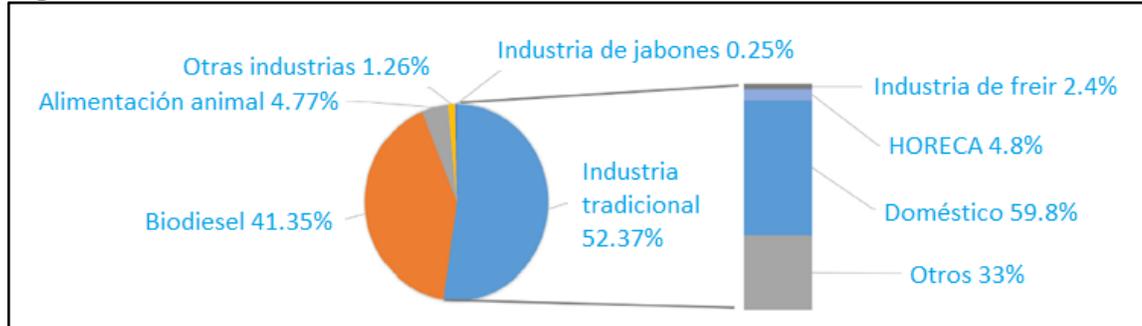
1.1.1.1 Datos estadísticos en Colombia. El consumo aparente total de grasas y aceites durante los últimos años en Colombia se resume en la Tabla 1. Se puede observar que el país es un importante productor de aceite de palma, y debido a que este aceite domina el mercado local (es decir, > 97%), la distribución del consumo de acuerdo con los usos finales se presenta en la Figura 1.

**Tabla 1.** Consumo aparente de aceites y grasas en Colombia (Datos de DANE, 2017; MinAgricultura, 2018; TEAM, 2018).

Artículo	Producto	2014	2015	2016	2017
Producción interna (t)	Aceite de palma y sus fracciones	1,353,138.0	1,545,439.0	1,384,334.0	1,953,530.0
	Manteca de cerdo sin fundir	269.5	505.8	750.3	1,296.2
	Grasa de pollo sin fundir	6473.0	5027.6	5394.2	4,436.1
	Grasa ovina sin fundir	194.2	214.2	97.7	61.8
	Sebo de res sin refinar	12,115.6	25,663.5	21,186.4	18,579.9
	Aceite de pescado sin refinar	64.9	40.5	164.9	267.3
	Aceite de soja sin refinar	15,812.4	5928.5	8671.8	
	Aceite de coco sin refinar	145.0	180.3	29.2	35.6
	Aceite de semilla de algodón sin refinar	664.5	341.1		
	Aceite de sésamo sin refinar	6.3	6.8	9.8	15.9
	Aceite de maíz sin refinar	5241.1	3193.4	3290.5	3,427.6
Aceite de nueces sin refinar	1.1	1.3	1.4	1.4	
1	Producción interna total (t)	1,394,125.7	1,586,542.0	1,423,930.3	1,981,651.8
2	Importaciones de petróleo crudo, refinado y grasas (t)	651,514.0	662,947.0	809,965.0	778,233.0
3	Exportaciones de petróleo crudo, refinado y grasas (t)	366,205.0	544,982.0	501,697.0	718,885.0
4	Consumo aparente: 4 = 1+2-3 (t)	1,679,434.7	1,704,507.0	1,732,198.3	2,040,999.8

**Fuente:** L.A. Rincón. Used cooking oils as potential oleochemical feedstock for urban biorefineries – Study case in Bogota, Colombia (2019).

**Figura 1.** Distribución del consumo industrial del aceite en Colombia.



**Fuente:** Ministerio de agricultura, boletín 2018. Palm oil chain 2018. Jan. 2018.

Como se observó en la figura anterior, la industria tradicional y la fabricación de biodiesel absorben la mayor parte del aceite de palma producido en el país. La industria tradicional incluye la distribución directa como aceites y grasas para cocinar (es decir, aceites y margarinas), y el uso como ingredientes en productos de consumo (salsas, aderezos, confitería, helados, panaderías, latas de atún, etc.). Dado que el aceite de palma domina en gran medida la producción local, se puede esperar que la distribución con respecto a los usos finales (Figura 1) también se pueda aplicar al consumo total de aceites y grasas. Esto permitió establecer que casi 1.07 Mt del total de aceites y grasas se utilizan para aplicaciones alimentarias. Ahora, según informes industriales del consumo total de alimentos<sup>11</sup>, aproximadamente 704 kt corresponden a aceites y grasas para cocinar. Este volumen se distribuye en uso doméstico (630 kt), HORECA (51 kt) y fritura industrial (25 kt), como se presenta gráficamente en la Figura 1.

1.1.2 Aceites usados. La fritura es una técnica típica de cocción de alimentos que se ha utilizado durante milenios en diferentes sociedades de todo el mundo. Los aceites o grasas comestibles calientes se usan comúnmente para la preparación de alimentos porque reducen los tiempos de cocción y proporcionan a los alimentos una textura crujiente y un sabor y color deseables.<sup>12</sup>

La fritura de alimentos se lleva a cabo a altas temperaturas (175 – 185 °C), donde los aceites y las grasas comestibles se usan como fluido de transmisión de calor convectivo (freído sumergido) o como lubricantes para una superficie conductora de calor (freído de sartén). Durante el proceso, los alimentos sufren secado y cocción con transferencia simultánea de calor y masa<sup>13</sup>; Mientras tanto, los aceites o grasas

<sup>11</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. S IDEAM, 2018. VIII monitoring phase of industrial effluents and surface streams in Bogota D.C. (In Spanish). 2008. <<http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-nvestigaciones/resultado-busqueda/viii-fase-delprograma-de-segumiento-y-monitoreo-de-efluentes-industriales>>

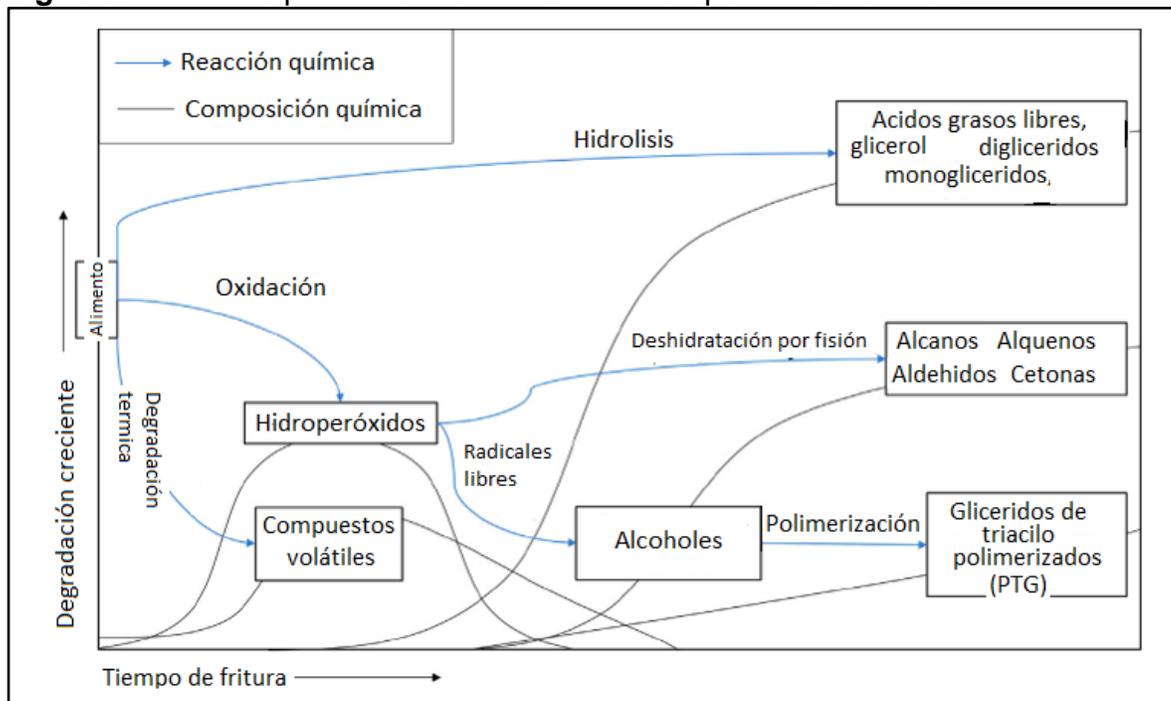
<sup>12</sup> Gupta, M., Warner, K., White, P., 2004. Frying Technology and Practices. AOCS Press, New York, United States.

<sup>13</sup> Bordin, K., Kunitake, M., Aracava, K., Trindade, C., 2013. Changes in food caused by deep fat frying - A review. Arch Latinoam Nutr. 63, 5–13.

sufren cambios fisicoquímicos en su composición. Estos cambios dependen en gran medida de las condiciones de procesamiento de la fritura, es decir, la fuente de aceite, los alimentos procesados, el tipo de freidora, la temperatura, el tiempo de procesamiento, etc.<sup>14</sup> La combinación de tales variables puede promover una amplia variedad de reacciones químicas que impulsan la descomposición del aceite.

1.1.2.1 Degradación. Como se observa en la Figura 2, los hidroperóxidos y una variedad de compuestos volátiles (alcanos, aldehídos, cetonas, ácidos, etc. de bajo peso molecular) son los primeros que se generan por oxidación y degradación térmica del aceite. Posteriormente, al aumentar el tiempo de fritura, se producen otras reacciones químicas como la hidrólisis, la fisión y / o la polimerización. Como consecuencia, se producen monómeros y/u oligómeros de ácidos grasos y una variedad de compuestos polares de peso molecular medio y alto<sup>15</sup>. Esta descomposición química altera en gran medida las propiedades del aceite relacionadas con la calidad, principalmente el valor ácido, el contenido polar y volátil, el valor de yodo, el valor de saponificación, el color y el olor.

**Figura 2.** Cambios químicos del aceite durante el proceso de fritura.



**Fuente:** Bordin, K., Kunitake, M., Aracava, K., Trindade, C., 2013. Changes in food caused by deep fat frying - A review. Arch Latinoam Nutr. 63, 5–13.

<sup>14</sup> Van Koerten, K., 2016. Deep Frying: From Mechanisms to Product Quality PhD. Dissertation. Wageningen University.

<sup>15</sup> Rojas, H., Narváez, P., 2011. Analysing a method for small and medium size companies to rate oil quality during immersion frying. Ing. Inves. 31, 83–92. <https://doi.org/10.15446/ing.investig>.

1.1.2.2 Riesgos a la salud. Debido a la degradación química y sensorial, algunos de los compuestos generados llegan a ser tóxicos, lo que convierte los aceites de cocina usados (ACU) en productos nocivos. Los efectos negativos para la salud causados por la ingestión de ACU están ampliamente documentados; su consumo está asociado con presión arterial alta, colesterol alto, enfermedades cardiovasculares, problemas gastrointestinales e incluso algunos tipos de cáncer.<sup>16</sup> Debido a la acumulación de productos químicos nocivos y proteínas animales (de alimentos preparados), los ACU no pueden reutilizarse indefinidamente en la preparación de alimentos, ni usarse como alimento para animales.

1.1.2.3 Riesgos ambientales. La liberación de aceites y grasas al medio acuático, como sustancias hidrófobas de menor densidad, además de provocar un impacto estético, aportando otros contaminantes como la elevada demanda química de oxígeno (DQO) que se ha indicado en el apartado anterior y, en gran medida, afectado al intercambio gaseoso. Así, estas sustancias, una vez entran en el medio acuático, se difunden por la superficie reduciendo la oxigenación a través de la interfase aire-agua y la actividad fotosintética, ya que absorbe la radiación solar, disminuyendo así, además, la producción interna de oxígeno disuelto.

Los aceites-grasas en unión de restos de los detergentes y jabones de uso doméstico, llegan a provocar en zonas colectoras de las tuberías como quiebres o pendientes bajas "bolas de grasa", con frecuencia genera situaciones de atascos en colectores. Además, dificultan el intercambio gaseoso entre agua residual y aire que en contacto con ella aumenta la progresiva anoxia del agua residual a lo largo de los colectores, con lo que puede llegar a la PTAR con mínimos contenidos en oxígeno, cuando no hay anaerobiosis.

1.1.2.4 Oportunidad industrial. A pesar de la gran variedad de impurezas presentes en los ACU, los componentes principales todavía corresponden a triglicéridos, glicéridos parciales y ácidos grasos. Esto hace que los ACU sean una materia prima de segunda generación adecuada para la industria oleoquímica. En comparación con los aceites vírgenes comúnmente utilizados en la industria química, el valor nutricional de los ACU se tiene más como una oportunidad industrial que la reutilización en alimentos, es decir, evitar el problema de alimentos versus el combustible.

Además, los ACU están fácilmente disponibles en grandes cantidades a bajo costo, y el suministro se encuentra dentro de áreas urbanas donde la recolección y la

---

<sup>16</sup> Venkata, R., Subramanyam, R., 2016. Evaluation of the deleterious health effects of consumption of repeatedly heated vegetable oil. *Toxicol. Rep.* 3, 636–643. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.08.003>.

transformación se pueden lograr más fácilmente.<sup>17</sup> De esta manera, la explotación (ACU) puede contribuir a desarrollar un modelo de economía circular en torno a la producción de oleoquímicos en biorrefinerías urbanas. El primer paso en esta dirección es la evaluación de la disponibilidad de ACU en un área urbana específica.

Entre los diferentes usos alternativos para las ACU, la transformación en biodiesel domina debido a las políticas públicas implementadas en todo el mundo (es decir, los mandatos de biocombustibles) y los esquemas de producción subsidiados (es decir, reducción o exención de impuestos, precios favorables de combustible, subsidios de inversión de capital, etc.)<sup>18</sup>. Una fracción menor de ACU se usa para la producción de jabón, y también como alimento para animales, pero con fuertes restricciones en el último caso. Sin embargo, la mayoría de estas alternativas de reutilización son altamente intensivas en energía y materiales. Esto se debe a que la actualización de ACU requiere numerosos procesos de purificación para cumplir con las estrictas regulaciones (por ejemplo, en la alimentación animal) y las especificaciones técnicas estrictas de los productos finales (por ejemplo, biodiesel). Además, los productos obtenidos son de bajo valor agregado, lo que permite márgenes pequeños y hace que la explotación sea adecuada solo para instalaciones a gran escala. Estos elementos son desafíos importantes para una explotación sostenible de ACU en biorrefinerías urbanas, posiblemente operando bajo un esquema descentralizado.

Históricamente, la mayoría de los conceptos de biorrefinería en torno a la explotación de ACU se han centrado en la producción de energía y biocombustibles utilizando diferentes procesos: combustión directa, transesterificación a biodiesel, craqueo/ hidro craqueo a combustible verde, pirólisis a biocombustible, digestión a biogás, gasificación y licuefacción a hidrocarburos, mezcla a combustibles sólidos, coquización, etc.<sup>19</sup> Además, la transformación en jabones ha sido típicamente explorada.<sup>20</sup> Comparativamente, se han informado pocos estudios sobre la transformación de ACU en productos de alto valor agregado.<sup>21</sup> Por lo tanto, teniendo en cuenta los informes de la literatura y los datos del mercado, se han identificado y enumerado varios derivados potenciales de ACU de interés comercial en la Figura 3.

---

<sup>17</sup> Carmona-cabello, M., Garcia, I., L 2018. Valorization of food waste based on its composition through the concept of biorefinery. *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.* 14, 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.06.011>.

<sup>18</sup> EBIA, 2015. Transformation of Used Cooking Oil into biodiesel: From waste to resource. European Biomass Industry Association <[https://www.eubren.com/UCO\\_to\\_Biodiesel\\_2030\\_01.pdf](https://www.eubren.com/UCO_to_Biodiesel_2030_01.pdf)>

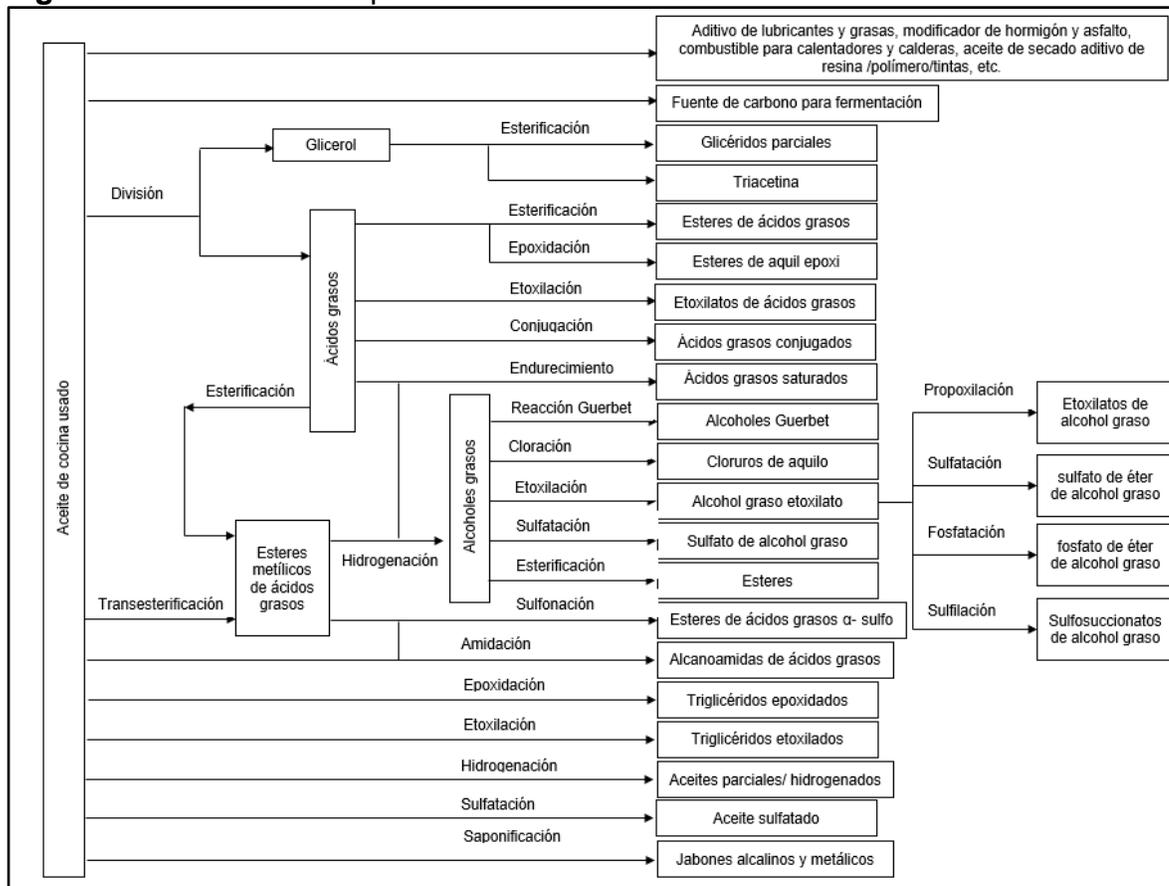
<sup>19</sup> Huber, G.W., Iborra, S., Corma, A., 2006. Synthesis of transportation fuels from biomass: chemistry, catalysts, and engineering. *Chem. Rev.* 106, 4044–4098. <https://doi.org/10.1021/cr068360d>.

<sup>20</sup> Félix, S., Araújo, A., Pires, A., Sousa, A., 2017. Soap production: A green prospective. *Waste Manage.* 66, 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.036>.

<sup>21</sup> Panadare, D., Rathod, V., 2015. Applications of waste cooking oil other than biodiesel: a review. *Iran J. Chem. Eng.* 12, 55–76.

Como se observó, los ACU podrían transformarse en una gran variedad de productos oleoquímicos e incluso usarse como gotas en ingredientes para diferentes aplicaciones. Si bien algunos derivados son productos básicos de bajo costo (por ejemplo, ácidos grasos, ésteres metílicos de ácidos grasos, alcoholes grasos, glicerol), también hay una gran cantidad de oleoquímicos funcionales que se comercializan en nichos de mercado de alto valor (plastificantes, jabones metálicos y de secado, tensoactivos, lubricantes, aditivos de plástico y caucho, etc.).

**Figura 3.** Derivados oleoquímicos viables de ACU.



**Fuente:** Panadare, D., Rathod, V., 2015. Applications of waste cooking oil other than biodiesel: a review. Iran J. Chem. Eng. 12, 55–76

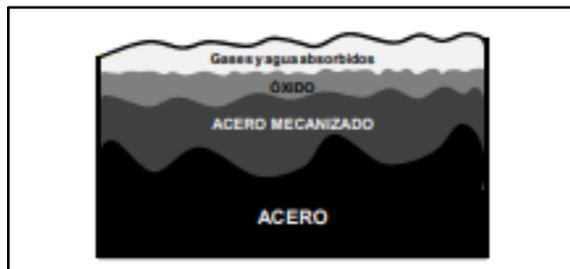
La transformación potencial de los ACU en otros productos químicos depende en gran medida de sus propiedades fisicoquímicas. En particular, el valor de saponificación, el valor de yodo, el valor de ácido, el contenido de agua y las propiedades sensoriales definen el uso potencial de una materia prima oleoquímica. Por ejemplo, los ACU altamente saturados (es decir, bajo índice de yodo) se utilizan en la fabricación de productos químicos que requieren una alta estabilidad a la oxidación. Entre estos, se puede destacar el uso de ACU en la fabricación de tensoactivos no iónicos, ésteres metílicos sulfonados y lubricantes de base

biológica. Por otro lado, los ACU altamente insaturados (es decir, alto valor de yodo) se utilizan para la síntesis de epóxidos, resinas, polioles y poliuretanos. Además, los ACU insaturados y de alto peso molecular (es decir, bajo valor de saponificación) se han utilizado como aditivos para la fabricación de asfalto, concreto y bloques de construcción. Más recientemente, algunos investigadores han explorado el uso de ACU refinados, es decir, baja acidez y bajo contenido de volátiles para la producción de enzimas, grafeno, polímeros a base de fermentación y nanocatalizadores.

## 1.2. LA LUBRICACIÓN

Todas las superficies metálicas son rugosas y presentan asperezas, ya que, aunque se utilicen tratamientos de mecanizado y químicos para obtener superficies perfectamente lisas, el desgaste causado durante la operación de los equipos es el principal causante de producir la rugosidad. El efecto de oxidación de las superficies también produce que en estas vayan formándose asperezas y aumentando su rugosidad.<sup>22</sup>

**Figura 4.** Esquema de las capas superficiales que forman un material metálico.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

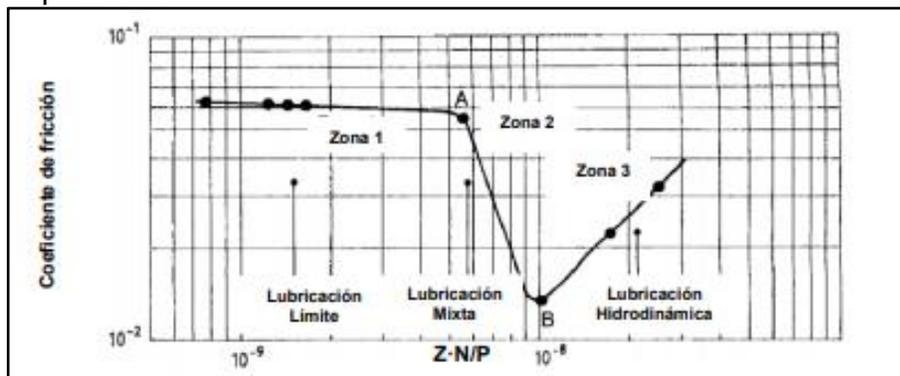
La Figura 4 muestra las distintas capas que forman un material metálico, donde se puede observar que la parte del acero mecanizado se va oxidando, formándose una capa de óxido menos resistente mecánicamente que permite un desgaste mayor. Por otra parte, esta capa de óxido favorece la adhesión de compuestos polares a las superficies metálicas, permitiendo crear una capa lubricante protectora que reduzca el desgaste del material.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Booser E. R. CRC Handbook of Lubrication - Volume II: Theory & Design [Book]. - CRC Press: New York, 1983.

<sup>23</sup> Ludena K. C. Friction, Wear, Lubrication: a textbook in tribology [Book].- New York: CRC Press, 1996.)

La lubricación es la técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra, interponiendo para ello una sustancia entre ambas denominada lubricante que soporta o ayuda a soportar la carga (presión generada) entre las superficies enfrentadas. La película de lubricante interpuesta puede ser un sólido (como por ejemplo el grafito, MoS<sub>2</sub>), un líquido (o grasa) o excepcionalmente un gas. La lubricación líquida es la más utilizada para evitar el desgaste, donde el coeficiente de fricción es el parámetro más importante que se debe controlar.<sup>24</sup>

**Figura 5.** Coeficiente de fricción en función de la viscosidad y la velocidad de deslizamiento del fluido y la presión aplicada en las superficies.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

La Figura 5 muestra el coeficiente de fricción en función de parámetro  $Z \cdot N/P$ , donde  $Z$  es la viscosidad del lubricante,  $N$  la velocidad de deslizamiento entre las dos superficies y  $P$  la presión aplicada entre las dos superficies. En el gráfico se pueden observar 3 zonas distintas, separadas por los puntos "A" y "B". En la zona 3, lubricación hidrodinámica, el espesor de la película se incrementa, debido a un incremento de la viscosidad, de la velocidad de deslizamiento o por un decremento de la presión; esto produce un acrecimiento del coeficiente de fricción que aumenta con la adición de espesor de la película lubricante. Cuando las condiciones cambian de "B" hacia "A" el espesor del lubricante disminuye provocando que las asperezas lleguen a tocarse, provocando que el coeficiente de fricción aumente, al disminuir el espesor de lubricante, esta zona se llama de lubricación límite. La zona entre "A" y "B" se llama de lubricación mixta, ya que en ella se da tanto la lubricación límite como la hidrodinámica.

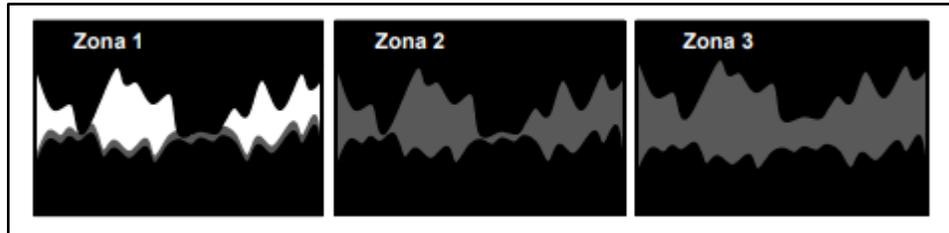
El gráfico anterior muestra que la propiedad más importante de un aceite lubricante es su viscosidad la cual es una propiedad que describe la resistencia del líquido al

<sup>24</sup> Lansdown A. R. Lubrication and Lubricant Selection [Book]. - London: Professional Engineering Publishing Limited, 2004.

flujo y está relacionada con la fricción interna en el líquido<sup>25</sup> ya que un valor adecuado de esta permite minimizar el coeficiente de fricción y por tanto el desgaste. Por ello la elección de la viscosidad del aceite para cada aplicación, es crucial para obtener una lubricación óptima.

La Figura 6 muestra los espesores de las películas de lubricante en los tres tipos distintos de lubricación. La selección de la viscosidad adecuada del aceite, permite establecer el régimen de lubricación de trabajo.

**Figura 6.** Distintos regímenes de lubricación. Zona 1: lubricación límite Zona 2: lubricación mixta Zona 3: lubricación hidrodinámica.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

1.2.1 Aceites lubricantes. Los lubricantes son sustancias aplicadas a las superficies de rodadura, deslizamiento o contacto de las máquinas para reducir el rozamiento entre las partes móviles. En la práctica los lubricantes son usados para cubrir otras necesidades<sup>26</sup>, algunas de las cuales son igualmente vitales para la operación del equipo en el que se usan:

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

Los aceites lubricantes están formados por un aceite base, que puede ser mezcla de dos compuestos y aditivos para dar las prestaciones finales al producto. Los primeros lubricantes fueron los aceites vegetales y las grasas animales. Sin embargo, desde finales del siglo XIX más del 90% de todos los lubricantes se derivan del petróleo, productos abundantes que pueden destilarse y condensarse

<sup>25</sup> MALVERN PANALYTICAL. Viscosidad y Medición de viscosidad. [Consultado el 12, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.malvernpanalytical.com/es/products/measurement-type/viscosity>.

<sup>26</sup> Booser E. R. CRC Handbook of Lubrication - Volume II: Theory & Design [Book]. - CRC Press: New York, 1983.

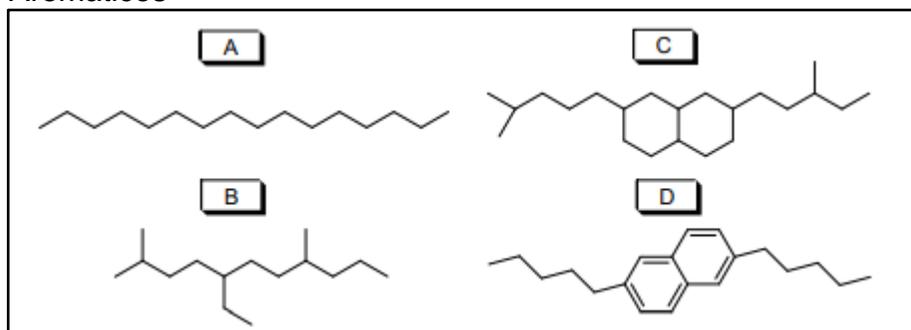
sin descomponerse. Actualmente existe una gran variedad de aceites sintéticos que cubren la amplia demanda de requisitos que deben cumplir los lubricantes.<sup>27</sup>

1.2.1.1 Clasificación según su origen. El aceite base es componente fundamental de un lubricante y de su calidad dependen sus propiedades y su duración.

A continuación, se numeran los tipos de aceites:

✓ Mineral. Los aceites minerales usados originalmente en lubricación eran las fracciones, obtenidas en la destilación del petróleo, que tenían una viscosidad entre 32 a 45 cSt a 100°C<sup>28</sup> para la lubricación, la cual es una propiedad cinemática totalmente apta para el correcto desempeño de aceite como base lubricante. Durante los últimos 60 años su producción se ha sofisticado muchísimo mediante la eliminación de compuestos sulfurados, destilación al vacío, hidrogenación, extracción con disolventes, eliminación de ceras, isomerización, etc. Estas bases son fáciles y baratas de fabricar, pero a cambio tienen una duración más reducida y en algunos casos, pueden no cumplir los requerimientos de motores de altas prestaciones.<sup>29</sup>

**Figura 7.** Tipos de hidrocarburos presentes en los aceites minerales. A) Parafinas B) Isoparafinas C) Naftenos D) Aromáticos-



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

La Figura 7 muestra la estructura química de los compuestos que componen los aceites minerales, principalmente hidrocarburos compuestos solamente de carbono

<sup>27</sup> Lansdown A. R. Lubrication and Lubricant Selection [Book]. - London: Professional Engineering Publishing Limited, 2004.

<sup>28</sup> QUÍMICA ORGÁNICA INDUSTRIAL. Aceites y lubricantes [0]. [Consultado el 12, mayo, 2019]. Disponible en: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>.

<sup>29</sup> Booser E. R. CRC Handbook of Lubrication - Volume II: Theory & Design [Book]. - CRC Press: New York, 1983.

e hidrógeno, que pueden agruparse en tres grupos básicos.<sup>30</sup> Las parafinas son los compuestos mayoritarios de los aceites minerales y están constituidas por cadenas lineales o con ramificaciones, pero sin anillos. Los naftenos se caracterizan porque algunos de los carbonos forman anillos. Los aromáticos son los compuestos que forman anillos, pero con una menor proporción de hidrogeno que en los naftenos. Estos compuestos están presentes en una menor proporción, probablemente del 2 al 8%.

Dependiendo del tipo de petróleo y del proceso de refino obtendremos lubricantes de diferentes proporciones de los diferentes componentes y por ello diferentes propiedades y calidades.<sup>31</sup> El objetivo de las técnicas de refino es proporcionar un lubricante base con una gran proporción de cadenas parafínicas ramificadas. Los procesos de craqueo reducen el peso molecular medio de los hidrocarburos presentes y abre total o parcialmente los anillos nafténicos. El reformado aumenta la proporción de cadenas parafínicas ramificadas. Una hidrogenación suave permite la eliminación de compuestos sulfurados, oxigenados o nitrogenados, mientras que una hidrogenación severa permite además la eliminación de los compuestos insaturados y los aromáticos. Todos estos procesos permiten obtener aceites base que consisten en cadenas parafínicas ramificadas. Estos productos son conocidos como aceites altamente refinados y forman parte de los aceites del grupo III. Los aceites altamente refinados continúan siendo hidrocarburos, pero sus propiedades se parecen más a las de los aceites sintéticos. Las composiciones de los diferentes grupos de aceites minerales se resumen en la Tabla 2.

✓ Sintético. Los lubricantes sintéticos no son obtenidos por refinamiento de aceites minerales o naturales, sino que son producidos por síntesis química. Los lubricantes 100% sintéticos utilizan como bases moléculas obtenidas por síntesis en laboratorio, del tipo polialfaolefinas (PAOs) y ésteres. Este es un proceso costoso, pero permite obtener productos de muy alta calidad y duración, adecuados para las más duras condiciones de trabajo, mostrando unas propiedades lubricantes mejoradas frente a los aceites refinados.<sup>32</sup> Estas mejoras permiten el uso de estos aceites en un margen de temperaturas mayor debido a la buena estabilidad oxidativa y al menor coeficiente de fricción. Mientras que el mejor índice de viscosidad y punto de fluencia permite trabajar a temperaturas más bajas, el inconveniente de estos aceites es su mayor coste económico, siendo unas 3 veces mayor a los aceites refinados. Este mayor coste económico está compensado por una mayor vida útil del producto, que puede ser 3 veces superior a la de los aceites convencionales.<sup>33</sup>

---

<sup>30</sup> Ullmann Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry [Book] - Weinheim: WILEY-VCH, 2002-6.

<sup>31</sup> Lansdown A. R. Lubrication and Lubricant Selection [Book]. - London: Professional Engineering Publishing Limited, 2004.

<sup>32</sup> Booser E. R. CRC Handbook of Lubrication - Volume II: Theory & Design [Book]. - CRC Press: New York, 1983.

<sup>33</sup> Lansdown A. R. Lubrication and Lubricant Selection [Book]. - London: Professional Engineering Publishing Limited, 2004.

Estas bases sintéticas principalmente desarrolladas fueron di-ésteres. La molécula puede ser lineal, ramificada o aromática con dos grupos éster. Como se observa en la Figura 8.<sup>34</sup> Del mismo modo muestra la estructura química de los di-ácidos más utilizados en la síntesis de di-ésteres. Estos di-ácidos son obtenidos por distintos procesos químicos: el adípico se obtiene a partir de la oxidación con ácido nítrico de una mezcla de ciclohexanol y ciclohexanona, el azelaico a partir de la ozonólisis del ácido oleico.<sup>35</sup>

**Tabla 2.** Composición típica de los aceites minerales en porcentaje en volumen (Lansdown, 2004).

Constituyentes	Naftélicos	Parafínicos	Altamente refinados
	(Grupo I)	(Grupo II)	(Grupo III)
Cadenas parafínicas	50%	63%	95%
Anillos naftélicos	40%	33%	3%
Anillos aromáticos	10%	2%	0.1%
Sulfuros	1%	0.5%	0.1%
Asfaltenos	2%	1%	---

**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

✓ Vegetal. Desde la antigüedad hasta mediados de siglo 19 todos los lubricantes eran obtenidos de fuentes naturales como las grasas animales, el aceite de ballena o los aceites vegetales.<sup>36</sup> Los aceites vegetales están formados mayoritariamente por ácidos grasos y sus triglicéridos, que se pueden obtener mecánica o químicamente, aunque generalmente se usa alguna combinación de ambas técnicas.<sup>37</sup> En el método mecánico las semillas y frutos oleaginosos se someten a un proceso de prensado, finalmente se somete al aceite extraído a otro proceso de refinamiento. El método químico utiliza disolventes químicos que resulta más rápido y barato, además de dar mejor rendimiento. La Tabla 3 muestra los contenidos de cada ácido graso (porcentaje en peso) más usuales en algunos aceites vegetales.<sup>38</sup>

<sup>34</sup> Booser E. R. CRC Handbook of Lubrication - Volume II: Theory & Design [Book]. - CRC Press: New York, 1983.

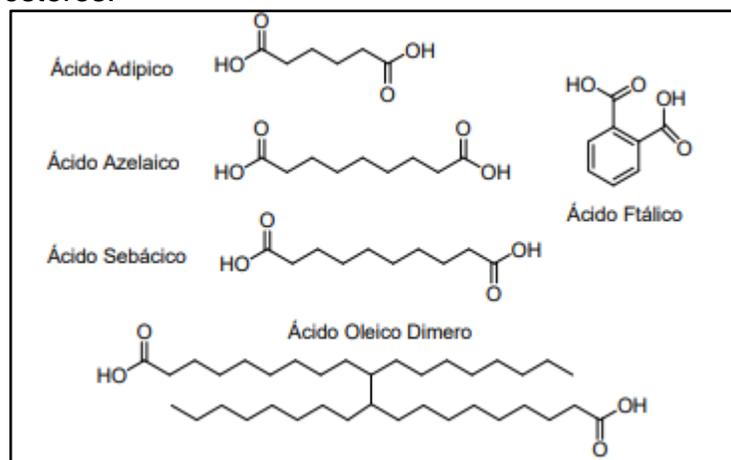
<sup>35</sup> Burg D. A. and Klieman R. Preparation of Meadowfoam Dimer Acids and Dimer Esters and Their Use as Lubricants. Journal of the American Oil Chemists' Society.1991 Vol. 68.pp. 600 - 603.

<sup>36</sup> Booser E. R. CRC Handbook of Lubrication - Volume II: Theory & Design [Book]. - CRC Press: New York, 1983.

<sup>37</sup> Ullmann Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry [Book] -Weinheim: WILEY-VCH, 2002.- 6.

<sup>38</sup> Gunstone F D. The Lipid Handbook [Book]. - London: Chapman & Hall, 1994.

**Figura 8.** Estructura química de los ácidos dicarboxílicos más utilizados en la obtención de diésteres.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

**Tabla 3.** Proporciones en peso de los ácidos grasos mono-carboxílicos de algunos aceites vegetales.

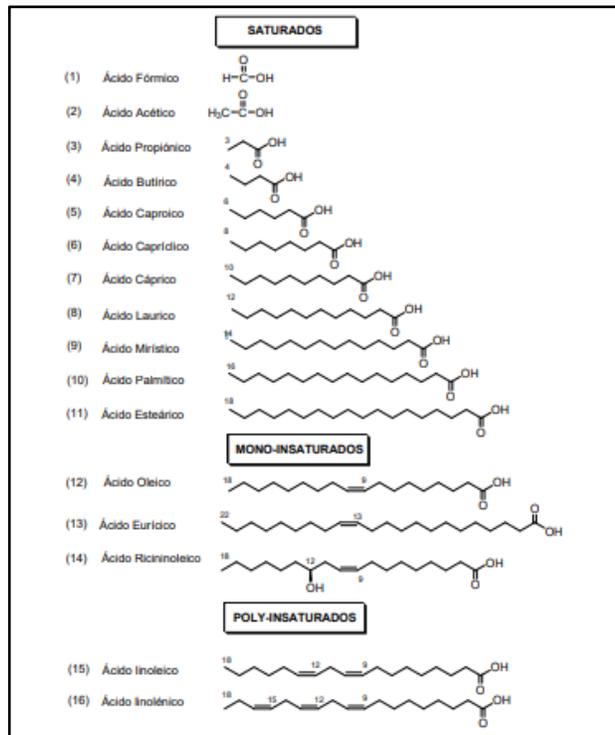
Ácido graso	Coco (%)	Palmiste (%)	Palma (%)	Colza (%)	Soja (%)
C6 (Caproico)	< 0.6	< 0.8			
C8 (Caprílico)	4.6 – 9.4	1.9 – 6.2			
C10 (Cáprico)	5.5 – 7.8	2.6 – 5.0			
C12 (Láurico)	45.1 – 50.3	40 – 55	< 0.4		
C14 (Mistérico)	16.8 – 20.6	14 – 18	0.5 – 2.0		
C16 (Palmítico)	7.7 – 10.2	6.5 – 10.3	40 - 48	3.3 – 6	9.7 – 13.3
C18 (Esteárico)	2.3 – 3.5	1.3 – 3	3.5 – 6.5	1.1 – 2.5	3.0 – 5.4
C18:1 (Oleico)	5.4 – 9.9	12 – 21	36 – 44	52 – 67	17.7 – 28.5
C18:2 (Linoleico)	0.8 – 2.1	1 – 3.5	6.5 - 12	16 – 25	49.8 – 57.1
C18:3 (Linolénico)				6 - 14	5.5 – 9.5

**Fuente:** Gunstone F.D. The lipid Handbook, 1994.

Los ácidos grasos se caracterizan por ser una cadena alifática de un número par de carbonos que puede presentar insaturaciones. Los ácidos grasos tienen un gran parecido a los hidrocarburos con la única diferencia del grupo carboxilo. La Figura 9 muestra los ácidos grasos monocarboxílicos de origen natural, más relevantes.

Los aceites vegetales han sido utilizados como lubricantes desde la antigüedad, mostrando un mejor comportamiento de algunas propiedades cuando son comparados con sus equivalentes en base petróleo: mejor índice de viscosidad, mejor lubricidad, alta biodegradabilidad y renovabilidad.<sup>39</sup>

**Figura 9.** Ácidos grasos mono-carboxílicos de origen natural. Los dobles enlaces pueden estar en conformación cis o trans.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

1.2.1.2 Clasificación según uso industrial. Actualmente el uso de lubricantes ha tenido un uso bastante amplio dependiendo la industria requerida, pues de su disposición depende su composición: lubricantes líquidos, gaseosos, sólidos o semisólidos; la naturaleza del mismo: minerales, sintéticos, vegetales y animales y los aditivos que se deben agregar: antidesgaste, detergentes, dispersantes, antioxidantes, diluyentes, espesantes.<sup>40</sup>

<sup>39</sup> Lansdown A. R. Lubrication and Lubricant Selection [Book]. - London: Professional Engineering Publishing Limited, 2004.

<sup>40</sup> CRONASER. Clasificación lubricantes industriales. [Consultado el 13, mayo, 2019]. Disponible en: <https://cronaser.com/blog/como-clasifican-lubricantes-industriales/>

A continuación, se evidencian las diferentes industrias en las que se emplean los diferentes tipos de lubricantes:

✓ Industria alimenticia. Las plantas de producción de alimentos y bebidas enfrentan desafíos únicos. No solo debe esforzarse por lograr máxima productividad, sino que también deben brindar protección contra la posibilidad de contaminación alimentaria, incluida la contaminación de aceites y grasas lubricantes.<sup>41</sup> Sin dejar a un lado:

- Mejorar la productividad.
- Garantizar que los lubricantes sean compatibles con el plan de lubricación de gestión de riesgo de los análisis de peligros y puntos de control críticos.
- Aprobar las auditorías de cumplimiento.
- Mantener los equipos funcionando durante más tiempo y de modo más eficiente.

✓ Industria automotriz. Los lubricantes para la industria automotriz deben ser extremadamente eficaz a temperaturas específicas y resistir la salinidad, el agua y polvo durante años. Se necesita garantizar valores de fricción y que no acumulen producto pues este se degrada en sistemas de admisión y escape<sup>42</sup>. Estos deben adecuarse para cualquier necesidad como lo son:

- Carrocería.
- Exterior.
- Interior.
- Chasis.
- Mecanismo de transmisión (motores, engranajes y ejes motrices).
- Mantenimiento, reparación y operaciones.

En Europa, el consumo de lubricantes de automoción ha sufrido una evolución contraria al de ventas de vehículos y consumo de combustible. Como se puede evidenciar en la figura 10, partiendo de un índice 100 en 1979, las ventas de vehículos alcanzaron 163 en 1997, el consumo de combustible creció hasta 146, mientras que el índice de consumo de lubricantes descendió hasta 86 (ver figura). La razón que explica esta divergencia es la mejora constante en la calidad de los lubricantes que permite que un vehículo pueda recorrer una mayor cantidad de kilómetros entre cambios de aceite. Así mientras que en 1970 se efectuaba el cambio de aceite cada 5000 Km, en los coches actuales es suficiente un cambio cada 30.000 Km.<sup>43</sup>

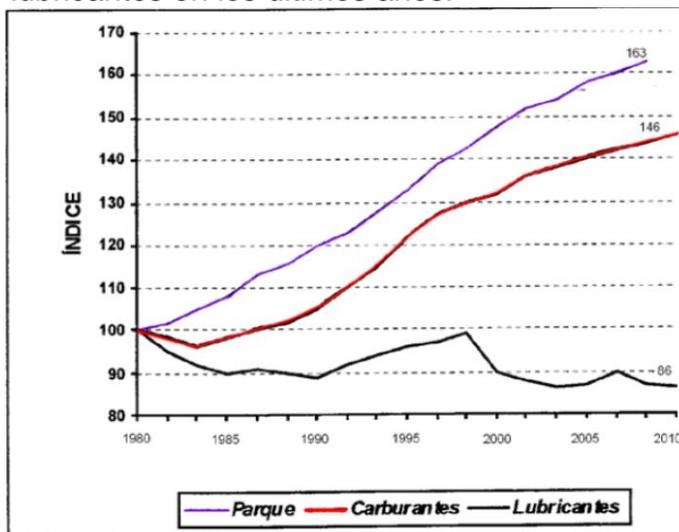
---

<sup>41</sup> MOBIL LTDA. Oil and gas industry lubricants [0]. [Consultado el 13, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.mobil.com.mx/es-MX/lubricantes/industrial/Lubricant-Expertise/Sectors/food-and-beverage-industry-lubricants>

<sup>42</sup> KLUEBER S.A. Aplicación industrial automoción. [Consultado el 13, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.klueber.com/es/aplicaciones/industria/industria-automocion/>

<sup>43</sup> QUÍMICA ORGÁNICA INDUSTRIAL. Aceites y lubricantes. [Consultado el 15, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>.

**Figura 10.** Distribución de consumo de lubricantes en los últimos años.



**Fuente:** QUÍMICA ORGÁNICA INDUSTRIAL.  
Aceites y lubricantes.

✓ Industria marítima. Las legislaciones en constante evolución que rigen sobre el medio ambiente, los cambios en los requisitos de combustible y la fuerza de la competencia han creado numerosos desafíos para la industria marítima. Los motores y equipos son sometidos a condiciones operativas cambiantes que pueden afectar el desempeño de los buques y los resultados económicos finales.<sup>44</sup>

Los barcos contienen gran cantidad de maquinaria compleja, que necesita funcionar con suavidad a veces durante semanas sin parar.<sup>45</sup>

El funcionamiento fiable de los equipos en el mar resulta extremadamente importante. Al mismo tiempo, las condiciones marinas son extremadamente adversas como frío, viento y olas, en donde el agua marina y las cargas mecánicas elevadas impactan incesantemente en piezas móviles. El uso de lubricantes, como grasas o aceites, reduce la fricción entre las piezas móviles, permitiéndoles mantenerse en movimiento sin desgaste.<sup>46</sup>

✓ Industria minera. Los retos a los que se enfrentan los equipos de minería hoy en día son cada vez mayores y se presentan de diferentes maneras. Ya sea por la exigencia de la producción, que requiere la plena disponibilidad de los equipos a

<sup>44</sup> MOBIL LTDA. Oil and gas industry lubricants. [Consultado el 15, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.mobil.com.mx/es-MX/lubricantes/industrial/Lubricant-Expertise/Sectors/marine-industry-lubricants>

<sup>45</sup> CENTRO DE CONOCIMIENTO DE LA INDUSTRIA MARÍTIMA. Aceites lubricantes. [Consultado el 15, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.maritimeinfo.org/es/Maritime-Directory/lubricants-es-076f1858811311e294030013721274c6>

<sup>46</sup> KLUBER LUBRICATION. Industria marítima. [Consultado el 22, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.klueber.com/es/aplicaciones/industria/industria-maritima-y-offshore/>

menudo utilizados a plena carga, pero principalmente por los ambientes extremos en los que operan (alta contaminación con áridos, presencia de agua, la propia naturaleza de las materias primas, entre otros). Bajo condiciones extremas de operación los lubricantes deben proporcionar, además de su función habitual, una protección adicional que permita mantener o incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, así como facilitar la gestión de mantenimiento.<sup>47</sup> Estos deben adecuarse para cualquier necesidad como lo son:

- Aceites para motores y motores a gas.
- Aceites hidráulicos.
- Aceites para transmisiones.
- Aceites para engranajes.
- Aceite para herramientas neumáticas.
- Autocongelantes.

✓ Industria petrolera. Los lubricantes para el negocio energético responsable de hidrocarburos deben contar con la prolongación de la vida útil de los componentes de la maquinaria y reducir cambios de aceite que permite ampliar intervalos de mantenimiento y reducción de fallos de equipos y paros no programados.<sup>48</sup> Estos deben adecuarse para cualquier necesidad como lo son:

- Aceites para compresores
- Grasa para extrema presión
- Fluidos de perforación base agua y aceite
- Refinación de petróleo y gas
- Producción
- Transmisión de petróleo y gas
- Servicios de pozos

1.2.1.3 Sistemas de clasificación. Hay dos sistemas principales de clasificación de aceites industriales.

✓ Clasificación API. El sistema de clasificación API clasifica los aceites para motor según su comportamiento en motores seleccionados que funcionan en condiciones cuidadosamente controladas, concebidas para simular un servicio en el terreno. Este sistema abarca un amplio número de subcategorías incluyendo un cierto número de pruebas de desempeño en el motor.

---

<sup>47</sup>REPSOL S.A.S. Lubricantes industria minera. [Consultado el 22, mayo, 2019] Disponible en: [https://www.repsol.com/imagenes/global/es/AF\\_Lubricantes\\_Industria\\_Minera\\_210x297\\_version\\_w eb\\_tcm7-735132\\_tcm13-36639.pdf](https://www.repsol.com/imagenes/global/es/AF_Lubricantes_Industria_Minera_210x297_version_w eb_tcm7-735132_tcm13-36639.pdf)

<sup>48</sup> MOBIL LTDA. Oil and gas industry lubricants. [Consultado el 22, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.mobil.com.mx/es-mx/lubricantes/industrial/lubricant-expertise/sectors/oil-and-gas-industry-lubricants>

El sistema de clasificación del American Petroleum Institute (API) describe los aceites para motor en términos simples destinados a ayudar al personal en la rotulación de forma significativa. Donde se diferencia para utilización de motores tipo Diésel o tipo gasolina.<sup>49</sup>

✓ Clasificación SAE. El sistema de clasificación de viscosidad SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) el cual representa un nivel de viscosidad o resistencia a fluir<sup>50</sup>, cataloga los aceites según diez grados de viscosidad, medida a 100 °C y a diversas temperaturas bajas, dependiendo del grado de viscosidad. La viscosidad a alta temperatura está relacionada con las características de consumo y de desgaste de un aceite; la viscosidad a baja temperatura predice el comportamiento en condiciones de arranque en frío y la lubricación a baja temperatura.

Los límites de la SAE J300 SEP80 y sus niveles, adaptados al sistema métrico, se evidencian en la tabla 4. Los grados W=Winter (frio) se basan en la viscosidad máxima a baja temperatura y en una temperatura límite de bombeo máxima, como así mismo en una viscosidad mínima a 100°C. Los aceites sin la letra W se basan únicamente en la viscosidad a 100°C. Un aceite multigrado es un aceite cuya viscosidad a baja temperatura y cuya temperatura límite de bombeo satisfacen los requisitos para uno de los grados W y cuya viscosidad a 100°C se encuentra dentro del rango prescrito para un grado superior que no sea W.

Como cada grado se define sobre la base de una viscosidad máxima y de una temperatura límite de bombeo máxima, es posible que un aceite satisfaga los requisitos de más de un grado W. Un aceite de grado W o un aceite multigrado debe llevar un rotulo que indique únicamente el grado W más bajo que satisface. Así, entonces, un aceite que cumpla los requisitos para los grados SAE 10W, 15W, 20W,25W y 30, debe ser designado únicamente como un grado SAE10W-30.<sup>51</sup>

1.2.1.4 Propiedades fisicoquímicas. Las propiedades más importantes que debe tener un aceite para su uso como lubricante se representan a continuación:

✓ Estabilidad oxidativa. Cuando un aceite está sujeto a altas temperaturas en presencia de aire se forman productos de oxidación que pueden ser perjudiciales. La habilidad de un aceite para resistir la oxidación bajo ciertas condiciones se determina calentando el aceite usualmente entre un rango de temperatura de 300 a 500 °F, en ciertas ocasiones pasando aire a través del aceite y estando presentes

---

<sup>49</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. EAFIT. Sistema de recolección para aceites residuales. [Consultado el 24, mayo, 2019] Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/marcoTeorico.pdf>. 1999

<sup>50</sup> EXXON MOBIL. Grados SAE de viscosidad. [Consultado el 24, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.exxonmobil.com/entendiendo-la-clasificacion-de-viscosidad-sae-y-de-desempeno-api/>

<sup>51</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. EAFIT. Sistema de recolección para aceites residuales. [Consultado el 25, mayo, 2019] Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/marcoTeorico.pdf>. 1999

cobre o hierro como catalizadores. En ciertas condiciones, los aceites representarán diferentes comportamientos y están sujetos a gran variedad de condiciones oxidativas.<sup>52</sup>

**Tabla 4.** Propiedad de los aceites según SAE.

GRADO DE VISCOSIDAD SAE	VISCOSIDAD A T (°C)		T LIMITE DE BOMBEO	VISCOSIDAD D A 100 °C	
	V	T		MIN	MAX
0W	3250	-30	-35	3.8	-
5W	3500	-25	-30	3.8	-
10W	3500	-20	-25	4.1	-
15W	3500	-15	-20	5.6	-
20W	4500	-10	-15	5.6	-
25W	6000	-5	-10	9.3	-
20				5.6	< 9.3
30				P-3	< 12.5
40				12.5	< 16.3
50				16.3	< 21.9

**Fuente:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

✓ Estabilidad química. Un aceite puede reaccionar con el oxígeno del aire, agua o cualquier otra sustancia con la que entra en contacto y esta reacción puede hacerlo inapropiado para su uso. La estabilidad química simplemente significa que el aceite debe resistir a la reacción que se pueda dar entre cualquiera de las sustancias con las que estará en contacto durante su vida útil. La estabilidad química está relacionada con la temperatura ya que la velocidad de reacción se incrementa con la temperatura.<sup>53</sup>

✓ Estabilidad térmica. La estabilidad térmica es la habilidad de un aceite o aditivo para resistir la descomposición bajo la exposición a altas temperaturas donde se evalúa la capacidad de un lubricante de mantener integras sus propiedades a temperaturas extremas. Para determinar si el aceite es estable térmicamente, el aceite se calienta desde debajo de su punto de fluidez hasta alcanzar una temperatura de 250 °F. No debe existir separación de fase o enturbiamiento del

<sup>52</sup> METROHM. Medición de la estabilidad oxidativa. [Consultado el 27, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.metrohm.com/es/productos/medicion-de-la-estabilidad/rancimat/>

<sup>53</sup> NORIA. Importancia de la estabilidad química en aceites. [Consultado el 27, mayo, 2019] Disponible en: <https://noria.mx/lublearn/la-importancia-de-la-estabilidad-a-la-oxidacion/>

aceite. Además, que no presente una degradación en ese aumento de temperatura.<sup>54</sup>

✓ Índice de viscosidad La relación que existe entre la viscosidad y la temperatura de un aceite es conocida como índice de viscosidad (IV). Al establecer la escala de medición se le dio un valor de 100 al índice de un aceite altamente parafínico y cero a un aceite altamente nafténico. Un aceite de bajo IV tiene un cambio significativo en la viscosidad respecto a la temperatura. Por el contrario, un aceite con alto IV maneja constante su viscosidad sin importar el cambio de temperatura.<sup>55</sup>

✓ Viscosidad. La viscosidad es considerada la propiedad más importante, ya que indicara el uso final del lubricante industrial ya sea de motor, engranajes, entre otros, etc. La viscosidad es la resistencia que tienen ciertas sustancias para fluir, todos los fluidos poseen viscosidad debido a las colisiones entre sus partículas que se mueven a diferentes velocidades, así, cuando el fluido es obligado a moverse, dichas partículas generan resistencia de fricción, retardado o impidiendo el desplazamiento.

Existen dos tipos de viscosidad:

- Viscosidad dinámica: También llamada viscosidad absoluta, se entiende como la relación entre el gradiente de velocidad (velocidad de movimiento de las partículas) y el esfuerzo cortante. Se la mide, según el Sistema Internacional (SI) en pascuales-segundo. Esta depende además de la temperatura: a mayor temperatura, menor viscosidad.<sup>56</sup>

El cálculo para determinar la viscosidad dinámica es:

**Ecuación 1.** Determinación viscosidad dinámica.

$$\mu = \text{factor} * \text{lectura del viscosímetro}$$

**Fuente:** ASTM D445-19 “Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dinamyc viscosity”.

<sup>54</sup> SHELL. Fundamentos de lubricantes. [Consultado el 27, mayo, 2019] Disponible en: <https://avelinoSantiago/shell-fundamentos-de-lubricantes>

<sup>55</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. EAFIT.. Sistema de recolección para aceites residuales. [Consultado el 30, mayo, 2019] Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/marcoTeorico.pdf> 1999

<sup>56</sup> KLUBER LUBRICATION. Viscosidad de los lubricantes. [Consultado el 30, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.klueber.com/es/servicio/calculadora-de-viscosidad/%C3%ADndice-de-viscosidad/>

Donde:

$\mu$ : viscosidad dinámica (cP).

$f_{actor}$ : factor de corrección de viscosidad según el husillo empleado.

- Viscosidad cinemática: En un fluido a temperatura constante, la viscosidad cinemática se calculará dividiendo la dinámica entre la densidad del fluido, y expresando el resultado en metros cuadrados sobre segundo.<sup>57</sup>

El cálculo para determinar la viscosidad cinemática es:

**Ecuación 2.** Determinación viscosidad cinemática.

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho}$$

**Fuente:** ASTM D445-19 “Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dynamic viscosity)”.

Donde:

$\vartheta$  : viscosidad cinemática (cSt).

$\mu$  : viscosidad dinámica (cP).

$\rho$ : densidad ( $\frac{Kg}{m^3}$ ).

✓ **Inflamabilidad.** La inflamabilidad es el conjunto de condiciones de presión, temperatura, mezcla de gases en que una sustancia combustible/inflamable, normalmente un líquido, produce suficientes vapores que, al mezclarse con el aire, se inflamarían al aplicar una fuente de calor (llamada fuente de ignición) a una temperatura suficientemente elevada. El lubricante no deberá incendiarse bajo las condiciones de operación ni por fuentes de ignición.<sup>58</sup>

✓ **Punto de fluidez (Pour Point).** La temperatura a la cual el aceite escasamente fluye bajo condiciones de prueba controlada es conocida como *pour point* o en español punto de fluidez. Esta prueba combinada con la viscosidad determina si un

---

<sup>57</sup> PRODIMS.A. Petróleo desarrollo, viscosidad. [Consultado el 02, junio, 2019] Disponible en: <http://prodimsa.com/asistencia-tecnica/preguntas-frecuentes-faq/viscosidad-e-indice-viscosidad-iv/>

<sup>58</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE NORDESTE. [Consultado el 15, junio, 2019] Clasificación de un aceite lubricante a través de sus parámetros característicos. Disponible en: [http://ing.unne.edu.ar/pub/informes\\_lubricantes.pdf](http://ing.unne.edu.ar/pub/informes_lubricantes.pdf)

aceite es aceptable para un funcionamiento en clima frío. El punto de fluidez de un aceite puede bajarse agregando aditivos como depresores.<sup>59</sup>

✓ Resistencia a la corrosión. Para determinar si un aceite corroe el metal de que está hecho se expone en probetas de dicho metal al aceite por unas horas, el aceite es agitado y generalmente mantenido a una temperatura de 350 °F. Si bajo estas condiciones no se aprecian pérdidas de peso en la probeta podrá decirse que este lubricante estudiado no será corrosivo cuando se use en una prueba de desempeño ni este en servicio<sup>60</sup>

1.2.2 Biolubricantes. Los biolubricantes son ésteres de alcoholes pesados derivados de materias primas a base de aceite vegetal y tienen propiedades lubricantes similares a las de los lubricantes a base de aceite mineral.

1.2.2.1 Biolubricantes de primera generación. Si se examinan detenidamente los tipos de compuestos usados en la actualidad como aceites base de lubricación, se puede observar que muchos de ellos no cumplen todos los requisitos necesarios para la obtención de la etiqueta ecológica de la EU, que son:

- Baja toxicidad
- Elevada biodegradabilidad B (%)
- Alta renovabilidad R (%)

Los aceites minerales y las polialfaolefinas no podrían obtener esta etiqueta por dos razones. La primera es que su contenido de carbono derivado de materias primas renovables R (%) es cero, ya que su origen es petroquímico. Por otra parte, la biodegradabilidad B (%) de este tipo de aceites es del 15 al 35 %.<sup>61</sup> La alta renovabilidad R (%) y biodegradabilidad B (%) de los aceites vegetales son sus puntos más fuertes para su uso industrial. Con biodegradabilidades establecidas en el rango del 70 al 100%, una renovabilidad del 100 % y una baja toxicidad, su respeto al medio ambiente no está en duda. El desafío es la mejora de su rendimiento en usos industriales; específicamente en lo relativo a su estabilidad oxidativa y punto de fluencia, que en general no cumplen los requerimientos.

El desarrollo de los ésteres sintéticos ha permitido la obtención de productos similares a los aceites vegetales, pero óptimos para los procesos industriales. Estudios comparativos de distintos aceites muestran la gran biodegradabilidad B (%) de la mayoría ésteres sintéticos. La renovabilidad R (%) de los ésteres sintéticos

---

<sup>59</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. EAFIT. Sistema de recolección para aceites residuales. [Consultado el 15, junio, 2019] Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/marcoTeorico.pdf>. 1999

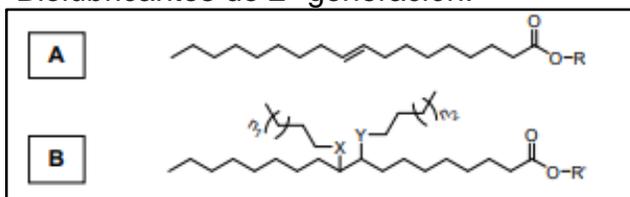
<sup>60</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. EAFIT.. Sistema de recolección para aceites residuales. [Consultado el 15, junio, 2019] Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/marcoTeorico.pdf> 1999

<sup>61</sup> Aluyor E. O. and Ori-jesu M. Biodegradation of mineral oils – A review [Journal] // African Journal of Biotechnology. - 2009A. - 6: Vol. 8. - pp. 915 - 920.

oscila entre el 0% y el 80% según los ácidos y alcoholes utilizados en su síntesis. Gran parte de la renovabilidad R (%) de los ésteres sintéticos se debe a los ácidos grasos y estos deben insaturados, mayormente de origen natural, para obtener unas buenas propiedades en frío. El uso de ácidos ramificados permite obtener una buena estabilidad química además de las buenas propiedades en frío, pero no existe gran variedad de estos ácidos que sean de origen natural como el ácido isoesteárico. Por ello es difícil encontrar productos que cumplan los requisitos de la etiqueta ecológica y que suplan la multitud de compuestos de origen petroquímico.<sup>62</sup>

1.2.2.2 Biolubricantes de segunda generación. La obtención de biolubricantes de segunda generación consiste en la sustitución de las insaturaciones presentes en los biolubricantes de primera generación por ramificaciones. La Figura 11 muestra la estructura química modelo de los biolubricantes de primera y segunda generación. Los biolubricantes de segunda generación se caracterizan por tener una ramificación R1 con una funcionalidad X con una longitud de cadena n1 y una ramificación R2 con una funcionalidad Y con una longitud de cadena n2. La estructura primaria de biolubricante de segunda generación viene dada por el alcohol R' que no tiene que ser el mismo que R, que es el que forma la estructura primaria del biolubricante de primera generación.

**Figura 11.** Estructura química modelo para A) Biolubricantes de 1ª generación B) Biolubricantes de 2ª generación.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

Esta estructura química le confiere al producto una gran estabilidad oxidativa debido a la ausencia de insaturaciones, pero manteniendo unas buenas propiedades en frío, debido al impedimento estérico causado por las ramificaciones.<sup>63</sup>

<sup>62</sup> García Colomer, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177. - 2004

<sup>63</sup> Uosuakainen, E.; Linko, Y.; Lämsä, M.; Tervakangas, T.; Linko, P. Transesterification of Trimethylolpropane and Rapeseed Oil Methyl Ester to Environmentally Acceptable Lubricants [Journal] // Journal of the American Oil Chemists' Society. - 1998. - 11: Vol. 75. - pp. 1557 - 1563

1.2.2.3 Modificaciones químicas. Con el tiempo se ha mostrado similitud en la resistencia de los aceites vegetales sobre los aceites minerales en propiedades como el IV, volatilidad y biodegradabilidad, así como se ha demostrado superioridad en propiedades de flujo en frío y estabilidad oxidativa. Sin embargo, a lo largo de los años se han venido realizando modificaciones estructurales, genéticas y químicas a estos aceites vegetales y sus derivados (ácidos grasos, ésteres metílicos de ácidos grasos para mejorar estas propiedades, así como lo muestra la Tabla 5 la cual resume los diversos enfoques que se han desarrollado con el tiempo<sup>64</sup>.

✓ Esterificación catalítica. La reacción de esterificación consiste en la reacción entre un ácido y un alcohol para formarse un éster y agua,<sup>65</sup> mientras que la reacción inversa se llama hidrólisis (Figura 12). La gran diversidad de ácidos y alcoholes que pueden ser combinados permite la obtención de ésteres con distintas propiedades finales. Esta reacción puede ser llevada a cabo mediante catálisis ácida, alcalina o enzimática y normalmente se realiza en ausencia de disolventes orgánicos.

**Figura 12.** Reacción de esterificación / hidrólisis de los ácidos grasos.



**Fuente:** March J. Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure [Book]. - New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001. – 5 th.

Las reacciones de inter-esterificación se muestran en la Figura 13. Estás consisten en la reacción de un éster con otro compuesto. La reacción entre un éster y un alcohol se llama alcoholólisis, entre un éster y un ácido se llama acidólisis, y entre dos ésteres distintos se llama transesterificación.

❖ Catálisis ácida. La Figura 14 muestra el mecanismo de esterificación por catálisis ácida, donde el protón ataca primero al oxígeno del grupo carboxilo formándose un intermedio de reacción carbocationico que es atacado por el oxígeno del alcohol y, después de la transposición de un protón y la eliminación del hidroxilo, se obtiene el éster deseado.

<sup>64</sup> ASTM Standard for environmentally lubricants// Annual Book of ASTM Standards. - 2015. - Vol. 05.01.

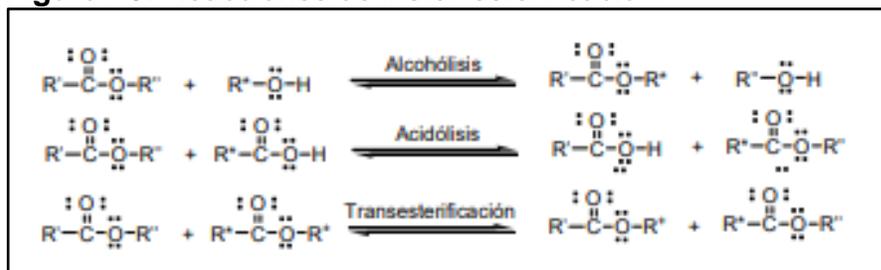
<sup>65</sup> March J. Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure [Book]. - New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001. - 5 th.

**Tabla 5.** Desarrollo del mejoramiento de las propiedades de las bases vegetales.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mezcla en aditivos comerciales.</b></li> </ul>
Antioxidante, depresor del punto de fluidez, etc.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mezcla con otros aceites: aceite base de petróleo / aceite base sintético; poliolesteres.</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Desarrollo de nuevos cultivos con propiedades mejoradas a través de modificaciones genéticas (GM).</b></li> </ul>
Aceites de girasol de alto contenido oleico.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Modificación química de grasas, aceites y sus derivados.</b></li> </ul>
Transesterificación.
Adición al doble enlace: adiciones directas por etapas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sintetizar nuevos aceites a partir de grasas, aceites y sus derivados.</b></li> </ul>
Estóridos.
Aceites de calor corporal.
Otros.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Desarrollo de aceites no comerciales o “nuevos cultivos”.</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Desarrollo de nuevos aceites base a partir de materias primas alternativas.</b></li> </ul>
Algas.
Conversión térmica de biomasa (bio-aceites).
Conversión enzimática de biomasa.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Varias combinaciones de lo anterior.</b></li> </ul>

**Fuente:** ASTM Standard for environmentally lubricants// Annual Book of ASTM Standards. - 2015. - Vol. 05.01.

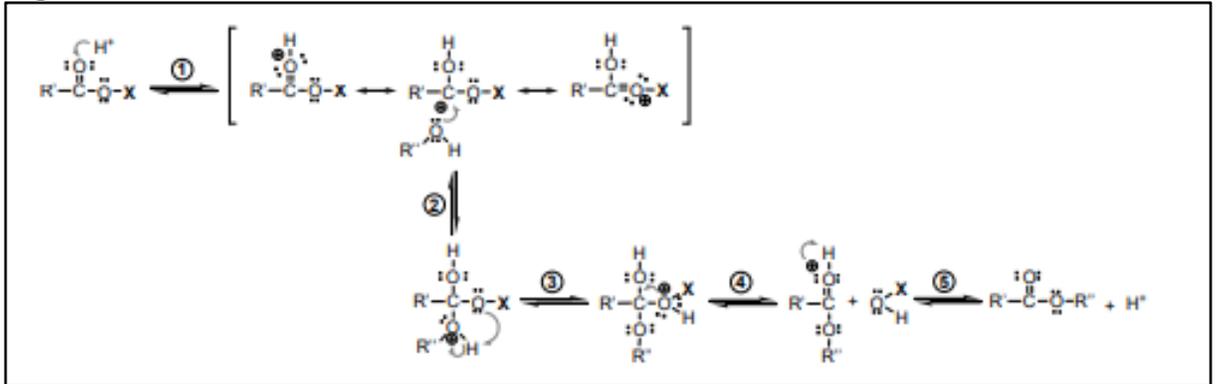
**Figura 13.** Reacciones de inter-esterificación.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

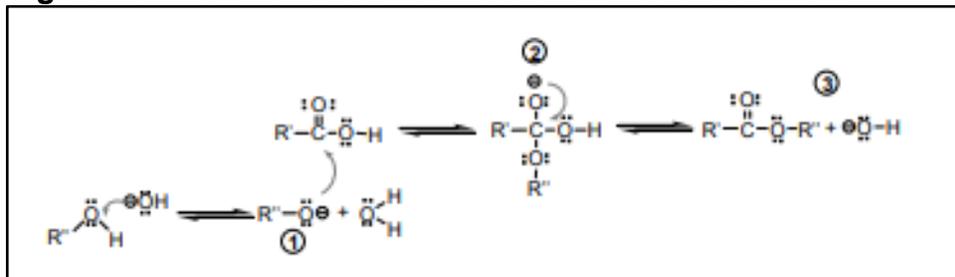
❖ **Catálisis básica.** La Figura 15 muestra el mecanismo de la reacción por catálisis básica. El anión hidroxilo permite la formación del alcóxido (1), que ataca al carbono del grupo carboxilo formándose un intermedio de reacción con oxianión inestable (2), que permite la formación del enlace éster y salida de un anión hidroxilo (3).

**Figura 14.** Mecanismo de esterificación con catálisis ácida.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

**Figura 15.** Mecanismo de esterificación con catalisis básica.



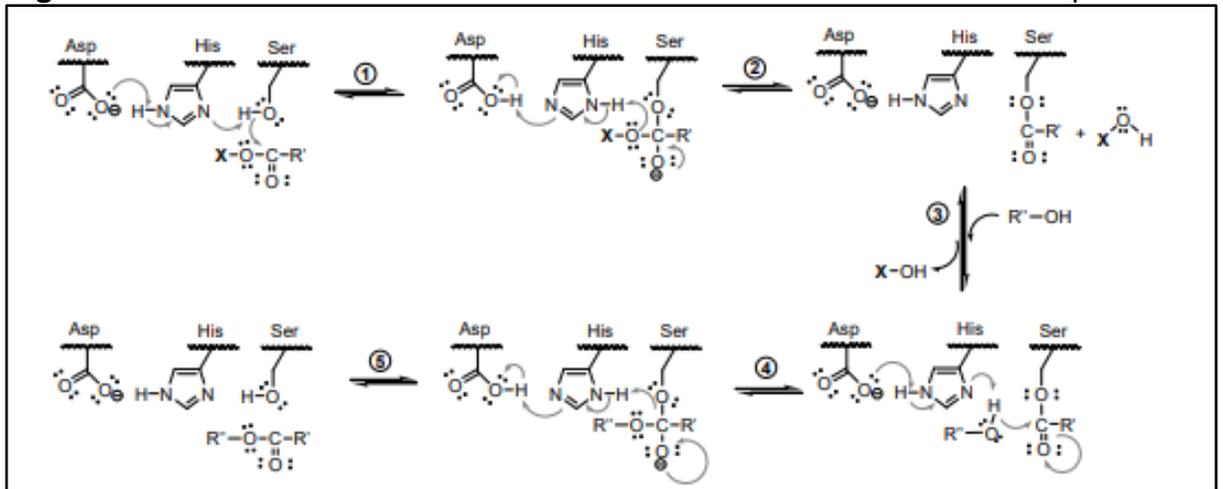
**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

❖ **Catálisis enzimática.** Las lipasas son “glicerol-éster hidrolasas” cuya función biológica es catalizar la hidrólisis en medio acuoso de los triglicéridos en di- y monoglicéridos, ácidos grasos y glicerina.

Todas las lipasas se caracterizan por la presencia de tres aminoácidos (Aspartato, Histidina y Serina) en el centro activo, conocidos como la tríada catalítica. La Figura 16 muestra el mecanismo de reacción de las lipasas, donde el residuo Serina actúa como agente nucleófilo y los dos otros aminoácidos participan en el equilibrio de cargas durante la transformación catalítica. El primer paso es la formación de un intermedio tetraédrico por ataque nucleófilo del grupo carbonilo de un ácido graso o éster (1). Después de la estabilización del intermedio por los grupos amida (2), se obtiene la unión carbono-oxígeno, formándose el intermedio acil-enzima y liberándose agua o un alcohol, dependiendo del sustrato utilizado (3). Seguidamente se realiza otro ataque nucleófilo por un alcohol sobre el complejo acil-enzima (4) que forma un segundo intermedio tetraédrico (5) que por el

reordenamiento de las cargas se regenera la Serina y se libera un ácido graso o un éster.

**Figura 16.** Mecanismo de esterificación con catálisis enzimática mediante lipasa.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

Las lipasas están entre las enzimas más utilizadas en la industria debido a su capacidad de funcionar en sistemas acuosos u orgánicos, en forma libre o inmovilizada y sin la necesidad de cofactores ni coenzimas en la mayoría de los casos. Este hecho permite trabajar utilizando distintos medios de reacción como: enzima libre en medio acuoso, enzima libre en medio bifásico acuosa-orgánico, enzima inmovilizada en un medio orgánico o enzima libre en forma de micelas inversas.<sup>66</sup>

✓ **Transesterificación.** Los ésteres reaccionan con alcoholes en medios ácidos o básicos formando nuevos ésteres sin necesidad de pasar por el ácido carboxílico. Esta reacción al igual que la hidrólisis es reversible y requiere exceso de alcohol para desplazar los equilibrios. Los mecanismos de la transesterificación son equivalentes a los de la hidrólisis.<sup>67</sup>

✓ **Epoxidación.** Un epóxido es un éter cíclico con tres átomos en el anillo, provocando que las uniones del enlace éter sean muy tensas. Las tensiones del

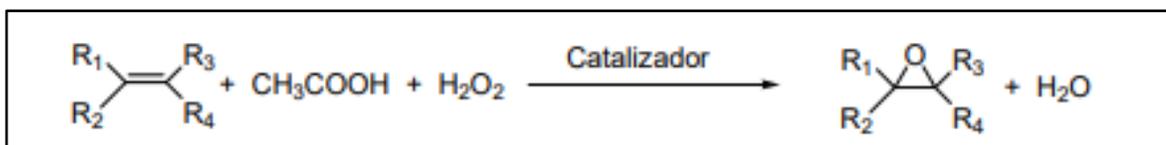
<sup>66</sup> Hayes D. G. 2004. Enzyme-catalyzed modification of oilseed materials to produce eco-friendly products [Journal] // Journal of the American Oil Chemists Society. - Vol. 81. - pp. 1077 - 1103

<sup>66</sup> Química orgánica, Transesterificación. [Consultado el 25, junio, 2019]. Disponible en: <http://www.quimicaorganica.net/transesterificacion.html>

<sup>67</sup> Química orgánica, Transesterificación. [Consultado el 25, junio, 2019] Disponible en: <http://www.quimicaorganica.net/transesterificacion.html>

anillo hacen que los epóxidos sean más reactivos que los otros éteres.<sup>68</sup> Los epóxidos se obtienen usualmente por el método de oxidación de Prileschajew, en el que las insaturaciones son convertidas en epóxidos mediante el uso de perácidos.<sup>69</sup> La Figura 17 muestra la reacción de epoxidación.

**Figura 17.** Reacción de epoxidación mediante la formación de ácido peracético “in situ” utilizando peróxido de hidrogeno.



**Fuente:** GARCÍA COLOMER, Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

### 1.3. ECONOMÍA CIRCULAR

El concepto de economía cíclica responde a la ambición del desarrollo sostenible en el contexto de la presión creciente de la producción y el consumo de recursos del medio ambiente del planeta. La transición a una economía cíclica requiere un cambio de enfoque en la reutilización, reparación, renovación y reciclaje de materiales y productos existentes. Lo que anteriormente se consideraba "desecho" se puede convertir en materia prima.<sup>70</sup>

1.3.1 Oportunidades de recirculación de materiales. Los materiales recirculantes reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta en un 56% y requieren mucha menos energía que la producción nueva. Sin embargo, la práctica actual no está configurada para facilitar estas altas tasas de reciclaje. Se requiere la llegada de nuevos materiales para reemplazar los metales y plásticos que se pierden y para compensar la degradación de la calidad. El diseño de un producto y el desmontaje al final de su vida útil deben cambiar para permitir una recuperación de alto valor.<sup>71</sup>

<sup>68</sup> March J. Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure [Book]. - New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001. - 5 th.

<sup>69</sup> Prileschajew N. Oxydation ungesättigter Verbindungen mittels organischer Superoxyde [Journal] // Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. - 1909. - 4: Vol. 42. - pp. 4811 - 4815.

<sup>70</sup> Cirpus Energy Agency. Economía circular [0]. [Consultado el 26, junio, 2019] Disponible en: <http://www.cea.org.cy/es/thematologio/kykliki-ikonomia/>

<sup>71</sup> GRUPO ECOINDUSTRIA. Servicios medioambientales, economía circular. [Consultado el 28, junio, 2019] Disponible en: <https://www.grupoecoindustria.com/la-economia-circular-podria-reducir-el-50-de-las-emisiones-de-la-industria-europea-para-el-2050/>

1.3.1.1 Eficacia de los materiales del producto. Estas oportunidades tienen en común que reducen la entrada total de materiales a productos clave. Una estrategia es reducir la cantidad de materiales que se pierden en la producción. Las compañías ya tienen incentivos para usar estrategias hasta cierto punto, pero se pierden algunas oportunidades a través de incentivos divididos en cadenas de suministro complejas. Muchas medidas serán mucho más económicas con una mayor digitalización en las cadenas de valor de la movilidad y los edificios y otros desarrollos tecnológicos en curso.<sup>72</sup>

1.3.1.2 Nuevos modelos de negocios circulares en movilidad y edificios. Este modelo de negocio circular gira en torno al uso mucho mayor de vehículos y edificios. Las flotas gestionadas por profesionales de vehículos de mayor valor son más económicas de mantener, reutilizar, remanufacturar y reciclar. El resultado es un bucle de incentivos que se autoreforza para una mayor utilización, energía con menos carbono y menos uso de materiales. En un escenario circular, la entrada de materiales a la movilidad cae en un 75%. También trae muchos otros beneficios, incluido un costo total de viaje mucho más bajo. Los modelos compartidos se están arraigando por sí mismos, pero se podría hacer mucho más para acelerar su crecimiento y encontrar maneras de resolver las inquietudes que surgieron con algunas iteraciones iniciales de dichos modelos de negocios.<sup>73</sup>

---

<sup>72</sup> DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Misión de crecimiento verde. [Consultado el 19, julio, 2019] Disponible en: <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Circular/MATEC%20/>

<sup>73</sup> VAN HOVE, Eduardo Perero. Curso de Bioeconomía. [Consultado el 21, julio, 2019] Disponible en: <http://agripa.org/download-file/63823-105859>

## 2. GENERALIDADES DE LA MATERIA PRIMA

En el presente capítulo se describen los aspectos generales, características y el tipo de aceite que posee la materia prima a emplear. Conociendo por Fedepalma que en Colombia los principales aceites vegetales de consumo corresponden al aceite de palma, aceite de soya y aceite de girasol por importación y exportación,<sup>74</sup> y que el consumo de estos aceites para la industria alimenticia es de 621.000 toneladas,<sup>75</sup> se hace indispensable evaluar y caracterizar este tipo de aceites para así buscar una mejor disposición de este producto.

### 2.1 MUESTREO DE LA MATERIA PRIMA

El aceite de cocina luego de los procesos de extracción, distribución, venta y uso, se remite a desechar el residuo final, en donde el 70% del aceite va a fuentes hídricas, el 20% dispuesto en basuras, el 5% se reenvasa, el 4% se dedica a la alimentación animal y solo el 1% se recicla<sup>76</sup>, estas disposiciones han generado diversos problemas sociales, económicos y principalmente ambiental. BIOGRAS S.A.S. es una empresa colombiana pionera en la recolección y reciclado de ACU, asegurando la correcta disposición del residuo, su traslado, almacenamiento y reciclado final. Poseen más de 100 puntos limpios en todo el país los cuales son stand ubicados estratégicamente donde se puede depositar el aceite reciclado.<sup>77</sup> El objetivo de BIOGRAS S.A.S es que el 1% del aceite reciclado aumente, buscando que los niveles de contaminación en el país disminuyan, dándole un correcto tratamiento al aceite de filtrado para la eliminación de impureza y controlar sus características, buscando siempre nuevas aplicaciones como por ejemplo la producción de biodiesel a partir de aceite de cocina usado que ha sido tendencia en los últimos años.

De allí fue donde surgió la idea de darle otro tipo de disposición al ACU, creando un nuevo producto: un biolubricante. Para poder darle un buen desarrollo al proyecto en conjunto con BIOGRAS S.A.S. se recolectó una muestra donada de aceite de cocina usado de aproximadamente de 25 litros de una pizzería en la localidad de suba. Dicha muestra fue recolectada en diferentes lotes correspondientes a diferentes tiempos y a diferentes fechas, es decir las recolecciones se dividieron en 3 cada una de aproximadamente 8 litros que abarcaron los meses de abril hasta

---

<sup>74</sup> Boletín estadístico del sector palmero Fedepalma. [Consultado el 8, agosto, 2019]. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/Bolmenestadisticas>

<sup>75</sup> Ministerio de Ambiente reglamenta disposición de aceites de cocina usados en el país&nbsp; nbsp;. [Consultado el 8, agosto, 2019]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3673-ministerio-de-ambiente-reglamenta-disposicion-de-aceites-de-cocina-usados-en-el-pais>

<sup>76</sup> BIOGRAS S.A.S. ACU Aceite vegetal usado. [Consultado el 10, agosto, 2019]. Disponible en: <https://biogras.com.co/>

<sup>77</sup> BIOGRAS S.A.S. ACU Aceite vegetal usado. [Consultado el 10, agosto, 2019]. Disponible en: <https://biogras.com.co/nosotros/quienes-somos/>

agosto del año 2019, el tiempo de degradación de cada muestra fue de un mes y medio en el cual este tipo de aceite se empleaba en la fritura de alimentos como lo eran papas fritas, salchichas, tocinetas y demás alimentos, evidenciándose un total deterioro del aceite en cuanto a color, olor y oxidación, también se evidenció la presencia de sólidos en la muestra, esta muestra fue dispuesta en botellas tipo PET previamente lavadas y desinfectadas con alcohol para eliminar cualquier tipo de contaminantes, como se puede evidenciar en la Figura 15.

Cabe resaltar que este procedimiento se llevó a cabo mediante la normatividad colombiana para grasas y aceites animales y vegetales NTC 217 como muestreo por lotes, mostrando el correspondiente procedimiento en el diagrama 1.<sup>78</sup> Teniendo como objetivo una cantidad manejable del aceite cuyas propiedades sean las más representativas y no presenten variedad.

2.1.1 Protocolo muestreo de materia prima. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- N/A.

Materiales.

- Botellas en PET.
- Etanol.
- Recipiente de 20 L.

Equipos.

- N/A.

Descripción del proceso.

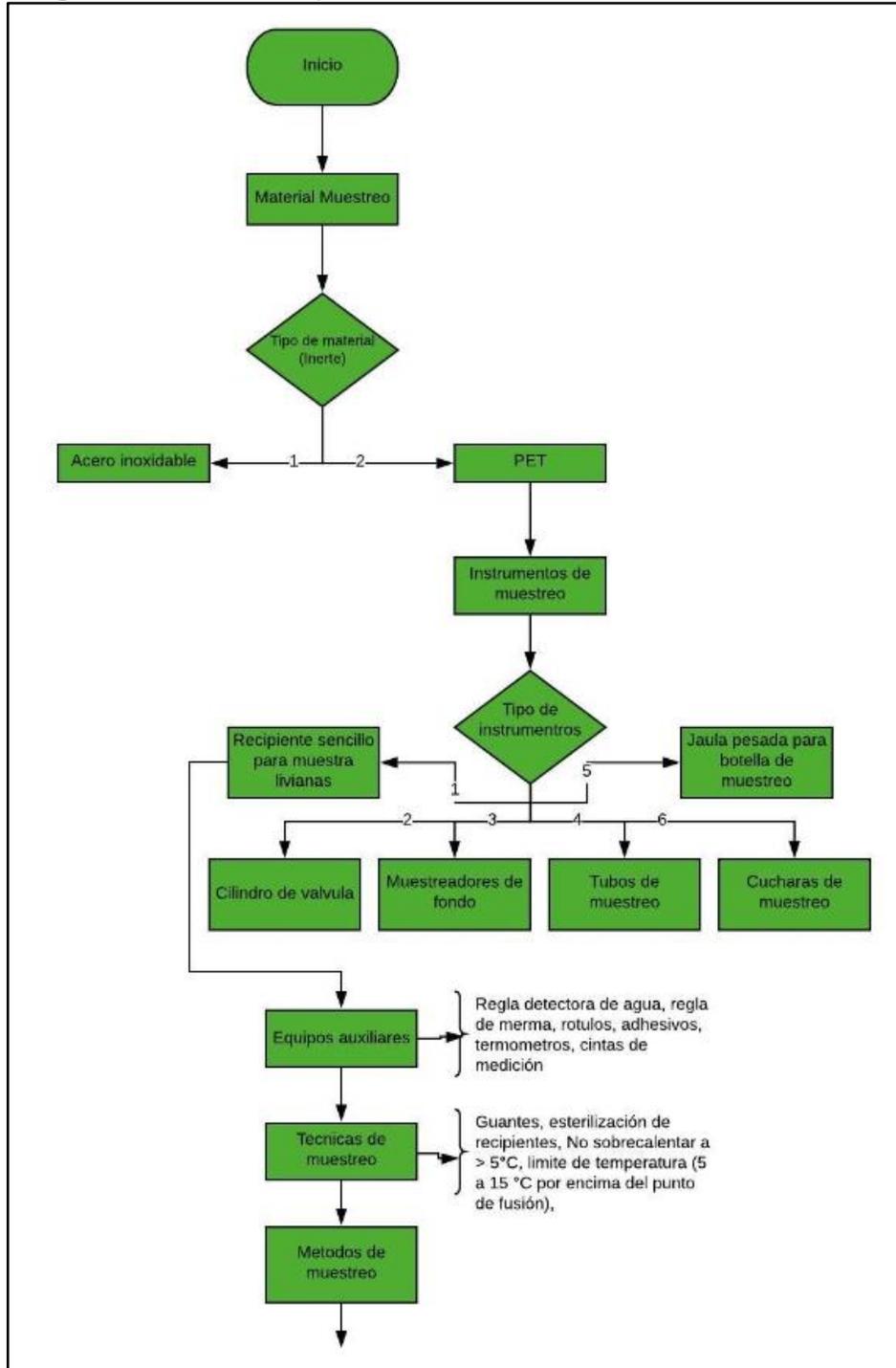
1. Lavar con agua las botellas de PET de 6 litros.
2. Adicionar una pequeña cantidad de etanol a cada botella para desinfectar.
3. Secar en su totalidad cada botella.
4. Tomar como instrumento uno sencillo para muestra livianas.
5. Tomar la muestra por lotes y al azar.
6. Documentar fecha, hora, lugar y lote de la toma de muestra.
7. Adicionar en un recipiente de 20 L a las mismas proporciones los contenidos de los lotes.
8. Homogenizar manualmente el contenido.
9. Envasar.

---

<sup>78</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites animales y vegetales. Muestreo. Bogotá: ICONTEC, 2018 NTC 217.

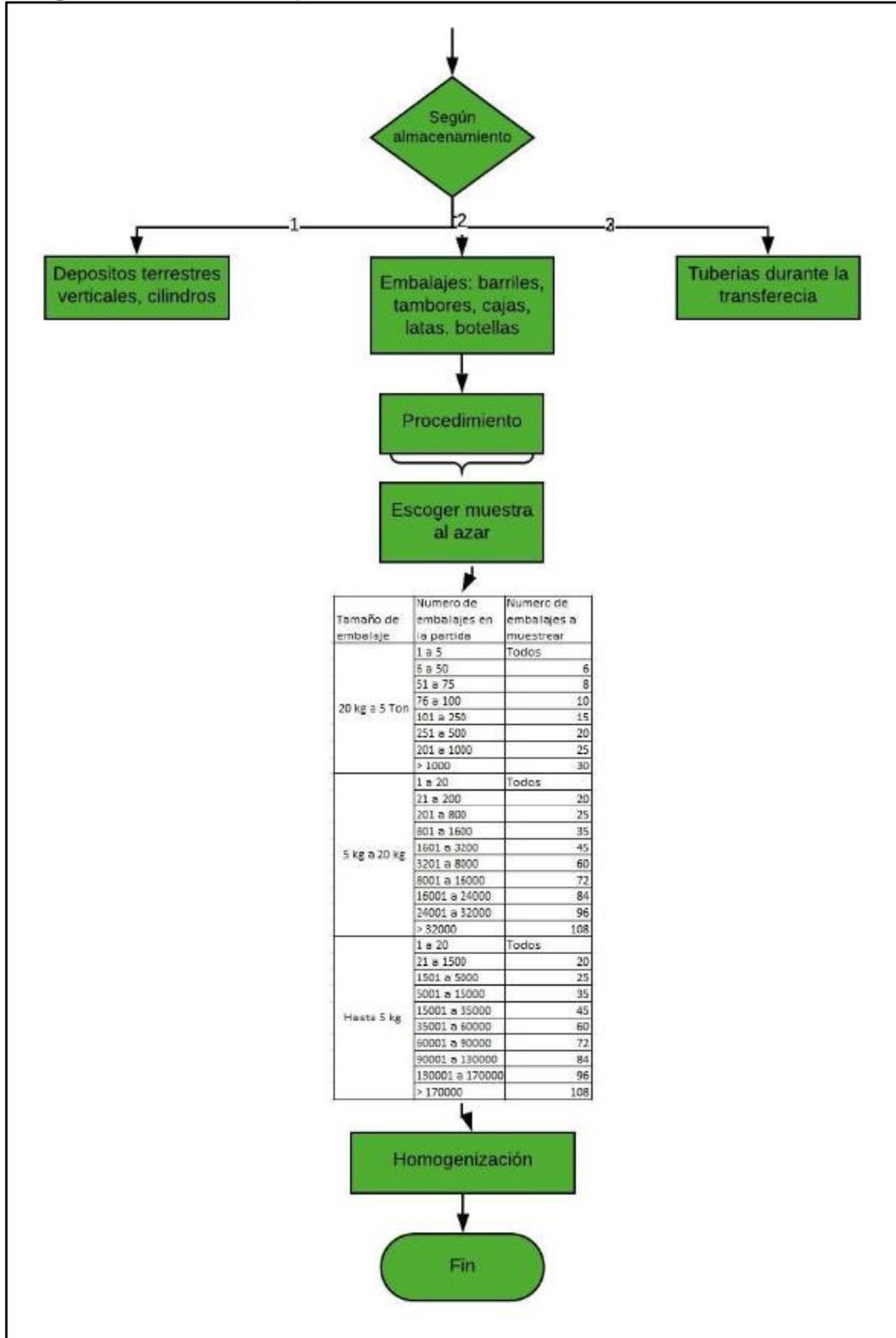
Diagrama del proceso.

**Diagrama 1.** Proceso para la realización del muestreo 1/2.



**Fuente:** elaboración propia.

**Diagrama 2.** Proceso para la realización del muestreo 2/2.



**Fuente:** elaboración propia.

**Figura 18.** Muestreo por lotes.



**Fuente:** elaboración propia.

Posteriormente a la recolección y clasificación de la materia prima se homogenizaron los diferentes lotes (Figura 16). Esta homogenización se realizó en un recipiente de 30 L en el cual se agregaron 6 litros exactos de cada una de las 3 muestras que se tomaron en la pizzería, se procedió a mezclar con una espátula hasta que se evidenció una completa combinación de cada una de las muestras para así poder realizar una adecuada estandarización de la muestra y llevar adelante los diferentes procedimientos de caracterización.

**Figura 19.** Homogenización de las muestras de aceite.



**Fuente:** elaboración propia.

## 2.2 PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

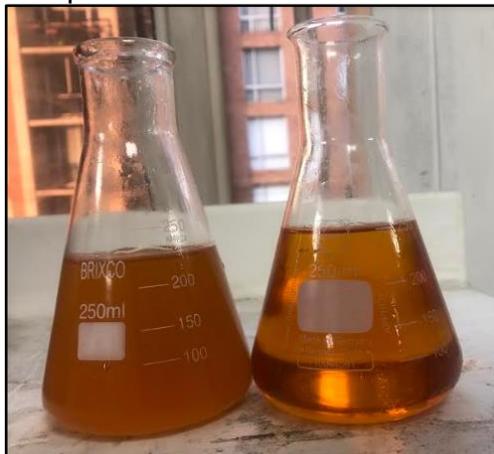
Este procedimiento se adecuo según la norma técnica colombiana NTC 5033, Grasas y aceites animales y vegetales.<sup>79</sup> Preparación de la muestra para ensayo. Realizando un proceso de mezclado (Figura 19) y filtrado a vacío y en gravedad (Figura 20) para así eliminar todo tipo de impurezas y solidos presentes en la muestra, obteniendo así una muestra sin residuos ni enturbiamiento como se evidencia en la Figura 21. Este aceite filtrado se almacenó en recipientes plásticos tipo PET como lo sugiere la norma técnica colombiana 217. “Grasas y aceites vegetales y animales. Muestreo”.

**Figura 20.** Filtración por gravedad y al vacío de la muestra de aceite.



**Fuente:** elaboración propia.

**Figura 21.** Representación aceite antes y después del filtrado



**Fuente:** elaboración propia.

<sup>79</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites animales y vegetales. Preparación de la muestra para ensayo. Bogotá: ICONTEC, 2016. NTC 5033.

## 2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERÍA PRIMA.

2.3.1 Determinación de ácidos grasos. Para la determinación de ácidos grasos se utilizó la norma técnica colombiana. NTC 6261 Determinación de ácidos grasos en aceites y grasas mediante cromatografía gas – masas.<sup>80</sup> Este procedimiento se realizó en la Pontifica Universidad Javeriana mediante el cromatógrafo de gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, la columna utilizada fue una SH-RXI-5SIL MS de 30 m de largo por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida, manteniendo un rango de temperatura de 320-350°C, en donde se evaluaron la composición de sus esteres metílicos, las especificaciones del cromatógrafo se encuentran en la tabla 40. Este proceso tuvo como objetivo obtener el perfil lipídico de la muestra a estudiar y conocer más sobre su procedencia.

2.3.1.1 Resultado. El resultado obtenido se muestra en la Figura 22 y tabla 6 donde se evidencia que el aceite estudiado presenta un 76.67% de ácido oleico y un 6.32% de ácido palmítico, siendo este una representación total de 82.99% de ácidos grasos en la composición de la muestra a estudiar. El resultado del espectro de masas se puede encontrar en el anexo C en donde se compara con la biblioteca y se determina el tipo de compuesto presente en la muestra.

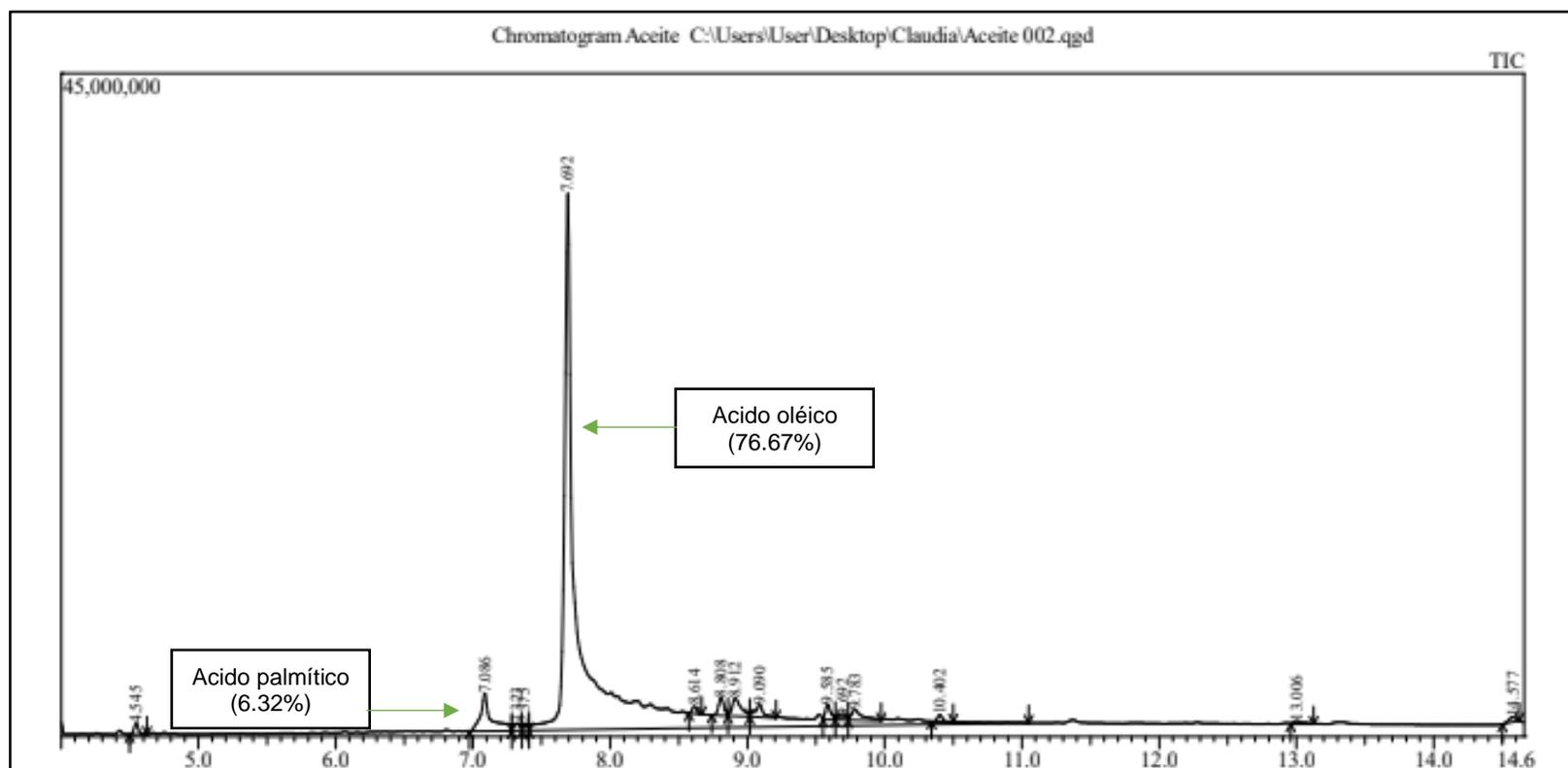
**Tabla 6.** Reporte de picos del análisis por cromatografía de los ácidos grasos de la materia prima por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.

# Pico	R. Tiempo	I. Tiempo	F. Tiempo	Área	% Área	Altura	% Altura	A/H	Marca	Nombre
1	4.545	4.500	4.625	1654303	0.49	748564	1.58	2.21		2,4 Decadienal (E, E)
2	7.086	6.975	7.283	14264733	4.23	2567471	5.56	5.56	V	Ácido hexadecanoico
3	7.323	7.283	7.358	1901209	0.56	431564	4.41	4.41	V	Ácido palmítico
4	7.375	7.358	7.408	1163264	0.35	398902	2.92	2.92	V	Cyclooctasiloxano
5	7.692	7.408	11.050	292095253	86.67	36397658	8.03	8.03	SV	Ácido oleico
6	8.614	8.575	8.667	1047023	0.31	519072	2.02	2.02	T	Cloruro de oleol
7	8.808	8.742	8.858	3465953	1.03	1249224	2.77	2.77	TV	Ácido 10-undecenoico
8	8.912	8.858	9.017	5698849	1.69	1210968	4.71	4.71	TV	Oleato de glicidilo
9	9.090	9.017	9.208	3642160	1.08	885284	4.11	4.11	TV	(R)-(-)-14-Metil-8-hexadecin-1
10	9.585	9.550	9.642	2961107	0.88	1043730	2.84	2.84	TV	Ácido petroselinico
11	9.692	9.642	9.733	1392300	0.41	266198	5.23	5.23	TV	Etil 3-hidroxitetraacanoato
12	9.783	9.733	9.975	4120088	1.22	709862	5.8	5.80	TV	Ácido 9-octadecenoico
13	10.402	10.342	10.500	1127122	0.33	465667	2.42	2.42	TV	Escualeno
14	13.006	12.958	13.125	1199720	0.36	243305	4.93	4.93	V	Estigmasta dieno
15	14.577	14.500	14.625	1305772	0.39	335276	3.89	3.89		Ergost-5-en-3-ol, (3beta)
				337038856	100	47472745	100			

**Fuente:** elaboración propia.

<sup>80</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Determinación de ácidos grasos en aceites y grasas mediante cromatografía gas – masas. Bogotá: ICONTEC, 2018. NTC 6261.

**Figura 22.** Análisis por cromatografía de gases masas de los ácidos grasos de la materia prima por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.

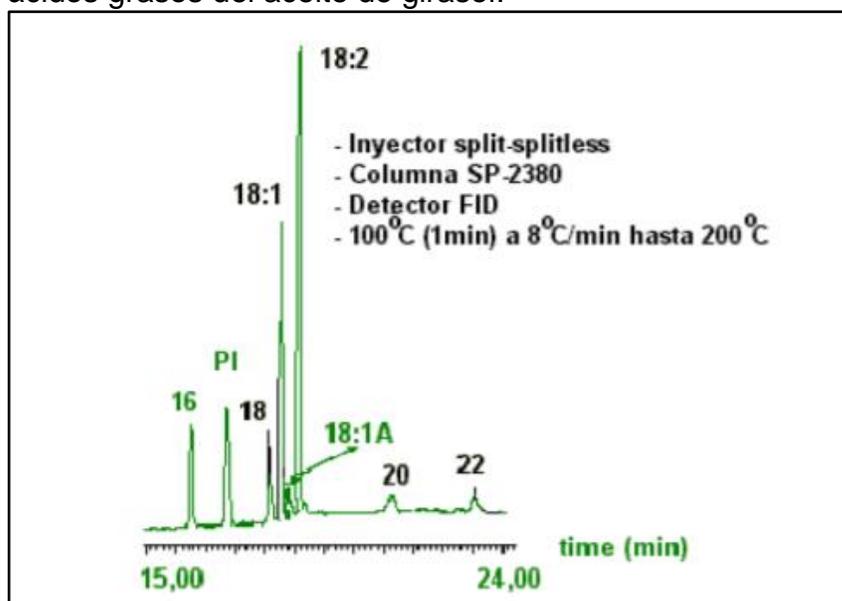


Fuente: elaboración propia.

Aunque fue imposible realizar la cromatografía a un blanco y compararlo, se relacionó por medio de literatura con aceites de presentan un alto contenido de ácido oleico, sus derivados, encontrando que este perfil obtenido representa significativamente el perfil estandarizado de un aceite de girasol<sup>81</sup>.

A continuación, se evidencia la caracterización de un aceite de girasol para determinar la composición de triglicéridos presentes en el aceite, dicho análisis se realizó por medio de cromatografía de gases, a través de sus esteres metílicos se realizó con un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5892 serie II con autoinyector (HP 6890) y detector de ionización por llama (FID). La columna utilizada fue una SP-2380 de 30 m de largo por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25  $\mu\text{m}$  de espesor en la fase líquida.<sup>82</sup> En la figura 23 se muestra un cromatograma de gases masas de los triglicéridos presentes en el aceite de girasol estándar y su relación molar porcentual. Se detectaron en total 14 triglicéridos con relaciones molares superiores al 0.1% encontrados en mayor concentración el ácido oleico.<sup>83</sup>

**Figura 23.** Análisis por cromatografía de gases masas de los ácidos grasos del aceite de girasol.



**Fuente:** Revista CENIC Ciencias Químicas, Vol 36, No. Especial, 2005.

<sup>81</sup> ACEITES. Aceite de girasol de alto oleico. [Consultado el 14, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.aceitesalbert.com/noticias/151-descubriendo-aceite-girasol-alto-oleico>

<sup>82</sup> REVISTA CENIC CIENCIAS QUÍMICAS. Aplicación de métodos cromatográficos en el estudio de la composición química del aceite de girasol. [Consultado el 14, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620511012.pdf>

<sup>83</sup> REVISTA CENIC CIENCIAS QUÍMICAS. Aplicación de métodos cromatográficos en el estudio de la composición química del aceite de girasol. [Consultado el 16, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620511012.pdf>

Donde:

16: Palmitato de metilo (6.70%); PI: Patrón interno; 18: Estearato de metilo (3.89%); 18:1: linoleato de metilo (33.12); 18:1A: Asclepato de metilo (0.58%); oleato de metilo (54.73%), 20: Araquidato de metilo (0.29%); 22: Behenato de metilo (0.70%).

Es conocido que el aceite de girasol se encuentra en el grupo de los aceites que presentan al ácido oleico como ácido graso mayoritario, encontrándose su contenido entre un 50-70% del total de ácidos que lo componen.<sup>84</sup> En el caso del aceite de girasol estudiado fue de aproximadamente un 55%, seguido del ácido linoleico en un 33% y en menor concentración los ácidos grasos saturados: palmítico (7%) y esteárico (4%). Es decir que el aceite de girasol, presenta aproximadamente un 88% de ácidos grasos insaturados en su composición.

Estos valores confirman la composición de triglicéridos encontrada y son comparables con los valores encontrados en la muestra de aceite de cocina usado, evidencia la presencia del aceite de girasol en la muestra. Sin embargo, se considera una parte fundamental que es la cantidad de ácido palmítico presente, este es representativo del aceite proveniente de palma. Por lo que se considera que la muestra a estudiar corresponde a una mezcla de aceites.

Del mismo modo en la Figura 22 se representa una cantidad representativa en la composición del ACU, este puede explicarse debido a que se considera un aceite usado estuvo en presencia de diferentes compuestos como aire o agua que generan reacciones a altas de temperaturas de hidrólisis, oxidación y polimerización, apareciendo así, hidrocarburos, proteínas, agua, alcoholes, entre otros, siendo estos las sustancias que provocan cambios en el aceite alterando su composición, color, sabor y oscurecimiento.<sup>85</sup>

En el 2014 se publicó el artículo “Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite usado”<sup>86</sup> en donde se indicó que la cantidad de ácidos grasos de una muestra de aceite usado en Bogotá, Colombia; correspondía a un 92.8%. Donde respecto a la muestra analizada en el presente trabajo presenta una diferencia superior aproximada de 3.5%. Lo que indica una similitud en la cantidad de ácidos grasos contenido en diferentes tipos de ACU en la ciudad de Bogotá.

---

<sup>84</sup> ACEITES. Aceite de girasol de alto oleico. [Consultado el 22, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.aceitesalbert.com/noticias/151-descubriendo-aceite-girasol-alto-oleico>

<sup>85</sup> ZONA DIET. Frituras y cambios que se producen al freír los alimentos. [Consultado el 22, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.zonadiet.com/alimentacion/frituras.htm>

<sup>86</sup> Lopes L. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite usado. 2014

2.3.2 Determinación de pH. El valor de pH en un aceite, permite evaluar la degradación y oxidación del lubricante, además representa la medida de los componentes disociados con el potencial de corrosividad hacia los metales.

Este procedimiento se elaboró mediante dos técnicas, la primera por medio de papel indicativo (Figura 24) y la segunda respecto a un pHmetro, cada dato se realizó por triplicación para tener un resultado más robusto y así poder tomar un dato promedio de los datos.

Este análisis se realizó bajo la norma técnica colombiana NTC 218, Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y de la acidez.<sup>87</sup>

2.3.2.1 Protocolo determinación de pH. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- N/A.

Materiales.

- Beaker 100 mL.
- Papel tornasol

Equipos.

- pH metro.

Descripción del proceso.

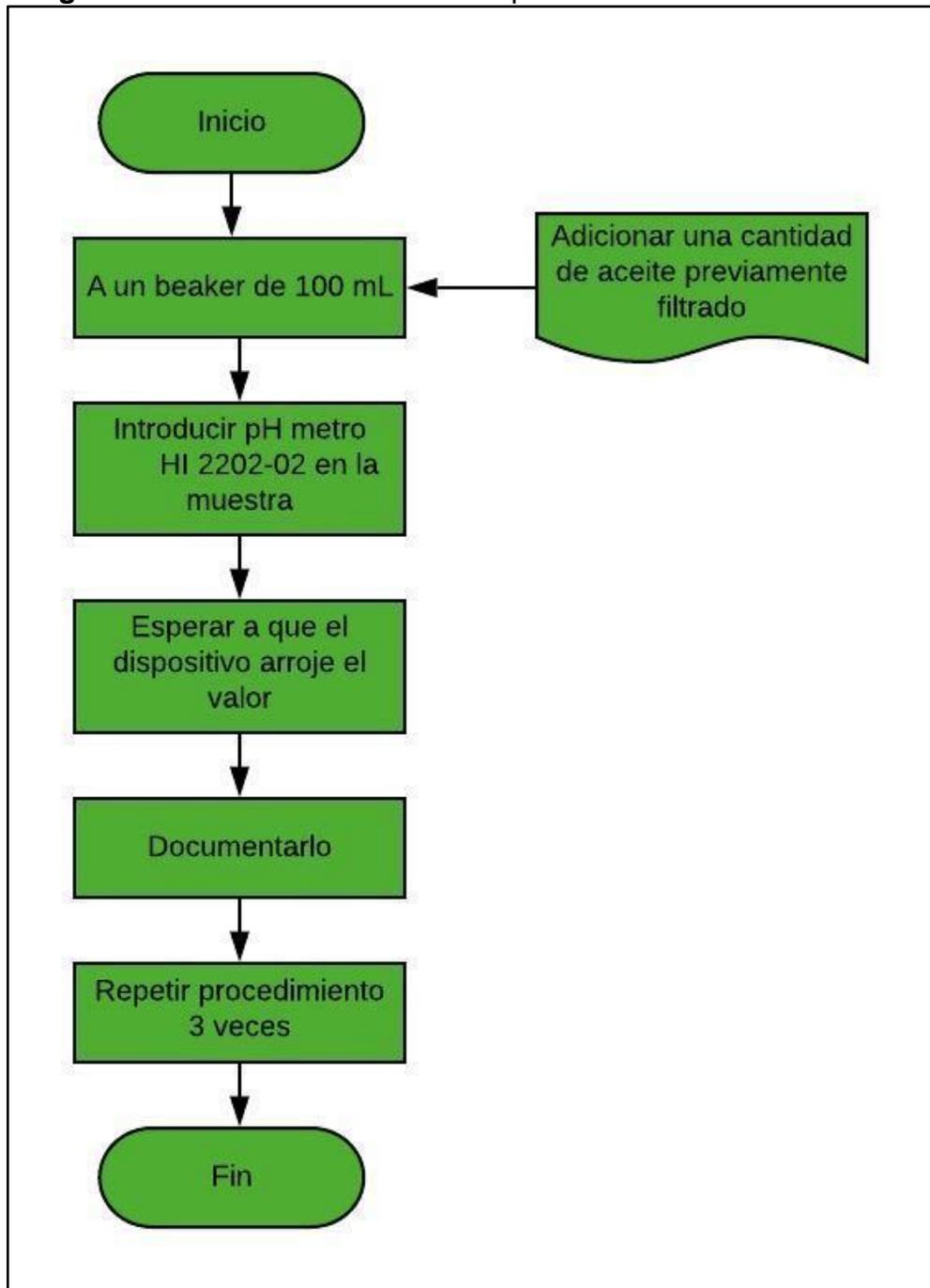
1. En un beaker de 100 mL agregar una cantidad de aceite previamente filtrado.
2. Introducir el pH metro en la muestra.
3. Esperar a que el dispositivo muestre el valor y que este sea constante por mínimo 15 segundos.
4. Documentar este valor.
5. Realizar 3 réplicas para determinar una correcta desviación estándar.
6. Para comparar el valor arrojado compararlo con el papel tornasol.
7. Tomar una tira de dicho papel.
8. Sumergirla en el beaker de 100 mL que contiene la muestra de aceite.
9. Compararlo con la clasificación suministrada.
10. Documentar este valor.
11. Realizar 3 réplicas para determinar una correcta desviación estándar.

---

<sup>87</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y de la acidez. Bogotá: ICONTEC, 2011. NTC 218.

Diagrama del proceso.

**Diagrama 3.** Proceso determinación pH.



**Fuente:** elaboración propia.

**Figura 24.** Resultado pH papel indicativo



**Fuente:** elaboración propia

2.3.2.2 Resultado. Como se puede evidencia en la figura 24, la determinación de pH que suministra el papel tornasol es un valor redondeado de lo que podría ser exactamente el nivel de pH presente en la muestra, debido a esto se hizo necesario emplear el pHmetro pues este arroja resultados más robustos y exactos como se observa en la Tabla 5. Debido al gran porcentaje de ácidos grasos que contiene la muestra se aprecia un pH de 4,9 es decir un valor considerablemente ácido, este es un valor esperado pues el pH del aceite de girasol es de 4-5 y en general el pH de los lípidos o grasas es ácido.<sup>88</sup>

**Tabla 7.** Resultados y ponderación del pH de la muestra

Replica	Papel Tornasol	pH metro
1	5	4,98
2	5,5	5,18
3	5	4,54
Promedio	5,1667	4,9

**Fuente:** elaboración propia

<sup>88</sup> ACEITES. pH en el aceite. [Consultado el 28, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/-aceite-de-oliva/acidez-del-aceite-de-oliva/>

2.3.3 Determinación de la densidad. Este análisis se realizó bajo la norma técnica colombiana NTC 336, Grasas y aceites vegetales y animales. Método de la determinación de la densidad.<sup>89</sup> Dichos ensayos se realizaron en tres diferentes picnómetros diferentes previamente pesados y tarados y por triplicado (Figura 25).

2.3.3.1 Protocolo determinación de la densidad. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- N/A.

Materiales.

- Beaker de 50 mL.
- Picnómetro de Gay Lussac.
- Termómetro.
- Olla.
- Placa de calentamiento.

Equipos.

- Balanza analítica.
- Estufa.

Descripción del proceso.

1. Lavar, secar correctamente el picnómetro de Gay-Lussac.
2. Pesar el picnómetro vacío con el tapón esmerilado.
3. En un beaker de 50 mL adicionar una cantidad de aceite previamente filtrado.
4. Añadir la muestra al picnómetro hasta el límite y luego poner el tapón esmerilado.
5. Limpiar y secar correctamente el picnómetro.
6. Si la muestra no es líquida, sumergirla en un baño maría hasta alcanzar la temperatura adecuada (1°C menor al del baño maría).
7. Sacar el picnómetro, limpiarlo y secarlo correctamente.
8. Pesar el picnómetro con el tapón esmerilado y la muestra en él.
9. Documentar este valor.
10. Realizar 3 réplicas para determinar una correcta desviación estándar.

---

<sup>89</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Método de la determinación de la densidad. Bogotá: ICONTEC, 2016. NTC 336.

Ecuaciones empleadas

**Ecuación 3.** Determinación de la densidad.

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V_1}$$

**Fuente:** NTC 336 “Grasas y aceites vegetales y animales. Método de la determinación de la densidad”.

Donde:

$\rho$ : densidad de la muestra. ( $\frac{g}{mL}$ ).

$m_1$ : masa picnómetro con muestra. (g).

$m_2$ : masa picnómetro vacío. (g).

$V_1$ : Volumen picnómetro. (mL).

**Figura 25.** Muestra de aceite contenida en picnómetros



**Fuente:** elaboración propia

2.3.3.2 Resultado. Estos valores fueron comparados en varios artículos que calculan el valor de densidad presente en mezclas de aceites con alto contenido de ácido oleico y palmítico, en donde se puede evidenciar que el valor de densidad presente en la muestra se encuentra en el rango establecido por la NTC 336. Grasas y aceites vegetales y animales. Método de la determinación de la densidad.

**Tabla 8.** Resultados y ponderación de la determinación de la densidad.

Replica	Picnómetro 1	Picnómetro 2	Picnómetro 3
1	0,9368	0,9186	0,9201
2	0,9374	0,9162	0,9001
3	0,9360	0,9245	0,9117
Promedio		0,9224	

**Fuente:** elaboración propia.

A continuación, se evidenciarán las comparaciones y datos presentes en los artículos en mención.

**Tabla 9.** Comparación bibliográfica de la densidad en aceites.

Fuente	Autor	Densidad (g/ml)
Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. <sup>90</sup>	Richard Alarcón Rodríguez	0.8999-0.98
Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites usados. <sup>91</sup>	Luisa López y equipo	0.919
ASTM – D123. <sup>92</sup>	---	0.96

**Fuente:** elaboración propia.

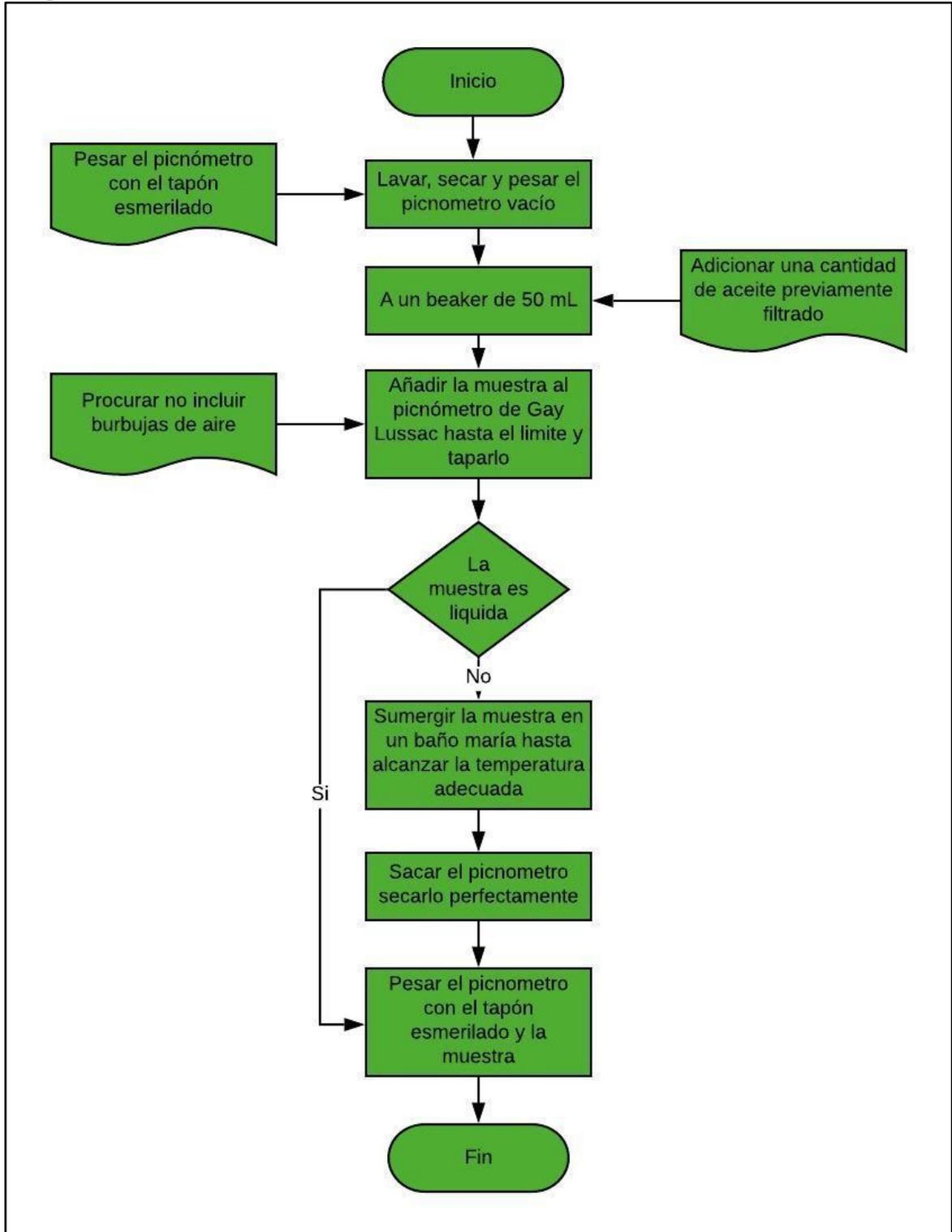
<sup>90</sup> ALARCON R. Richard A. Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. Ingeniero mecánico. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomas. [Consultado el 30, agosto, 2019]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/717/Obtencion%20de%20biodiesel%20a%20partir%20de%20mezclas%20de%20aceite%20usado%20de%20cocina%20y%20aceite%20de%20palm.pdf?sequence=1>

<sup>91</sup> LOPEZ. Luisa, BOCANEGRA Jenny y MALAGÓN R. Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad. 2015

<sup>92</sup> ASTM Standard Terminology Relating to Oils.

Diagrama del proceso

**Diagrama 4.** Proceso determinación densidad.



Fuente: elaboración propia.

2.3.4 Determinación de la viscosidad. Este análisis se realizó bajo la norma ASTM D2270. Standard practice for calculating viscosity index from kinematic viscosity at 40°C and 100°C.<sup>93</sup> Estos ensayos se realizaron con un viscosímetro Brookfield Engineering Laboratories LV, el cual permite medir la viscosidad dinámica de un fluido mediante la rotación de un husillo a determinados esfuerzos cortantes. Se emplea un factor de corrección dependiendo del tipo de husillo empleado, ver tabla 22, dicha muestra se llevó a una temperatura de 40°C.

2.3.4.1 Protocolo determinación de viscosidad. A continuación, se evidenciará el protocolo.

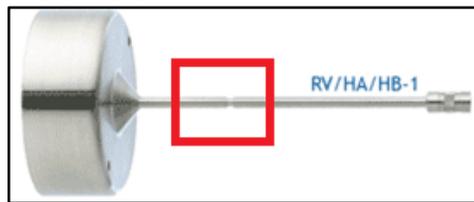
Equipos.

- Viscosímetro.
- Estufa.

Descripción del proceso.

1. Agregar 500 mL de la muestra de aceite previamente filtrada al vaso de precipitado.
2. Ubicar la placa de calentamiento y estufa con el beaker en concordancia al viscosímetro a utilizar.
3. Emplear el Husillo # 1 y sumergirlo en el vaso de precipitado hasta la marca.

**Figura 26.** Husillo de viscosímetro Brookfield.



**Fuente:** ALARCON R. Richard A. Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. Ingeniero mecánico. Bogotá, Universidad Santo Tomas.

4. Calentar el aceite hasta 40°C.
5. Encender el viscosímetro para realizar las mediciones correspondientes, cada medición tiene que tener estabilidad mínima de 30 segundos.
6. Al tener la medición que arroja el viscosímetro, aplicar el factor de corrección de acuerdo al husillo empleado.

<sup>93</sup> ASTM D2270 Standard Practice for Calculating Viscosity Index From Kinematic Viscosity at 40 and 100°C[Journal] // Annual Book of ASTM Standards. - 2000. - Vol. 05.01

Ecuaciones empleadas.

A continuación, se evidencian los factores que se emplean en la corrección de la viscosidad.

**Tabla 10.** Factor de corrección de viscosidad.

LV Series Viscometer							
1		2		3		4	
.3	200	.3	1K	.3	4K	.3	20K
.6	100	.6	500	.6	2K	.6	10K
1.5	40	1.5	200	1.5	800	1.5	4K
3	20	3	100	3	400	3	2K
6	10	6	50	6	200	6	1K
12	5	12	25	12	100	12	500
30	2	30	10	30	40	30	200
60	1	60	5	60	20	60	100

= Spindle       = Spindle Speed  
 = Factor      K = 1000

**Fuente:** ALARCON R. Richard A. Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. Ingeniero mecánico. Bogotá, Universidad Santo Tomas.

El cálculo para determinar la viscosidad dinámica es:

**Ecuación 4.** Determinación viscosidad dinámica.

$$\mu = \text{factor} * \text{lectura del viscosímetro}$$

**Fuente:** ASTM D445-19 “Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dinamyc viscosity)”.

Donde:

$\mu$  : viscosidad dinámica (cP).

El cálculo para determinar la viscosidad cinemática es:

**Ecuación 5.** Determinación viscosidad cinemática

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho}$$

**Fuente:** ASTM D445-19 “Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dinamyc viscosity)”.

Donde:

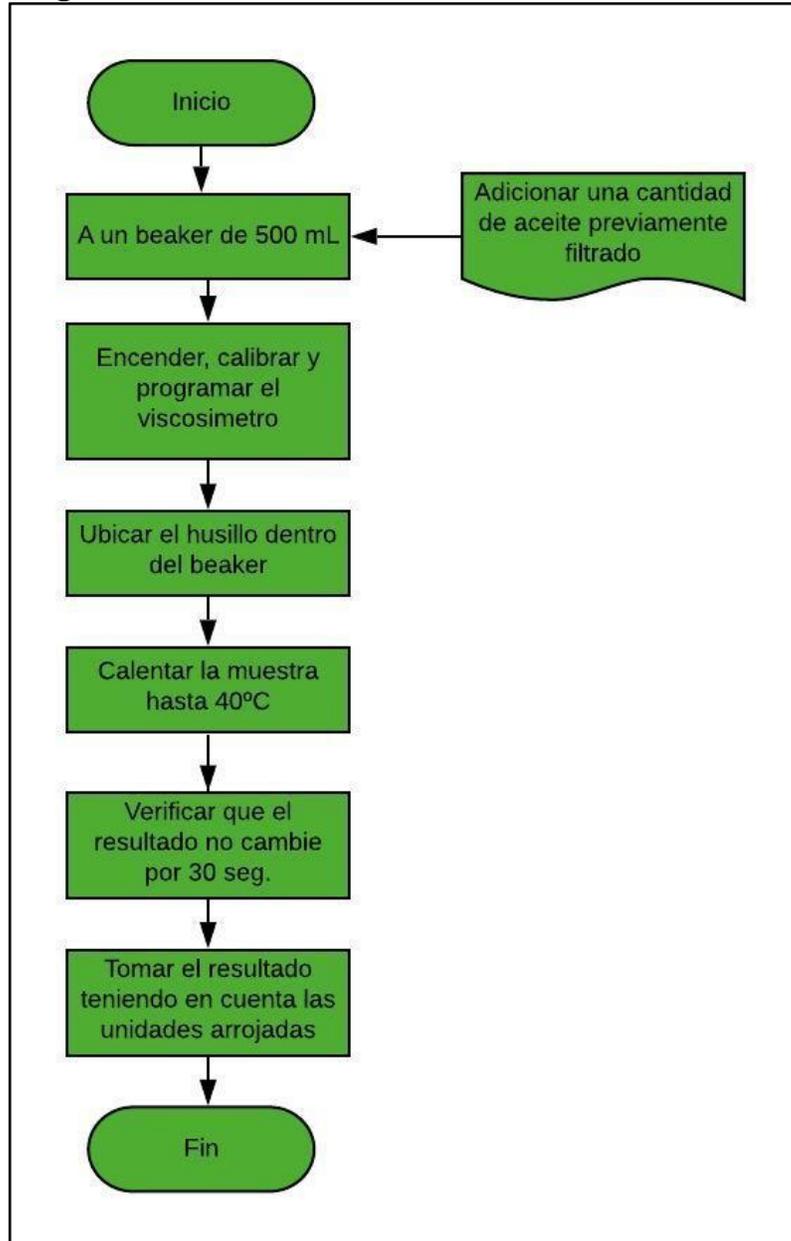
$\vartheta$  : viscosidad cinemática (cSt).

$\mu$  : viscosidad dinámica (cP).

$\rho$ : densidad ( $\frac{Kg}{m^3}$ ).

Diagrama del proceso.

**Diagrama 5.** Proceso determinación viscosidad.



**Fuente:** elaboración propia.

**Figura 27.** Medición de la viscosidad a una temperatura correspondiente a 40°C



**Fuente:** elaboración propia.

2.3.4.2 Resultado. Estos valores fueron comparados en varios artículos que calculan el valor de viscosidad presente en mezclas de aceites con alto contenido de ácido oleico y palmítico, en donde se puede evidenciar que el valor de viscosidad presente en la muestra se encuentra en el rango establecido por la ASTM D445-19 “Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dynamic viscosity)”.

**Tabla 11.** Resultados y ponderación de las viscosidades dinámicas y Cinemáticas.

Replica	Viscosidad Dinámica (Cp)	Viscosidad Cinemática ( $cm^2/s$ )
1	60,2	65,26
2	56,2	60,93
3	61,3	66,45
Promedio	59,233	64,21

**Fuente:** elaboración propia

A continuación, se evidenciarán las comparaciones y datos presentes en los artículos en mención.

**Tabla 12.** Comparación bibliográfica de la viscosidad en aceites.

Fuente	Autor	V. dinámica (cP)	V. cinemática ( $cm^2/s$ )
Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. <sup>94</sup>	Richard Alarcón Rodríguez	47.8-67.5	52.4-75.2
Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites usados. <sup>95</sup>	Luisa López y equipo	---	83.1
ASTM – D 7042. <sup>96</sup>	---	---	60

**Fuente:** elaboración propia.

2.3.5 Determinación del contenido de humedad y material volátil. Este análisis se realizó bajo la norma técnica colombiana NTC 287, Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del contenido de humedad y material volátil.<sup>97</sup> Los ensayos se realizaron en un horno de mufla a 103°C, las especificaciones del equipo se encuentran en la tabla 40.

2.3.5.1 Protocolo determinación contenido de humedad. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- N/A.

Materiales.

- Capsula de porcelana o vidrio.

<sup>94</sup> ALARCON R. Richard A. Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. Ingeniero mecánico. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomas. [Consultado el 2, septiembre, 2019]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/717/Obtencion%20de%20biodiesel%20a%20partir%20de%20mezclas%20de%20aceite%20usado%20de%20cocina%20y%20aceite%20de%20palm.pdf?sequence=1>

<sup>95</sup> LOPEZ. Luisa, BOCANEGRA Jenny y MALAGÓN R. Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad. 2015.

<sup>96</sup> ASTM D7042-19 Standard Test Method for Dynamic Viscosity and Density of Liquids by stabinger viscometer (and the calculation of kinematic viscosity)

<sup>97</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil. Bogotá: ICONTEC, 2018. NTC 287.

- Beaker de 100 mL.

Equipos.

- Balanza analítica.
- Horno o mufla.
- Desecador.

Descripción del proceso.

1. En un beaker agregar 60 mL del aceite previamente filtrado.
2. Lavar y secar correctamente las capsulas de porcelana o vidrio.
3. Pesar el recipiente vacío.
4. Pesar 10 g en el recipiente.
5. Ingresarlo al horno a una temperatura de 103°C durante 1 hora.
6. Sacarla el recipiente del horno.
7. Enfriar en el desecador.
8. Pesar.

Ecuaciones empleadas.

**Ecuación 6.** Determinación del contenido de humedad.

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100\%$$

**Fuente:** NTC 287 “Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil”.

Donde:

$w$ : contenido de humedad. (%).

$m_1$ : masa del recipiente con la porción de ensayo antes de calentamiento. (g).

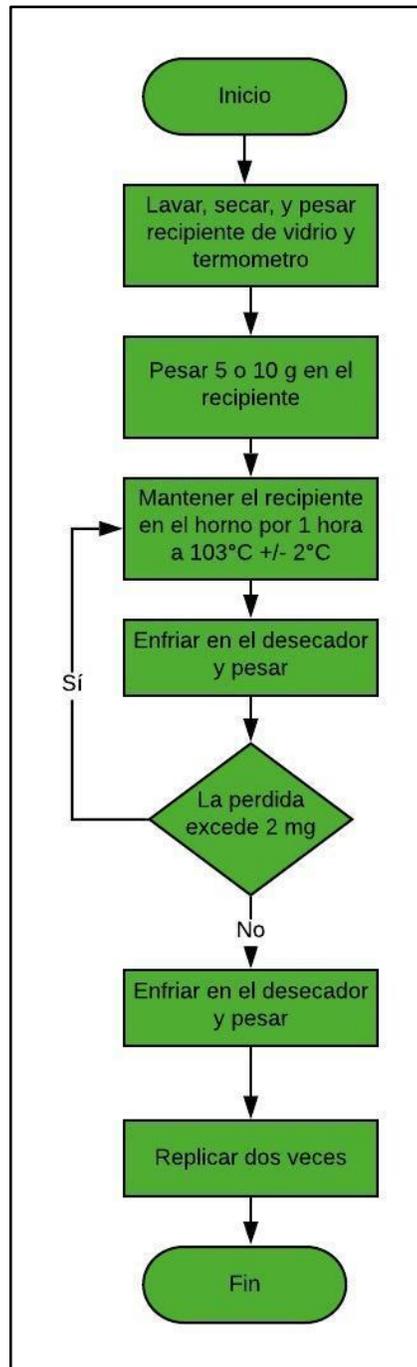
$m_2$ : masa del recipiente con la porción de ensayo después de calentamiento. (g).

$m_0$ : masa del recipiente vacío. (g).

En la Figura 28 se observa la muestra restante después de 6 horas a una temperatura de 103°C.

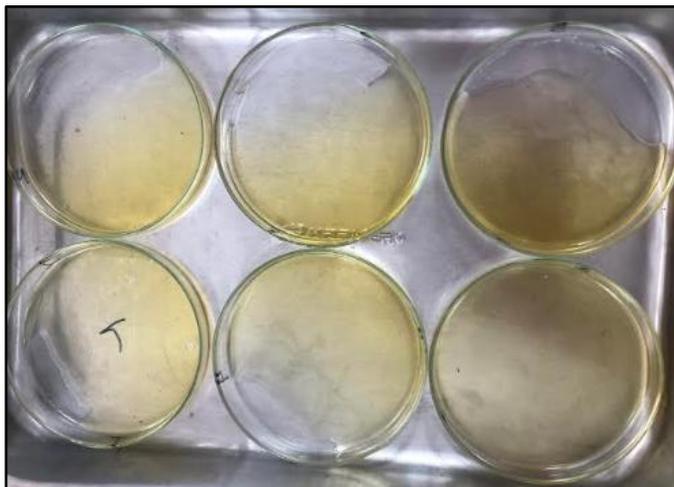
Diagrama del proceso.

**Diagrama 6.** Proceso determinación contenido de humedad.



**Fuente:** elaboración propia.

**Figura 28.** Aceite seco sin cantidad de material volátil



**Fuente:** elaboración propia

2.3.5.2 Resultado. Para este ensayo se realizaron dos tipos de mediciones cada una de estas por triplicado, el primer tipo en mención hace referencia a las muestras puestas en la mufla durante 6 horas, y la segunda hace referencia a las muestras puestas en la mufla por el mismo tiempo, en donde cada hora se toma el peso de la misma hasta que la diferencia de pérdida no excediera los 2 mg.

**Tabla 13.** Resultado y ponderación del material volátil presente en la muestra

Replica	Contenido de humedad
1	0,2439
2	0,2486
3	0,2560
4	0,2827
5	0,2669
6	0,2566
Promedio	0,2591

**Fuente:** elaboración propia.

Mediante los resultados de pérdida de masa presentes en la tabla 13, se realizó la figura 29 en donde se observa que el contenido de humedad de la muestra empieza a tener un comportamiento constante cuando llega a las 6 horas con un contenido de humedad de 0.2591.

**Figura 29.** Gráfica del contenido de humedad presente en la muestra.



**Fuente:** elaboración propia.

Estos valores fueron comparados en varios artículos que calculan el contenido de humedad presente en mezclas de aceites con alto contenido de ácido oleico y palmítico, en donde se puede evidenciar que el contenido de humedad presente en la muestra se encuentra en el rango establecido por la NTC 287. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil.

A continuación, se evidenciarán las comparaciones y datos presentes en los artículos en mención.

**Tabla 14.** Comparación bibliográfica del contenido de humedad en aceites.

<b>Fuente</b>	<b>Autor</b>	<b>Contenido de humedad</b>
Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites usados. <sup>98</sup>	Luisa López y equipo	0.91
NTC 287. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil <sup>99</sup>	---	0.009 – 0.270

**Fuente:** elaboración propia.

<sup>98</sup> LOPEZ. Luisa, BOCANEGRA Jenny y MALAGÓN R. Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad. 2015.

<sup>99</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil. Bogotá: ICONTEC, 2018. NTC 287.

2.3.6 Determinación del índice de acidez y acidez. La acidez es un indicador general de la calidad de los aceites, pues esta mide la cantidad de ácidos grasos libres presente en el aceite<sup>100</sup>. Este análisis se realizó bajo la norma técnica colombiana NTC 218, Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y acidez.<sup>101</sup>

2.3.6.1 Protocolo determinación del índice de acidez y acidez. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- Mezcla éter etílico-etanol 95% (v/v) proporción 1:1.
- Solución volumétrica estandarizada de hidróxido de potasio 0.1 M.
- Solución volumétrica estandarizada de hidróxido de potasio 0.5 M.
- Fenolftaleína 10 g/L en solución etanólica 95% (v/v).
- Azul de álcali 6B o timolftaleína solución etanólica de 20 g/L al 95%.

Materiales.

- 1 bureta.
- 3 matraces 500 mL.

Equipos.

- Plancha de agitación y calentamiento.
- Balanza analítica.

Descripción del proceso.

1. Pesar en el matraz la masa de muestra según el porcentaje de acidez esperado y el color de la muestra, siguiendo los datos que se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 15.** Grado de acidez previsto para diferentes muestras.

Grado de acidez previsto	Peso de la muestra (g)	Precisión en el pesaje
<1	20	0.05
1 a 4	10	0.02
4 a 15	2.5	0.01
15 a 75	0.5	0.001
>75	0.1	0.0002

**Fuente:** NTC 218 “Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice del índice de acidez y la acidez”.

<sup>100</sup> ACEITE DE LAS VALDESAS. Qué es la acidez del aceite. [Consultado el 9, septiembre, 2019 Disponible en: <https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/-aceite-de-oliva/acidez-del-aceite-de-oliva/>

<sup>101</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y acidez. Bogotá: ICONTEC, 2011. NTC 218.

2. Calentar 50 mL de la mezcla de éter etílico-etanol en una relación 1:1 (v/v) hasta ebullición que contiene 0.5 mL de fenolftaleína en un segundo matraz.
3. Neutralizar el etanol por medio de una titulación con la solución de hidróxido de potasio 0.1 M, mientras la temperatura del etanol esta sobre los 70°C, hasta que se presente un cambio de coloración ligero, pero definitivo de por lo menos 15 segundos con la adición de la gota de álcali.
4. Agregar la mezcla anterior neutralizada a la muestra y mezclar.
5. Empezar el proceso de titulación con la solución de hidróxido de potasio 0.1 M, hasta el momento en que la mezcla que se está titulando cambia de color de transparente a rosa pálido y este cambio permanece mínimo por 15 segundos.
6. Si el volumen gastado de hidróxido de potasio 0.1 M, al momento de hacer la titulación excede los 10 mL, es necesario utilizar la solución de hidróxido de potasio de 0.5 M y empezar de nuevo el proceso de titulación.

Ecuaciones empleadas.

Para el cálculo del índice de acidez de la muestra se emplea la siguiente ecuación:

**Ecuación 7.** Determinación índice de acidez.

$$I_a = \frac{5.61 \times V \times c}{m}$$

**Fuente:** NTC 218 "Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice del índice de acidez y de la acidez".

Donde:

$I_a$ : índice de acidez.

$V$ : volumen gastado en la titulación de la solución de hidróxido de potasio (mL).

$c$ : concentración exacta de la solución de hidróxido de potasio (M).

$m$ : masa de la muestra (g).

Para el cálculo de la acidez de la muestra se emplea la siguiente ecuación:

**Ecuación 8.** Determinación acidez.

$$A = \frac{M \times V \times c}{10 \times m}$$

**Fuente:** NTC 218 "Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice del índice de acidez y de la acidez".

Donde:

$A$  : acidez (%).

$M$ : masa molar del ácido escogido para la expresión de los resultados(g/mol).

$V$ : volumen gastado en la titulación de la solución de hidróxido de potasio (mL).

$c$  : concentración exacta de la solución de hidróxido de potasio (M).

$m$  : masa de la muestra (g).

### 2.3.6.2 Resultado

**Tabla 16.** Resultados y ponderación del índice de acidez y acidez.

Replica	Índice de acidez	Acidez
1	2,187	1,099
2	2,071	1,041
3	1,959	0,985
Promedio	2,0729	1,042

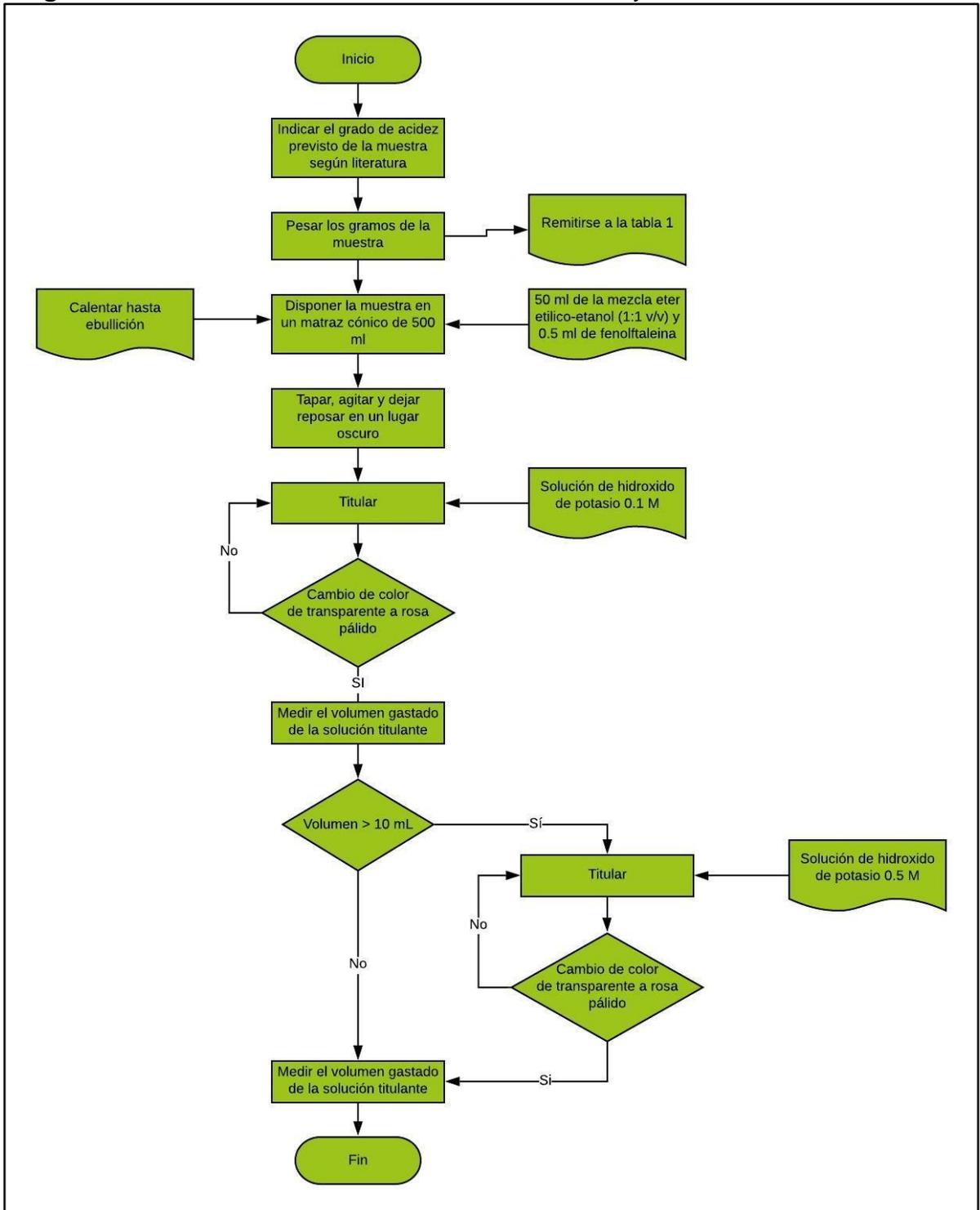
**Fuente:** elaboración propia

Estos valores fueron comparados en varios artículos que calculan el índice de acidez y acidez presente en mezclas de aceites con alto contenido de ácido oleico y palmítico, en donde se puede evidenciar que el contenido acidez presente en la muestra se encuentra en el rango establecido por la NTC 218. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y acidez. Este resultado da un indicio de que la muestra es apta para atravesar un proceso directo de transesterificación. Los aceites que presentan una acidez superior a 1,5 necesitan un proceso previo de esterificación.<sup>102</sup>

<sup>102</sup> MEDINA V. Mauricio y OSPINA R. Yesid. Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel. 2013. [Consultado el 12, septiembre, 2019 Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a03.pdf>.

Diagrama del proceso.

**Diagrama 7.** Proceso determinación índice de acidez y acidez



**Fuente:** elaboración propia.

A continuación, se evidenciarán las comparaciones y datos presentes en los artículos en mención.

**Tabla 17.** Comparación bibliográfica del índice de acidez y acidez en aceites.

Fuente	Autor	Índice de acidez	Acidez
Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites usados. <sup>103</sup>	Luisa López y equipo.	---	83.1
NTC 218. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y acidez. <sup>104</sup>	---	0.08-7.48	0.018-7.26

**Fuente:** elaboración propia.

2.3.7 Determinación del índice de peróxidos. El Índice de peróxidos mide el estado de oxidación inicial de un aceite, se expresa en miliequivalentes de oxígeno activo por kilo de grasa. Los peróxidos o compuestos de oxidación inicial, se originan si el aceite se maltrata, no se protege de la luz y el calor, o no se guarda en envases adecuados, como consecuencia de ello, a mayor índice de peróxidos menor será la capacidad antioxidante de un aceite.<sup>105</sup>

Este análisis se realizó bajo la norma técnica colombiana NTC 236, Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxidos.<sup>106</sup>

2.3.7.1 Protocolo determinación índice de peróxidos. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- Ácido acético glacial.
- Isooctano.
- Cloroformo.
- Solución de ácido acético glacial e isooctano relación 3:2.

<sup>103</sup> LOPEZ. Luisa, BOCANEGRA Jenny y MALAGÓN R. Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad. 2015.

<sup>104</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y acidez. Bogotá: ICONTEC, 2011. NTC 218.

<sup>105</sup> HANNA INSTRUMENTS. Determinación del índice de peróxidos. [Consultado el 17, septiembre, 2019] Disponible en: <https://www.hannainst.es/blog/116/determinacion-del-indice-de-peroxidos>.

<sup>106</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxidos. Bogotá: ICONTEC, 2011. NTC 236

- Solución de ácido acético glacial y cloroformo relación 3:2.
- Yoduro de potasio.
- Solución saturada de yoduro de potasio.
- Solución estandarizada de tiosulfato de sodio 0.1 N.
- Solución estandarizada de tiosulfato de sodio 0.001 N.
- Solución de almidón.
- Yodato de potasio.
- Ácido clorhídrico 4 M.

#### Materiales.

- Matraz cónico de 250 mL con tapa de vidrio esmerilada.
- Bureta 25 mL.
- Pipeta de 0.5 mL, 1 mL, 10 mL y 100 mL.
- Probeta de 50 mL y 100 mL.
- Matraz volumétrico de 250 mL, 500 mL, 1000 mL.

#### Equipos.

- Balanza analítica.
- Agitador magnético.
- Plancha de calentamiento.

#### Descripción del proceso.

1. Preparación de la solución normalizada o estándar de tiosulfato de sodio 0.1N: con una pipeta, transferir 100 ml de la solución normalizada de tiosulfato de sodio 0.1 N a un matraz volumétrico con capacidad de 1000 ml; diluir hasta la marca con agua destilada; homogenizar y transferir la solución de tiosulfato de sodio 0.01 N a un frasco color ámbar.
2. Determinación del título de la solución normalizada o estándar de tiosulfato de sodio 0.01 N: pesar 0.27 g a 0.33 g de yodato de potasio (KIO<sub>3</sub>) en un matraz volumétrico; adicionar 60 ml de agua destilada, 5 ml de ácido clorhídrico y 25 mg a 50 mg de yoduro de potasio y titular utilizando el método yodométrico para determinar el factor de la solución de tiosulfato de sodio 0.01 N.
3. Verificar que el matraz este limpio y seco.
4. Pesarse en el matraz: 5 - 10 g de la muestra de ensayo para los valores de peróxido esperados.
5. Adicionar 30 ml de solución de ácido acético/cloroformo en relación 3:2.
6. Agitar.
7. Añadir 0.5ml de solución de yoduro de potasio.
8. Tapar y agitar el matraz.

9. Repasar por un minuto a una temperatura entre 15°C a 25°C.
10. Adicionar 30 ml de agua.
11. Titular el yodo con tiosulfato de sodio 0.01 N desde anaranjado amarillento hasta amarillo pálido.
12. Adicionar 0.5 ml de solución de almidón desde violeta hasta carencia de color.

Ecuaciones empleadas.

Para el cálculo del índice de peróxidos de la muestra, se emplea la siguiente ecuación:

**Ecuación 9.** Determinación índice de peróxidos.

$$VP = \frac{(V - V_o) \times C_{tio} \times F \times 1000}{m}$$

**Fuente:** NTC 236 “Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxidos”.

Donde:

$VP$  : índice de peróxidos.

$V$  : volumen de la solución de tiosulfato de sodio utilizada para la determinación (mL).

$V_o$  : volumen de la solución normal de tiosulfato de sodio utilizado para el ensayo del blanco (mL).

$C_{tio}$  : concentración de la solución de tiosulfato de sodio (M).

$F$  : factor de solución de tiosulfato de sodio 0.01 N.

$m$  : masa de la porción de ensayo (g).

Para el cálculo del factor de la solución normalizada de tiosulfato de sodio, se emplea la siguiente ecuación:

**Ecuación 10.** Determinación factor de solución de tiosulfato de sodio.

$$F = \frac{m_{KIO_3} \times V_1 \times 6 \times 1000 \times w_{KIO_3}}{M_{KIO_3} \times V_2 \times V_3 \times C_{tio} \times 100}$$

**Fuente:** NTC 236 “Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxidos”.

Donde:

$F$  : factor de la solución de tiosulfato de sodio 0.01 N.

$m_{KIO_3}$  : masa de yodato de potasio (g).

$V_1$  : volumen de la solución de yodato de potasio, utilizado para la determinación del título (5 mL o 10 mL).

$w_{KIO_3}$  : pureza del yodato de potasio (g/100g).

$M_{KIO_3}$  : masa molecular del yodato de potasio (214 g/mol).

$V_2$  : volumen de la solución de yodato de potasio (mL).

$V_3$ : volumen de la solución de tiosulfato de sodio 0.01 N utilizando la determinación (mL).

2.3.7.2 Resultado. Estos valores fueron comparados en varios artículos que calculan el índice de peróxidos presente en mezclas de aceites con alto contenido de ácido oleico y palmítico, en donde se puede evidenciar que el contenido peróxidos presente en la muestra se encuentra en el rango establecido por la NTC 236. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxidos. Sin embargo, a medida que la degradación de un aceite va aumentando este va aumentar su índice de peróxidos<sup>107</sup>, es decir, una muestra de ACU presenta un índice de peróxidos mayor a la de aceite refinado.

**Tabla 18.** Resultados y ponderación del índice de peróxidos

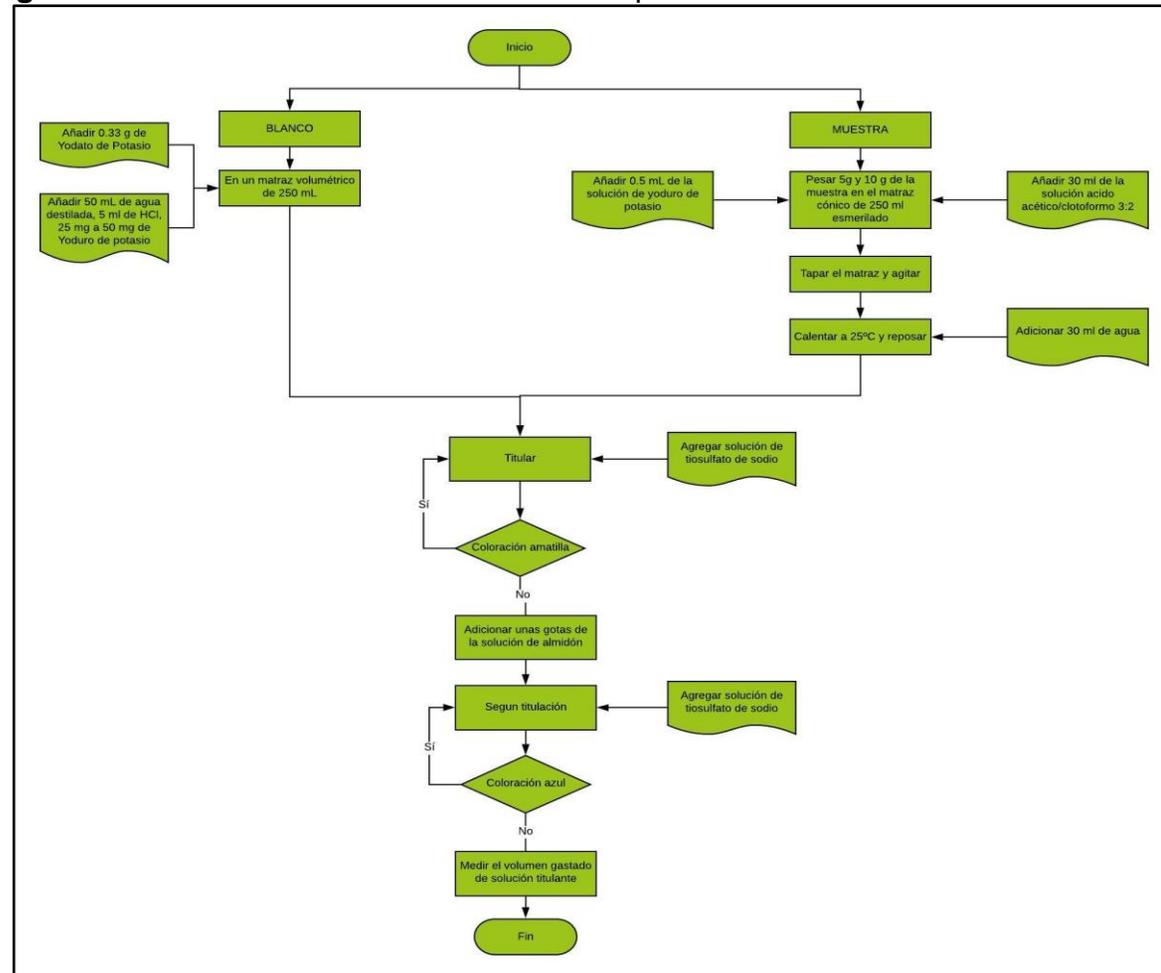
Replica	Índice de peróxidos
1	3,286
2	3,268
3	3,293
Promedio	3,27

**Fuente:** elaboración propia.

<sup>107</sup> ANCIN. Azpilicueta y MARTINEZ. Ramon. Estudio de la degradación de los aceites sometidos a fritura. [Consultado el 20, septiembre, 2019]. Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewFile/1274/1277>

Diagrama del proceso

**Diagrama 8.** Proceso determinación índice de peróxidos



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se evidenciarán las comparaciones y datos presentes en los artículos en mención:

**Tabla 19.** Comparación bibliográfica del contenido de humedad en aceites.

<b>Fuente</b>	<b>Autor</b>	<b>Índice de peróxidos</b>
Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites usados. <sup>108</sup>	Luisa López y equipo	1.7
ASTM – D 7042. <sup>109</sup>	---	2.160
NTC 236. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxidos. <sup>110</sup>	---	1.60 – 25.92

**Fuente:** elaboración propia.

2.3.8 Determinación del índice de refracción. El índice de refracción de un aceite se define como la razón de la velocidad de la luz en el vacío con respecto a la velocidad de la luz en el aceite evaluado, como esta propiedad tiene límites específicos para cada tipo de aceite sirve como un indicador de pureza del aceite. Este análisis se realizó en un refractómetro sper scientific 300034 a una temperatura de 16.7°C. Se empleó la norma técnica colombiana NTC 289, Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de refracción.<sup>111</sup> en un refractómetro digital suministrado por la Fundación Universidad de América.

2.3.8.1 Protocolo determinación índice de refracción. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- Laurato de etilo.
- Acetona.

Equipos.

- Refractómetro.

<sup>108</sup> LOPEZ. Luisa, BOCANEGRA Jenny y MALAGÓN R. Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad. 2015.

<sup>109</sup> ASTM D-7042 Standard test method for dynamic viscosity and density of liquids by stabinger viscometer (and the calculation of kinematic viscosity)

<sup>110</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxidos. Bogotá: ICONTEC, 2011. NTC 236.

<sup>111</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de refracción. Bogotá: ICONTEC, 2019. NTC 289

- Fuente de luz

Descripción del proceso.

1. En un beaker agregar 20 mL del aceite previamente filtrado.
2. Para la calibración del equipo, medir el índice de refracción de la placa de vidrio o si es necesario añadir laurato de etilo.
3. Medir el índice de refracción a la temperatura especificada (20°C para aceites en estado líquido).
4. Mantener la temperatura del prisma en el refractómetro (20°C – 25°C) por medio de baños de agua.
5. Limpiar la superficie del prisma con acetona.
6. Con ayuda de una pipeta pasteur tomar unas gotas de la muestra y adicionarlas al prisma del refractómetro.
7. Medir el índice de refracción de la muestra.

Ecuaciones empleadas.

**Ecuación 11.** Determinación índice de refracción.

$$n_D^t = n_D^{t_1} + (t_1 - t) F$$

**Fuente:** NTC 289 “Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de refracción”.

Donde:

$n_D^t$  : Índice de refracción.

$n_D^{t_1}$  : Índice de refracción a la temperatura de referencia.

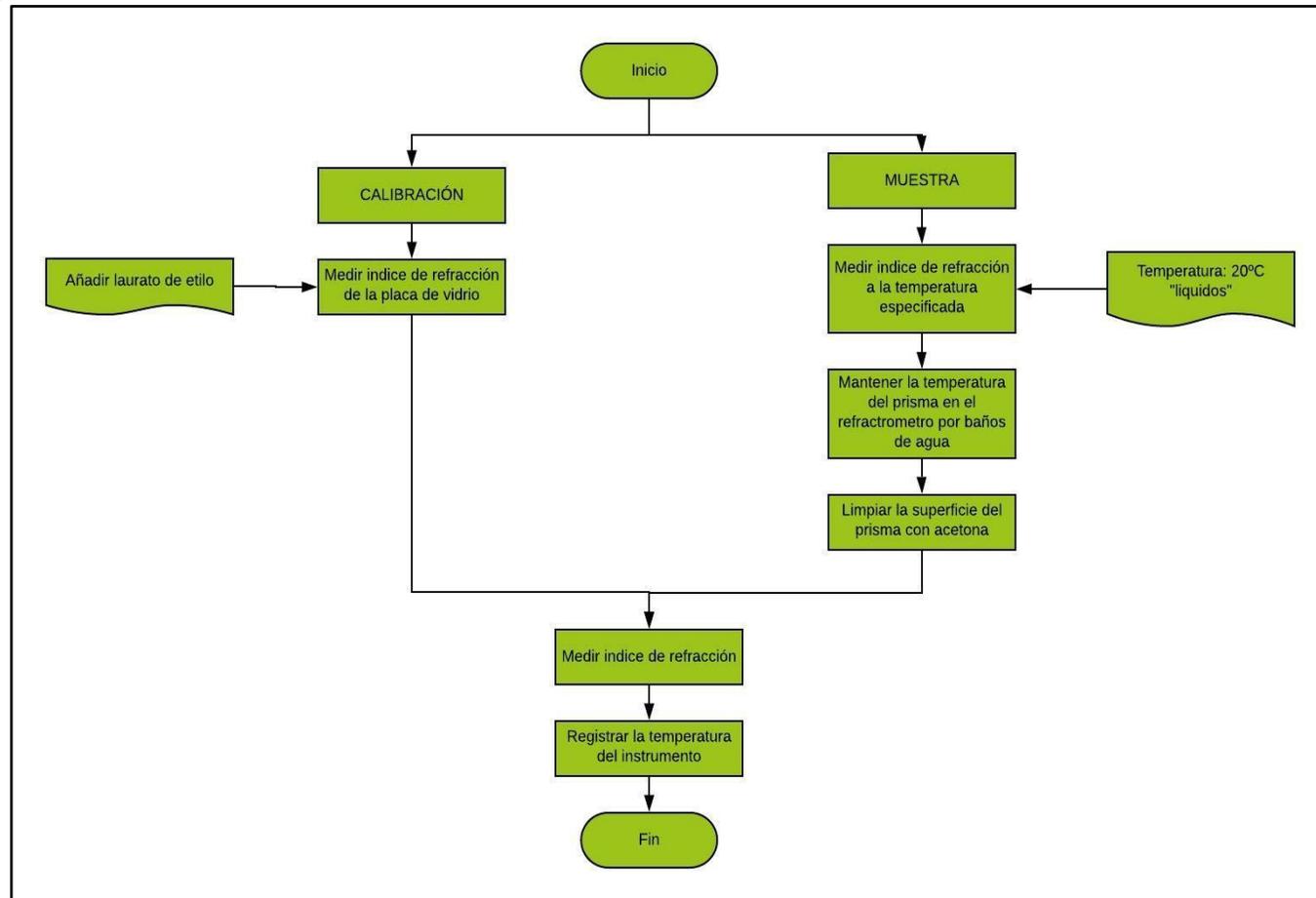
$t_1$  : temperatura de medición (°C).

$t$  : temperatura de referencia (°C).

$F$  : 0.00035.

Diagrama del proceso

**Diagrama 9.** Proceso determinación índice de refracción



Fuente: elaboración propia

**Figura 30.** Lectura de la muestra de refractómetro digital Sper Scientific 300034.



**Fuente:** elaboración propia

2.3.8.2 Resultado. Estos valores fueron comparados en varios artículos que calculan el índice de refracción presente en mezclas de aceites con alto contenido de ácido oleico y palmítico, en donde se puede evidenciar que el índice de refracción presente en la muestra se encuentra en el rango establecido por la NTC 289. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de refracción.

**Tabla 20.** Resultados y ponderación del índice de refracción

Replica	Índice Refracción
1	1,4608
2	1,4746
3	1,4760
Promedio	1,4725

**Fuente:** elaboración propia

A continuación, se evidenciarán las comparaciones y datos presentes en los artículos en mención.

**Tabla 21.** Comparación bibliográfica del índice de refracción en aceites.

Fuente	Autor	Índice de refracción
Efectos de la fritura profunda sobre el índice de refracción y el valor de peróxido de aceites vegetales seleccionados. <sup>112</sup>	Chinaza Godswill Awuchi y equipo	1.389-1.52
NTC 289 Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de refracción. <sup>113</sup>	---	0.919

**Fuente:** elaboración propia.

2.3.9 Determinación del índice de saponificación. El índice de saponificación se define como el peso en miligramos de hidróxido de potasio necesario para saponificar 1 gramo de grasa, es decir que el índice de saponificación esta inversamente relacionado con la longitud de los ácidos grasos constituyentes de los glicéridos de la grasa.<sup>114</sup> Esta es una medida aproximada del peso molecular promedio de los ácidos grasos presentes en la muestra.<sup>115</sup>

Este análisis se realizó bajo la norma técnica colombiana NTC 335, Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de saponificación.<sup>116</sup>

2.3.9.1 Protocolo determinación del índice de saponificación. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- Solución de hidróxido de potasio 0.5 M en solución de etanol 95% (v/v).

<sup>112</sup> AWUCHI. Chinaza G. y IKECHUKWU. Amagwula O. Effects or repeated deep frying on refractive index and peroxide value of selected vegetable olis. [Consultado el 23, septiembre, 2019] Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/325066839\\_EFFECTS\\_OF\\_REPEATED\\_DEEP\\_FRYING\\_ON\\_REFRACTIVE\\_INDEX\\_AND\\_PEROXIDE\\_VALUE\\_OF\\_SELECTED\\_VEGETABLE\\_OILS](https://www.researchgate.net/publication/325066839_EFFECTS_OF_REPEATED_DEEP_FRYING_ON_REFRACTIVE_INDEX_AND_PEROXIDE_VALUE_OF_SELECTED_VEGETABLE_OILS)

<sup>113</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de refracción. Bogotá: ICONTEC, 2019. NTC 289.

<sup>114</sup> MANRIQUE. Guillermo D. Caracterización de grasas y aceites. Buenos aires, Argentina. Universidad Nacional del Centro. [Consultado el 25, septiembre, 2019]. Disponible en: [https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Grasas\\_y\\_Aceites.pdf](https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Grasas_y_Aceites.pdf)

<sup>115</sup> RODRIGUEZ A, MALDONADO S, MURO C y Velásquez M. Investigación y desarrollo de la ciencia y tecnología de alimentos. Índice de saponificación de mantecas. [Consultado el 27, septiembre, 2019] Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/10/161.pdf>

<sup>116</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de saponificación. Bogotá: ICONTEC, 1998. NTC 335

- Solución de ácido clorhídrico 0.5 M.
- Fenolftaleína 10 g/L solución en 95% (v/v) etanol.

Materiales.

- Matraz cónico de 500 mL, con cuello esmerilado.
- Condensador de reflujo con junta esmerilada.
- Bureta 50 mL.
- Pipeta de 25 mL.
- Probeta de 500 mL.
- Probeta de 100 mL.
- Beaker de 100 mL.
- Soporte universal.
- Pinza.
- Nuez.

Equipos.

- Balanza analítica.
- Plancha de calentamiento.

Descripción del proceso.

1. Pesar 2 g  $\pm$  5 mg de la muestra en el matraz cónico de 250 mL.
2. Añadir 25 mL de la solución de hidróxido de potasio.
3. Añadir perlas de ebullición.
4. Colocar el matraz sobre la plancha de calentamiento y conectarlo al condensador de reflujo, dejar ebullición ligeramente por 1 o 2 h, agitar esporádicamente.
5. Retirar la solución de la placa de calentamiento y añadir de 0.5 a 1 mL de la solución de fenolftaleína
6. Titular con la solución volumétrica de ácido clorhídrico hasta que desaparezca el color rosa del indicador.
7. Realizar el mismo proceso con el blanco el cual consta de 25 mL de la solución etanólica de hidróxido de potasio.

Ecuaciones empleadas.

Para el cálculo del índice de saponificación de la muestra, se emplea la siguiente ecuación:

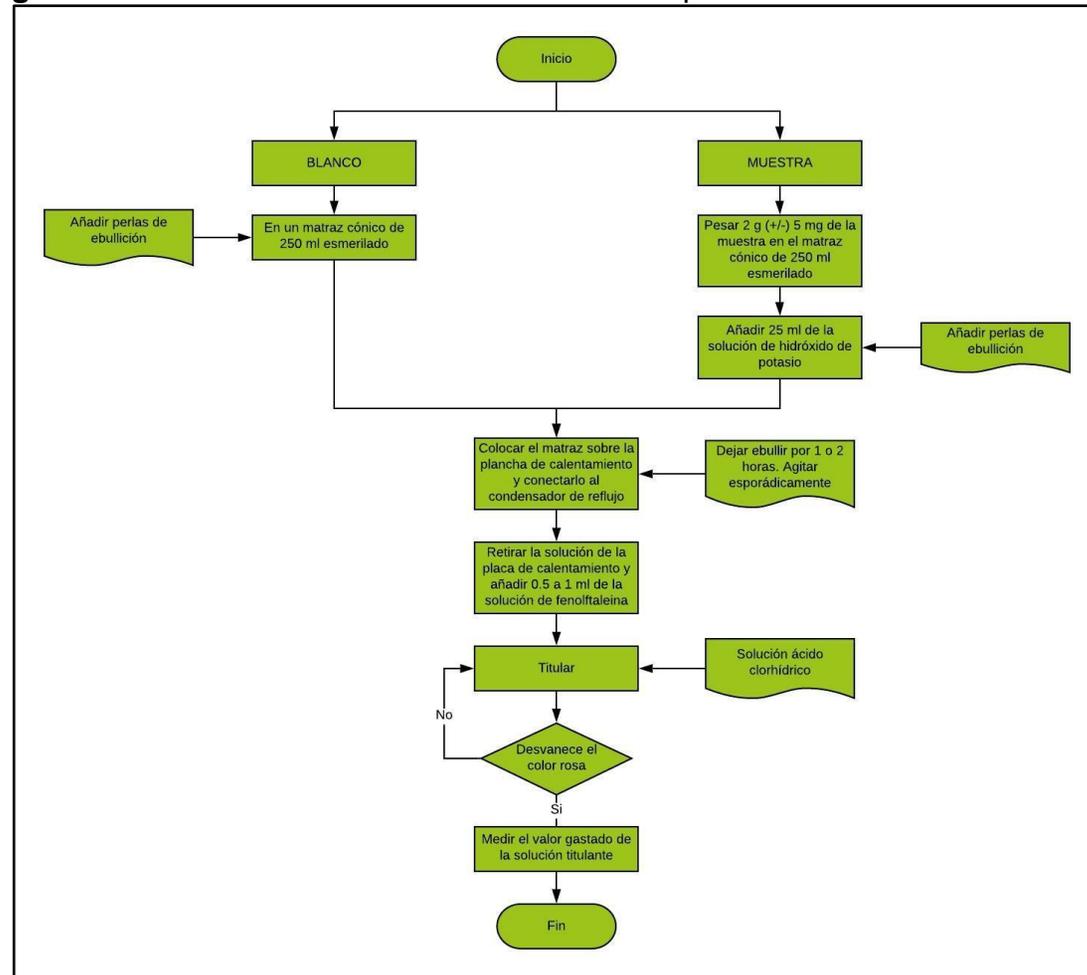
**Ecuación 12.** Determinación índice de saponificación.

$$I_s = \frac{(V_0 - V_1) \times c \times 56.1}{m}$$

**Fuente:** NTC 335 “Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice del índice de saponificación”.

Diagrama del proceso.

**Diagrama 10.** Proceso determinación índice de saponificación



Fuente: elaboración propia.

2.3.9.2 Resultado. Estos valores fueron comparados en varios artículos que calculan el índice de saponificación presente en mezclas de aceites con alto contenido de ácido oleico y palmítico, en donde se puede evidenciar que el índice de saponificación presente en la muestra se encuentra en el rango establecido por la NTC 335. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de saponificación. A continuación, se evidenciarán las comparaciones y datos presentes en los artículos en mención.

**Tabla 22.** Resultados y ponderación del índice de saponificación

Replica	Índice de saponificación
1	194,31
2	204,66
3	202,58
Promedio	200,52

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 23.** Comparación bibliográfica del índice de saponificación en aceites.

Fuente	Autor	Índice de saponificación
Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. <sup>117</sup>	Richard Alarcón Rodríguez	190-290
Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites usados. <sup>118</sup>	Luisa López y equipo	196.8
NTC 335. Determinación del índice de saponificación. <sup>119</sup>	---	190.2 – 287.5

**Fuente:** elaboración propia.

<sup>117</sup> ALARCON R. Richard A. Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. Ingeniero mecánico. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomas. [Consultado el 27, septiembre, 2019]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/717/Obtencion%20de%20biodiesel%20a%20partir%20de%20mezclas%20de%20aceite%20usado%20de%20cocina%20y%20aceite%20de%20palm.pdf?sequence=1>

<sup>118</sup> LOPEZ. Luisa, BOCANEGRA Jenny y MALAGÓN R. Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad. 2015.

<sup>119</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de saponificación. Bogotá: ICONTEC, 1998. NTC 335

2.3.10 Determinación del índice de yodo. El índice de yodo es una escala utilizada para definir el grado de insaturación de compuesto es decir determina el número total de dobles enlaces presentes en la muestra.<sup>120</sup> Este análisis se realizó bajo la norma técnica colombiana NTC 283, Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de yodo.<sup>121</sup> Esta caracterización se realizó por replicación con adición del blanco, la materia no reaccionante (yodo) fue cuantificada mediante un proceso de titulación el cual se observa en la Figura 31.

2.3.10.1 Protocolo determinación índice de yodo. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- Solución de yoduro de potasio.
- Solución de almidón.
- Tiosulfato de sodio 0.1 M.
- Cloroformo.
- Reactivo de Wijs.

Materiales.

- Matraz cónico de 500 mL, con cuello esmerilado.
- Matraz volumétrico de 1000 mL.
- Pipeta de 25 mL.
- Probeta.
- Bureta.
- Beaker de 100 mL.
- Soporte universal.
- Pinza.
- Nuez.

Equipos.

- Balanza analítica.

---

<sup>120</sup> METROHM. Valoración termométrica aplicada: determinación del índice de yodo en grasas y aceites. [Consultado el 29, septiembre, 2019]. Disponible en. <https://www.metrohm.com/es/compania/noticias/news-indice-de-yodo-en-grasas-y-aceites/#>

<sup>121</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de yodo. NTC 283

Descripción del proceso.

1. Preparación de solución de almidón: mezclar 5 g de almidón soluble en 30 mL de agua y adicionar 1000 mL de agua hirviendo. Hervir por 3 minutos y enfriar.
2. Pesarse los gramos de la muestra según el índice de yodo previsto, siguiendo los datos que se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 24.** Índice de yodo previsto para diferentes muestras.

<b>Índice de yodo previsto</b>	<b>Peso de la muestra (g)</b>
<5	3
5 a 20	1
21 a 50	0.4
51 a 100	0.2
101 a 150	0.13
151 a 200	0.1

**Fuente:** NTC 283 "Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de yodo".

3. Disponer la muestra en el matraz cónico de 500 mL y adicionar 10 mL del solvente.
4. Agregar 10 mL del reactivo de Wijs.
5. Tapar, agitar y dejar reposar en un lugar oscuro.
6. Preparar un blanco con el solvente y el reactivo de Wijs, sin la proporción de aceite.
7. Tapar, agitar y dejar reposar en un lugar oscuro.
8. Agregar 10 mL de yoduro de potasio y 75 mL de agua destilada después del tiempo de reacción.
9. Titular con la solución estandarizada de tiosulfato de sodio hasta que la coloración amarilla del yodo se haya desaparecido casi en su totalidad.
10. Adicionar unas gotas de solución de almidón.
11. Continuar la titulación hasta que la coloración azul casi desaparezca.
12. Medir el volumen gastado de la solución de tiosulfato de sodio durante la titulación.

Ecuaciones empleadas.

Para el cálculo del índice de yodo en gramos por 100 g de grasa, se emplea la siguiente ecuación:

**Ecuación 13.** Determinación del índice de yodo.

$$I_I = \frac{12.69 \times c \times (V_1 - V_2)}{m}$$

**Fuente:** NTC 283 “Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice del índice de yodo”.

Donde:

$I_I$  : índice de yodo.

$c$  : concentración de la solución de tiosulfato de sodio (M).

$m$  : masa de la muestra de aceite (g).

$V_1$  : volumen de la solución de tiosulfato de sodio usada en la titulación del blanco (mL).

$V_2$  : volumen de la solución de tiosulfato de sodio usada en la titulación de la muestra (mL).

**Figura 31.** Representación de yodo posterior a un proceso de titulación con tiosulfato de sodio.

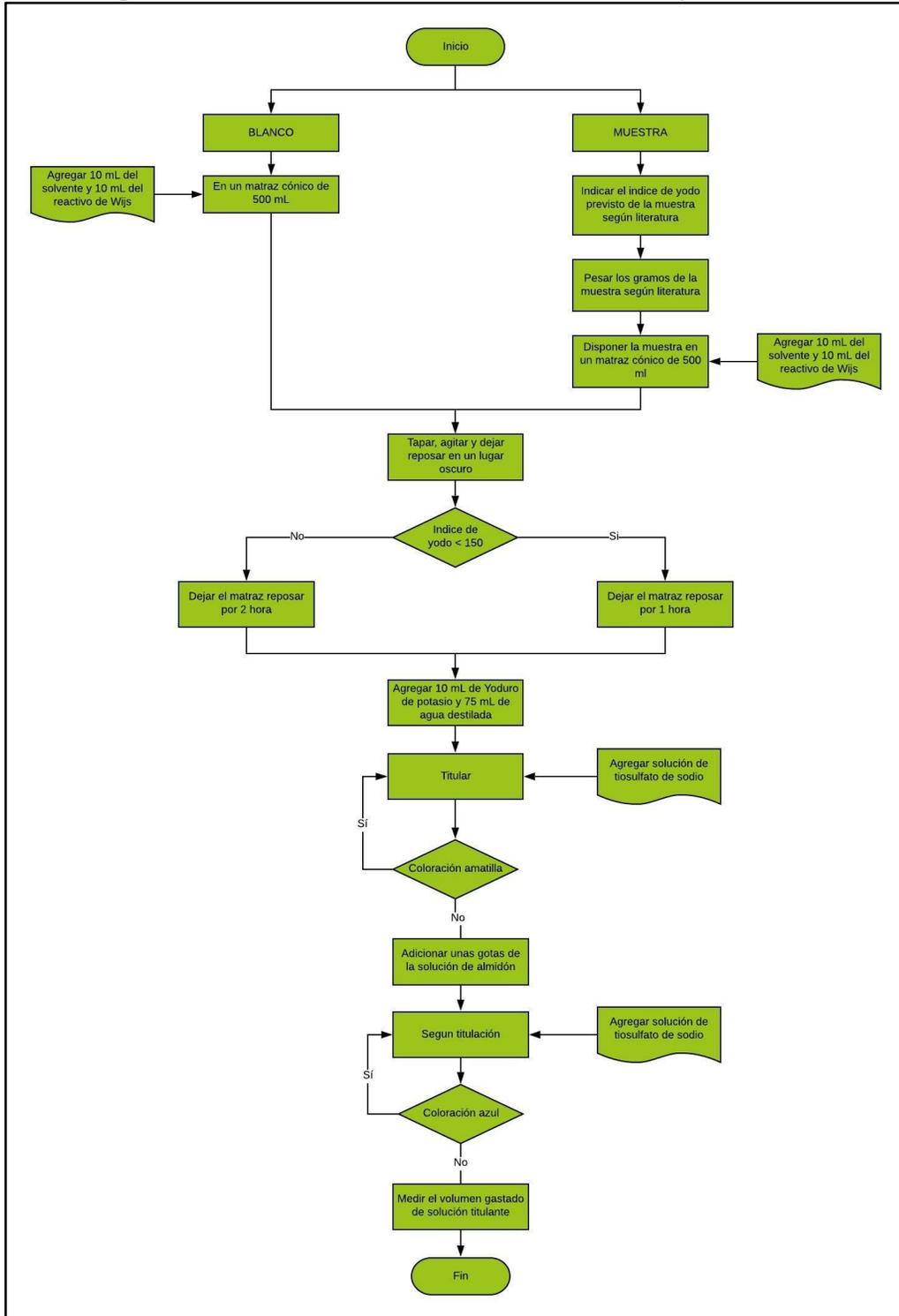


**Fuente:** elaboración propia

2.3.10.2 Resultado. Estos valores fueron comparados en varios artículos que calculan el índice de yodo presente en mezclas de aceites con alto contenido de ácido oleico y palmítico, en donde se puede evidenciar que el índice de yodo presente en la muestra se encuentra en el rango establecido por la NTC 283. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de yodo.

Diagrama del proceso.

**Diagrama 11.** Proceso determinación índice de yodo



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 25.** Resultados y ponderación del índice de yodo

Replica	Índice de yodo
1	57,57
2	44,93
3	46,78
Promedio	49,76

**Fuente:** elaboración propia

A continuación, se evidenciarán las comparaciones y datos presentes en los artículos en mención.

**Tabla 26.** Comparación bibliográfica del índice de yodo en aceites.

Fuente	Autor	Índice de Yodo
Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. <sup>122</sup>	RICHAR ALARCÓN RODRIGUEZ	55-49

**Fuente:** elaboración propia.

<sup>122</sup> ALARCON R. Richard A. Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. Ingeniero mecánico. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomas. [Consultado el 30, septiembre, 2019] Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/717/Obtencion%20de%20biodiesel%20a%20partir%20de%20mezclas%20de%20aceite%20usado%20de%20cocina%20y%20aceite%20de%20palm.pdf?sequence=1>

### 3. INVESTIGACIÓN DE MERCADOS

En este capítulo se describe la importancia en el mercado nacional e internacional sobre los lubricantes industriales representando la gran oportunidad de desarrollo que se presenta en el país. Donde, se realizaron unas encuestas a un determinado panel de expertos para tener en cuenta cuales serían las variables o las características a considerar más importantes en la elaboración de un lubricante, y las mejores industrias a impactar. Siendo estas características fundamentales para el desarrollo experimental se comparó bibliográficamente los diferentes procesos de síntesis para su posterior elaboración.

#### 3.1 MERCADO DE LUBRICANTES BIODEGRADABLES

El mercado de lubricantes biodegradables fue de \$ 1,924 millones en 2015 y se espera que alcance \$ 2,799 millones para 2022, registrando una tasa compuesta anual de 5.3% durante 2016-2022.

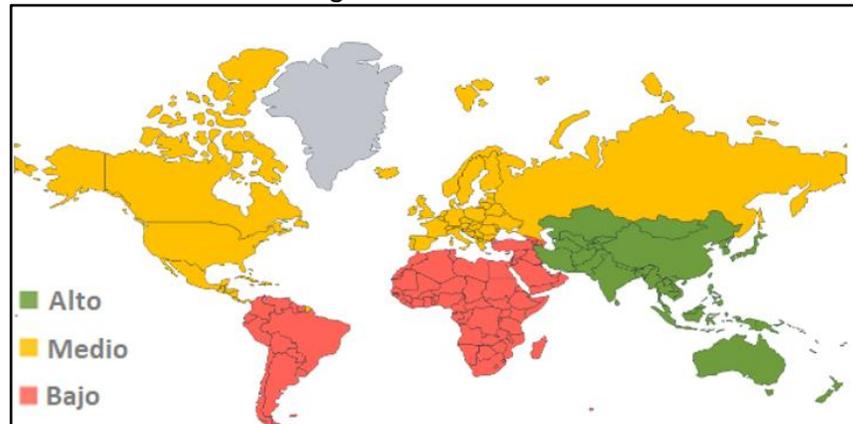
Los lubricantes biodegradables se utilizan en maquinarias pesadas donde la pérdida total de lubricantes en el medio ambiente es mayor. La aplicación principal del lubricante de base biológica incluye motores de dos tiempos, bridas de vías férreas, barras de motosierra y supresores de polvo, entre otros. Además, los lubricantes de base biológica superan a los lubricantes derivados del petróleo, por lo tanto, se requiere una cantidad comparativamente menor en comparación con los lubricantes tradicionales. Los lubricantes de base biológica son renovables y de naturaleza biodegradable y no persisten en el medio ambiente durante un período de tiempo más largo.<sup>123</sup>

**3.1.1 Pronóstico.** En Asia-Pacífico, China es el tercer mayor consumidor de bio lubricantes en la región APAC con un crecimiento económico de alrededor del 7%. China y Estados Unidos, los dos mercados de energía más grandes del mundo, representan casi el 70% del crecimiento de la demanda mundial. En China, la demanda de electricidad aumentó en casi un 8,5%, liderada por el sector industrial, que incluye hierro, acero y otros metales, cemento y construcción, así como una mayor demanda de refrigeración. La demanda de energía de la India aumentó alrededor del 5,4%. Este aumento fue impulsado por una mayor demanda en los edificios, especialmente por aire acondicionado, así como por un mayor acceso a la electricidad. En la Figura 27 se observa el pronóstico en el crecimiento que han tenido los lubricantes alternativos

---

<sup>123</sup> Shukla Shiv. Bio-Based Lubricants Market Size & Share | Growth Analysis: 2022. [0]. [Consultado el 2, octubre,2019]. Disponible en: <https://www.alliedmarketresearch.com/bio-based-lubricants-market>

**Figura 32.** Pronóstico del crecimiento del mercado de bio-lubricantes a nivel global



**Fuente:** Shukla Shiv. Bio-Based Lubricants Market Size & Share | Growth Analysis.

Además, el gobierno japonés también ha planeado construir 45 nuevas centrales eléctricas de carbón en el país, mediante el uso de tecnología de alta energía y bajas emisiones (HELE), que utiliza carbón negro de alta calidad. Con el creciente número de plantas de energía en el país, se espera una demanda acelerada de bio-lubricantes, para su uso en plantas de energía durante el período de pronóstico. Se espera que este aumento en la industria energética impulse el mercado de bio-lubricantes en la región Asia-Pacífico<sup>124</sup>

3.1.2 Impacto nacional. El mercado colombiano de aceites y lubricantes es ampliamente reconocido como un mercado muy significativo y atractivo, solo por detrás de Brasil y México en la región de América Latina. Se estima que el mercado de Colombia consume en la región 41 millones de galones de aceites y lubricantes al año.<sup>125</sup>

La mayor parte de este consumo, un significativo 65%, se encuentra en las 4 ciudades más grandes de Colombia (Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla); Estas ciudades consumen 34,450,000 galones por año. El consumo de primera mano es enorme, pero del total de aceites y lubricantes consumidos en el país, Colombia reutiliza 8.283.200 galones para la fabricación de combustibles industriales. El 79% de los aceites que no se reutilizan se vierten a las aguas residuales, rellenos sanitarios y o vertederos, arrojados a cuerpos de agua, entre otros.

<sup>124</sup> Bio-Lubricants Market | Growth, Trends, and Forecast (2019 - 2024). [1]. [Consultado el 2, octubre,2019]. Disponible en: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bio-lubricants-market>.

<sup>125</sup> Bibliography ACP Asociación Colombiana del Petróleo. TENDENCIAS DE INVERSIÓN E&P EN COLOMBIA 2019 Y PERSPECTIVAS 2020. En: BOLETIN 2 - 2019. p. 1.16

La comercialización de este sector se remonta al procesamiento y refinación de petróleo dentro del país de Colombia. Por ejemplo, el complejo industrial de Barrancabermeja genera aproximadamente el 70% de los productos petroquímicos que circulan en el país, y la refinería masiva en Cartagena trata de reducir la demanda de importación de derivados del petróleo. Colombia invirtió recientemente US \$ 6.5 mil millones en la refinería de Cartagena (llamada Reficar) para mantenerse en una ventaja competitiva en la industria petrolera.<sup>126</sup>

3.1.3 Organismos. Los actores clave de los lubricantes de base biológica se han destacado los distribuidores más grandes en aceites lubricantes como nuevos emergente dedicados únicamente a bases vegetales como Total S. A, Exxon Mobil Corporation, Royal Dutch Shell plc, Chevron Corporation, BP plc, Renewable Lubricants, Inc., Panolin AG, Environmental Lubricants Manufacturing, Inc., BioBlend Renewable Resources, LLC, Houghton International, Inc. Y Petrobras S.A.S. Otros participantes en la cadena de valor incluyen Ineos Bio, GreenHunter, Brasil Ecodiesel, Tianhe Chemicals Group, Evonik Industries Ag, y The Lubrizol Corporation.<sup>127</sup>

## 3.2 ENFOQUE DE EXPERIMENTACIÓN

3.2.1 Criterios de selección. Los criterios más relevantes para elaborar un lubricante son considerados:

- El rendimiento
- Viscosidad
- Estabilidad térmica
- Estabilidad oxidativa
- Biodegradabilidad
- Volatilidad
- Toxicidad
- Inflamabilidad

---

<sup>126</sup> DEMPSEY, Craig. Business Opportunity: The Colombian Oils and Lubricants Market. [1]. [Consultado el 2, octubre,2019]. Disponible en: <https://medium.com/datadriveninvestor/business-opportunity-the-colombian-oils-and-lubricants-market-bdab78b8b5ca>

<sup>127</sup> Shukla Shiv. Bio-Based Lubricants Market Size & Share | Growth Analysis 2022. [0]. [[Consultado el 3, octubre,2019]. Disponible en: <https://www.alliedmarketresearch.com/bio-based-lubricants-market>

3.2.2 Encuesta. Se realizaron dos formatos de encuestas, la primera para ver la relevancia de los criterios anteriormente indicados en la sección 3.2.1 para la fabricación de un lubricante; esta puede encontrarse en la figura 33 y la segunda indica la relevancia de los criterios mencionados anteriormente en las diferentes industrias; esta puede ser encontrada en la tabla 27. En la primera se determinaron los pesos de cada criterio mediante una ponderación de todos los resultados de los encuestados, y en la segunda mediante un valor (+) o (-) siendo (+) que el criterio más importante para la industria en cuestión y (-) poco irrelevante.

3.2.3 Metodología. El enfoque metodológico de evaluación se realizó mediante un panel de investigación de mercados teniendo en cuenta la representatividad de los encuestados, es decir, el perfil de los encuestados como lo son Docentes, Químicos, Ingenieros Químicos e Industriales, Microbiólogos industriales y afines. Y que cuenten principalmente con:

- Especialidad en calidad y diseño de productos
- Especialidad en tribología y lubricación
- Especialidad en oleoquímica o petroquímica.

### 3.3 MATRIZ DE SELECCIÓN

La elaboración de la base lubricante se realizó mediante un proceso de selección. Metodología PUGH es una herramienta que permite evaluar múltiples alternativas en comparación con una estándar. <sup>128</sup>

3.3.1 Resultados. Al realizar una ponderación de resultados de las encuestas realizadas al panel de expertos encontradas en el anexo G se obtuvo el peso de cada criterio y de la misma forma la importancia que tienen estos criterios en las diferentes industrias como se muestra en la Tabla 28.

Respecto a los resultados de la matriz (Tabla 28) se ve indicada que la base lubricante a elaborar debe ser encaminada a la industria minera, a la industria costera y a la industria petrolera. Estas industrias tienen en común ciertos requerimientos y características industriales como lo son:

- Exposición a ambientes contaminantes
- Movimientos oscilatorio constantes
- Temperaturas críticas
- Degradación rápida por el uso continuo de maquinaria

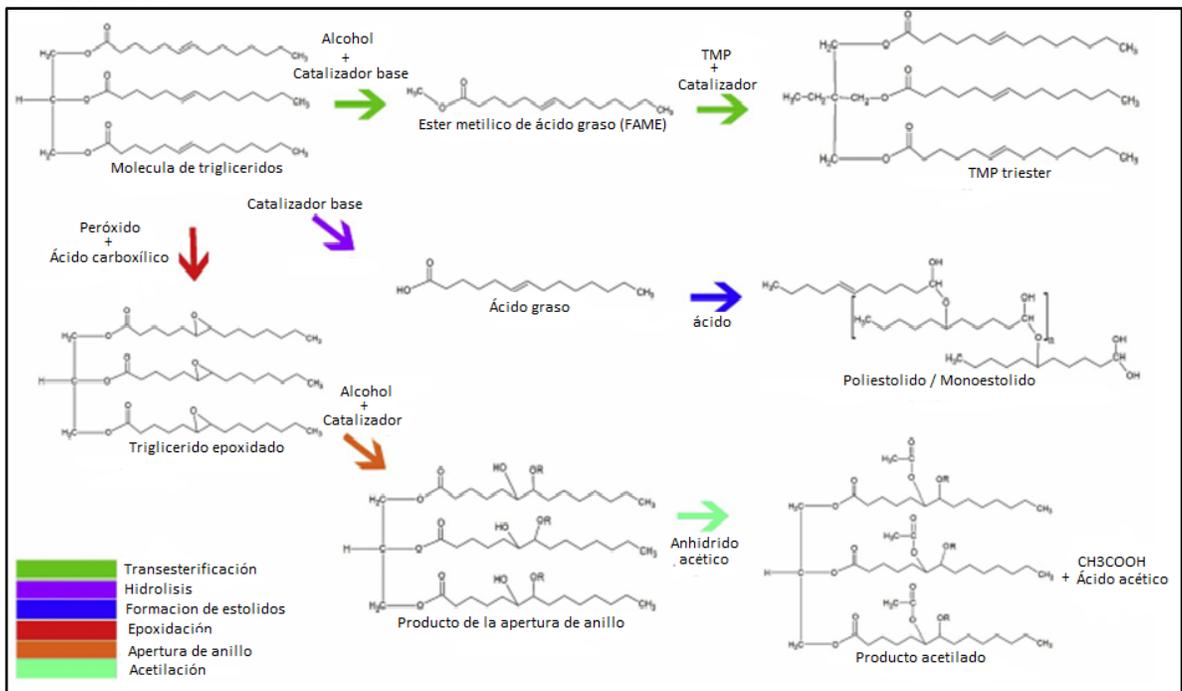
---

<sup>128</sup> FACULTAD DE AGRONOMIA A LAS ESCUELAS AGROPECUARIAS. Matriz de evaluación de soluciones. [Consultado el 7, octubre,2019]. Disponible en: [https://www.agro.uba.ar/unpuente/img/herramientas/matriz\\_evaluacion\\_soluciones.pdf](https://www.agro.uba.ar/unpuente/img/herramientas/matriz_evaluacion_soluciones.pdf)

Al ser estos ambientes más críticos requieren fluidos con alto índice de viscosidad para formar películas lubricantes más resistentes, debido a esto se realizó una comparación de los diferentes tipos de procesos de síntesis para obtener metil ester (Figura 33), con base en estas rutas se realizó la tabla comparando los diferentes procesos de síntesis con su respectiva viscosidad y rendimiento obtenido en la síntesis.

Los procesos que se tuvieron en cuenta fueron: hidrolisis enzimática, esterificación enzimática, doble esterificación y catálisis química, y los datos que relacionan la viscosidad y el rendimiento son netamente teóricos.

**Figura 33.** Diferentes rutas para la obtención de metil ester con sus reacciones intermedias



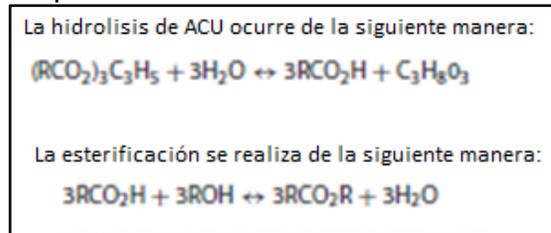
**Fuente:** HAN, Chung-Hung, et al. Tribiological behavior of bilubricany base stocks and additives. 2018. 145-157.

Los mecanismos de reacciones se mostrarán a continuación para ampliar el conocimiento de lo que se realiza en cada proceso de síntesis:

- Hidrolisis enzimática:

En este proceso la hidrólisis que se produce mediante un grupo de enzimas llamadas hidrolasas. Estas enzimas ejercen un efecto catalítico hidrolizante, es decir, producen la ruptura de enlaces por agua.<sup>129</sup> El mecanismo de reacción de este proceso se muestra en la figura 34.

**Figura 34.** Síntesis de esteres metílicos de ACU por hidrolisis enzimática.

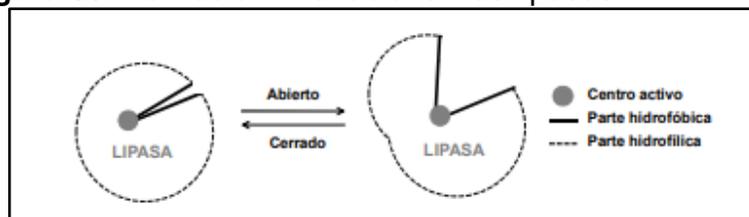


**Fuente:** Avisha 2018 Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification.

- Esterificación enzimática:

La esterificación enzimática es un proceso por el cual se sintetiza un éster por medio de una enzima hidrolasas generalmente lipasas que catalizan la hidrólisis de los enlaces éster presentes en los acilglicerolos.<sup>130</sup>

**Figura 35.** Activación interfacial en las lipasas



**Fuente:** SESTIAGA O. Aurora, BELTRAN M. Cesar y LUGO S. Ramón. Esterificación enzimática de los ácidos grasos poliinsaturados aislados del aceite de Canola.

<sup>129</sup> TECNAS. Hidrolisis enzimática y su aplicación en alimentos. [Consultado el 10, octubre,2019]. Disponible en: <http://www.udla.edu.co/documentos/docs/Programas%20Academicos/Ingenieria%20de%20Alimentos/Eventos/X%20Semana%20Alimentaria/Hidrolisis%20enzimatica%20y%20su%20aplicacion%20en%20alimentos%20-%20Cristian%20Salazar%202012.pdf>

<sup>130</sup> ONOFRE S. Aurora, EFRAIN Ramon. Esterificación enzimática de los ácidos grasos poliinsaturados aislados del aceite de Canola. . [Consultado el 10, octubre,2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/274075067\\_Esterificacion\\_Enzimatica\\_de\\_los\\_Acidos\\_Grasos\\_Poliinsaturados\\_Aislados\\_del\\_Aceite\\_de\\_Canola\\_Enzymatic\\_Esterification\\_of\\_Polyunsaturated\\_Fatty\\_Acids\\_Isolated\\_from\\_Canola\\_Oil](https://www.researchgate.net/publication/274075067_Esterificacion_Enzimatica_de_los_Acidos_Grasos_Poliinsaturados_Aislados_del_Aceite_de_Canola_Enzymatic_Esterification_of_Polyunsaturated_Fatty_Acids_Isolated_from_Canola_Oil)

En la tabla 27, se evidencian las lipasas que se emplean para la obtención de lubricantes, cada uno con su respectivo uso.

**Tabla 27.** Enzimas empleadas en la obtención de lubricantes.

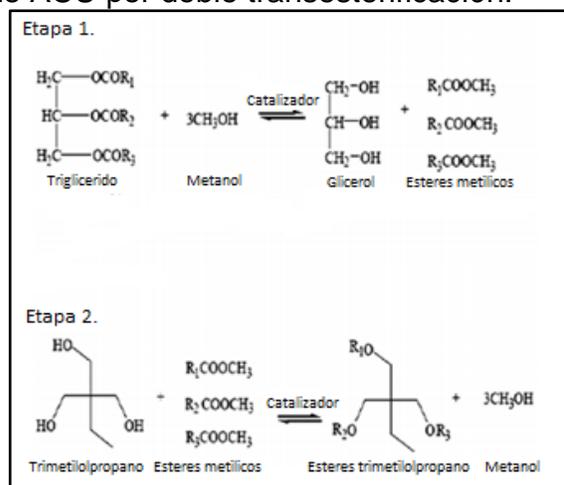
Nombre Comercial	Tipo de Enzima	Productor	Uso
Lecitase Ultra	Pancreatica porcina	Novozyme	Desgomado de aceites
Lipase A"Amano" 12	<i>Aspergillus niger</i>	Amano Enzyme	Selectividad-1,3; hidrólisis de grupos acilo de cadena corta
Lipase AK 20 "Amano"	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Amano Enzyme	"Random"; alta estabilidad térmica
Lipase AYS "Amano"	<i>Candida rugosa</i>	Amano Enzyme	"Random"; hidrólisis de grupos acilo de cadena media

**Fuente:** SESTIAGA O. Aurora, BELTRAN M. Cesar y LUGO S. Ramón. Esterificación enzimática de ácidos grasos poliinsaturados aislados del aceite de Canola.

- Doble esterificación:

La transesterificación es un proceso de intercambio del grupo orgánico R de un alcohol. La doble transesterificación consiste en realizar este proceso de intercambio por duplicado ambas reacciones en presencia de un catalizador básico como KOH. En la figura 27 se evidencia el proceso.

**Figura 36.** Síntesis de esteres trimetilicos de ACU por doble transesterificación.

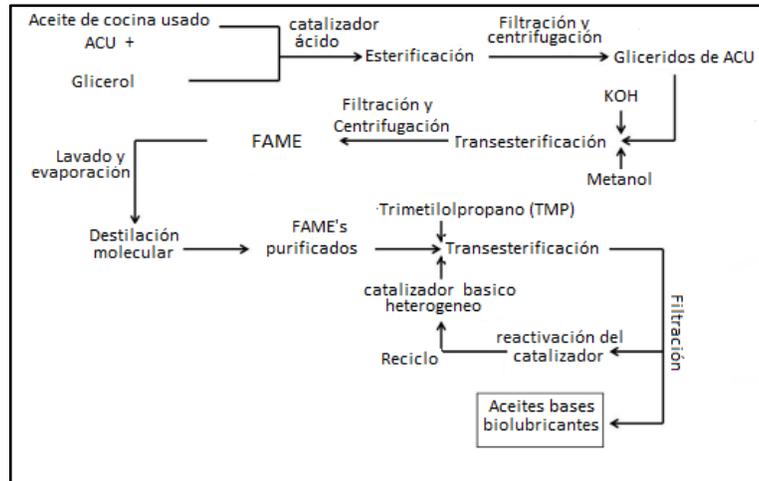


**Fuente:** HEIKAL, Ebtisam K., et al. Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils. 2017. 53-59.

- Catálisis química:

Es un proceso que acelera la reacción química por medio de la presencia de catalizadores ácidos y básicos, en presencia de los mismos reactantes presentes en la transesterificación de los triglicéridos mostrados anteriormente. A continuación, se evidencia el proceso de síntesis.

**Figura 37.** Mecanismo de reacción para la obtención de un biolubricante.



**Fuente:** SUN Guo, LI Ying, CAI Zizhe, TENG Yingai loaded hydrotalcite: A promising heterogeneous solid base catalyst for biolubricant base oil production from waste cooking oils. 2017. 118-127

**Tabla 28.** Comparación de los procesos de síntesis

Proceso de síntesis	Índice de viscosidad	Rendimiento
Hidrolisis Enzimática <sup>131</sup>	189-195	70-98%
Esterificación Enzimática <sup>132</sup>	160-180	65-85%
Doble transesterificación <sup>133</sup>	171-214	75-98%
Catálisis Química <sup>134</sup>	155-192	65-88%

**Fuente:** elaboración propia

<sup>131</sup> AVICHA Chowdhury, DEBARATI Miltra y BISWAS Dipa. Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical.

<sup>132</sup> ONOFRE S. Aurora, EFRAIN Ramon. Esterificación enzimática de los ácidos grasos poliinsaturados aislados del aceite de Canola.

<sup>133</sup> HEIKAL, Ebtisam K., et al. Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils. [1]:2017. 53-59

<sup>134</sup> SUN, Guo, et al. K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-loaded hydrotalcite: A promising heterogeneous solid base catalyst for biolubricant base oil production from waste cooking oils. [1]:2017. 118-127

**Figura 38.** Encuesta para determinar los criterios de selección en un biolubricante.



**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

**TRABAJO DE GRADO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Nombre: \_\_\_\_\_ Día: / /

Profesión: \_\_\_\_\_

Objetivo: establecer los criterios más influyentes para la determinación de un tipo de lubricante de origen vegetal siendo este el producto de interés del proyecto de grado "Evaluación del proceso para la obtención de un biolubricante partiendo de residuos de aceites de cocina"

**ENCUESTA DIRIGIDA A LA COMUNIDAD**

Indique con una x la opción que más se adecue con su criterio.

Recuerde que 5 es el más relevante y 1 el menos apreciable

¿Qué criterios considera usted que son indispensables para la elaboración de un biolubricante?	1	2	3	4	5
Composición					
Rendimiento					
Viscosidad					
Filtrabilidad					
Estabilidad térmica					
Estabilidad oxidativa					
Estabilidad de cizallamiento					
Biodegradabilidad					
Fluidez					
Color					
Volatilidad					
Inflamabilidad					
Miscibilidad en agua					
Cantidad de espumante					
Otros, ¿Cuáles?					

Elaborado por: Karol Dayan Pinzón Duarte y Gabriela Alejandra León Fonseca

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 29.** Encuesta para determinar la relevancia de los criterios en la industria

Criterios	Tipo de lubricante																Otros? Cuáles?								
	Lubricante automotriz		Lubricante Químico		Tratamiento de Metales		Procesamiento de Alimentos		Textiles		Generación de energía		Inyección de petróleo		Minería		Industria costera								
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
Importancia																									
Composición																									
Rendimiento																									
Viscosidad																									
Filtrabilidad																									
Estabilidad térmica																									
Estabilidad oxidativa																									
Estabilidad de cizallamiento																									
Biodegradabilidad																									
Fluidez																									
Color																									
Volatilidad																									
Inflamabilidad																									
Miscibilidad en agua																									
Cantidad de espumante																									
Materia Prima																									
Origen materia prima																									
Otros																									

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 30.** Matriz de elección

Mercados		Lubricante automotriz	Lubricante Químico	Tratamiento de Metales	Procesamiento de Alimentos	Textiles	Generación de energía	Inyección de petróleo	Minería	Industria costera
Criterios	Peso									
Composición	4,3333	-	+	+	-	-	+	-	+	-
Rendimiento	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Viscosidad	4,3333	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Filtrabilidad	4,3333	-	+	+	-	+	+	-	-	-
Estabilidad térmica	5	+	-	-	-	-	-	+	+	+
Estabilidad oxidativa	5	+	-	-	-	-	-	+	+	+
Estabilidad de cizallamiento	4,3333	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Biodegradabilidad	4,3333	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fluidez	4,3333	+	-	-	-	-	-	+	+	+
Color	2,6667	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Volatilidad	4,6667	+	+	+	-	+	+	+	-	-
Inflamabilidad	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Miscibilidad en agua	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cantidad de espumante	3	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Materia Prima	4	-	-	-	+	-	-	-	+	+
Origen materia prima	4	-	-	-	+	-	-	-	-	+
Total Positivos	+	39,6666	33,9999	33,9999	28,3333	29,6666	33,9999	39,6666	43,3332	42,9999
Total Negativos	-	-27,6666	-33,3333	-33,3333	-38,9999	-37,6666	-33,3333	-27,6666	-24	-24,3333
Suma Totales		12	0,6666	0,6666	-10,6666	-8	0,6666	12	19,3332	18,6666

Fuente: elaboración propia

## 4. SÍNTESIS DE PROCESOS

En este capítulo se realizó la comparación de dos síntesis de procesos para la obtención de la base lubricante a una escala laboratorio mediante los protocolos correspondientes para observar su comportamiento a la temperatura, tiempo y relación molar TMP: FAME establecida bibliográficamente.

### 4.1 PROCESOS DE SINTESIS

Como se observó en la sección 3.3.1 mediante la Tabla 15, los procesos que indicaron un buen rendimiento además de un buen índice de viscosidad corresponden al proceso de doble transesterificación y el proceso de hidrolisis enzimática.

4.1.1 Doble etapa de transesterificación. Los aceites vegetales son un recurso renovable, que están llegando a ser lubricantes para aplicaciones industriales y de transporte. La eliminación de residuos también es menos preocupante para los productos a base de aceite vegetal debido a su naturaleza respetuosa con el medio ambiente y no tóxica. Los ésteres oleoquímicos son una clase de productos que mejoran la inestabilidad térmica y de flujo en frío de los aceites vegetales limpios y cumplen los requisitos básicos como reservas de bases lubricantes.<sup>135</sup> Entre los ésteres utilizados para la producción de biolubricantes se encuentran los ésteres de polioliol como el trimetilolpropano (TMP), el pentaeritritol (PE) y el neopentilpoliol (NPG). Estos ésteres de base biológica (Figura 33) ofrecen una buena fluidez a baja temperatura y, aunque no pueden usarse a temperaturas extremadamente altas, pueden ser adecuados en aplicaciones menos extremas.

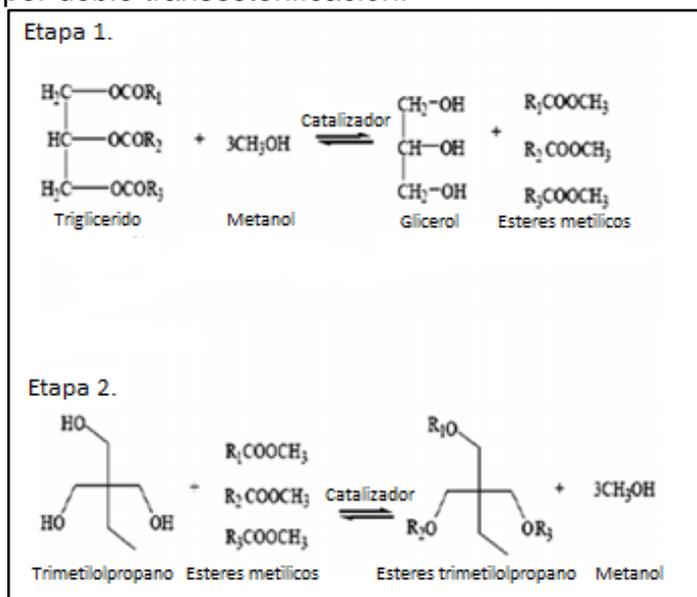
Este procedimiento se realizó como una réplica experimental según el artículo "*Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils*"<sup>136</sup> seguido por el mecanismo de reacción mostrado en la figura 33; en dicho artículo en mención se empleó el aceite de palma como materia prima para la obtención de un biolubricante por medio del proceso de síntesis de doble etapa de transesterificación, en su primera etapa emplearon metanol e hidróxido de potasio (KOH) para producir biodiesel y en la segunda etapa emplearon trimetilolpropano (TMP) usando KOH como catalizador para producir ésteres de trimetilolpropano. Estos ésteres tuvieron un rendimiento del 81%, obtenido después de 3 horas de reacción a 150°C, relación molar 4:1 TMP: FAME y 1% de catalizador (KOH).

---

<sup>135</sup> SRIVASTAVA Anjana y SAHAI Preeti. Vegetable oils as lube basestocks. 2013. 880 – 891.

<sup>136</sup> HEIKAL, Ebtisam K., et al. Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils. 2017. 53-59

**Figura 39.** Síntesis de esteres trimetilicos de ACU por doble transesterificación.



**Fuente:** HEIKAL, Ebtisam K., et al. Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils. 2017. 53-59.

Los protocolos de este proceso de síntesis se dividieron en dos, cada uno hace referencia a cada etapa de transesterificación (obtención de biodiesel y obtención de esteres de trimetilolpropano) basados en el artículo en mención.

4.1.1.1 Protocolo de obtención de biodiesel. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- Metanol.
- KOH.
- Agua destilada.

Materiales.

- Matraz cónico de 1000 mL, de fondo plano con cuello esmerilado y tres bocas.
- Condensador de reflujo con junta esmerilada.
- Probeta de 100 mL.
- Beaker de 500 mL.
- Erlenmeyer de 250 mL.
- Soporte universal.
- Embudo de decantación.
- Pinza.

- Nuez.
- Bomba.
- Vidrio de reloj.
- Espátula.
- Tapones.
- Manguera.
- Termómetro.

#### Equipos.

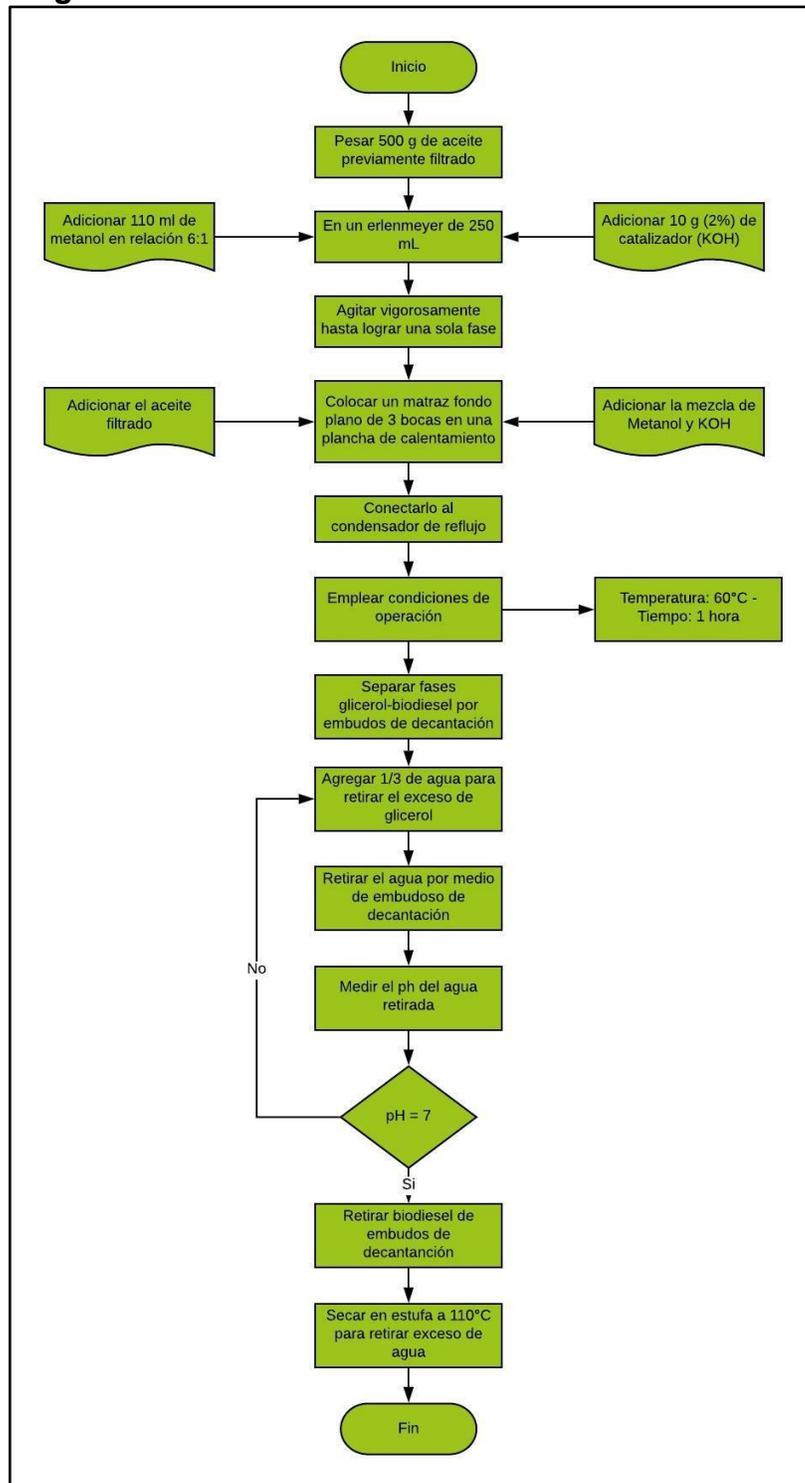
- Balanza analítica.
- Balanza gramera.
- Agitador magnético.
- Plancha de calentamiento.

#### Descripción del proceso.

1. Pesar 500 g de la muestra de aceite previamente filtrado.
2. En un beaker de 250 mL, adicionar 110 g de metanol relación 6:1 con respecto al aceite.
3. Adicionar 10 g de catalizador relación 2% con respecto al aceite.
4. Agitar vigorosamente hasta lograr una sola fase.
5. Colocar el matraz de fondo plano de 1000 mL, con cuello esmerilado y tres bocas sobre la plancha de calentamiento.
6. Adicionar los 500 g de aceite al matraz
7. Adicionar la mezcla de metanol y KOH al matraz
8. Conectar el condensador de reflujo a la bomba por medio mangueras.
9. Mantener el matraz a una 60°C durante 1 hora.
10. Retirar el matraz de la plancha de calentamiento.
11. Adicionar la mezcla de biodiesel-glicerol a un embudo de decantación.
12. Esperar 24 para que la mezcla se separe.
13. Retirar el glicerol del biodiesel por medio de la válvula de escape del embudo de decantación.
14. Lavar el glicerol con 1/3 de agua destilada para eliminar el exceso de glicerol.
15. Repetir los lavados con agua destilada hasta que el pH de esta muestra neutralidad.
16. Vertir el contenido de los embudos en un beaker de 500 mL.
17. Llevar el beaker a la plancha de calentamiento a una temperatura de 110°C por 30 minutos.

## Diagrama del proceso

**Diagrama 12.** Proceso obtención de biodiesel.



**Fuente:** elaboración propia.

4.1.1.2 Protocolo de obtención de esteres de trimetilolpropano por doble transesterificación. A continuación, se evidenciará el protocolo.

Reactivos.

- Biodiesel.
- TMP.
- KOH.
- Acetato de etilo.

Materiales.

- Matraz cónico de 1000 mL, de fondo plano con cuello esmerilado y tres bocas.
- Condensador de reflujo con junta esmerilada.
- Probeta de 100 mL.
- Beaker de 500 mL.
- Erlenmeyer de 250 mL.
- Soporte universal.
- Embudo de decantación.
- Pinza.
- Nuez.
- Bomba.
- Vidrio de reloj.
- Espátula.
- Tapones.
- Manguera.
- Termómetro.

Equipos.

- Balanza analítica.
- Balanza gramera.
- Agitador magnético.
- Plancha de calentamiento.
- RotaEvaporador.

Descripción del proceso.

1. Pesar 250g de biodiesel en la balanza gramera.
2. Pesar 28.704 g de TMP en la balanza analítica.
3. Pesar 2.5g de KOH en la balanza analítica.
4. A un beaker de 250 mL, adicionar 75 g de la muestra de biodiesel pesada anteriormente.
5. Agregar la porción de TMP y KOH al beaker con la muestra de biodiesel.
6. Calentar hasta 70°C.
7. Agitar vigorosamente hasta que los reactivos se mezclen por completo.

8. Colocar el matraz de fondo plano de 1000 mL, con cuello esmerilado y tres bocas sobre la plancha de calentamiento.
9. Adicionar el restante de biodiesel (175 g) al matraz.
10. Adicionar la mezcla de TMP, KOH y biodiesel al matraz
11. Conectar el condensador de reflujo a la bomba por medio de mangueras.
12. Mantener el matraz a 150°C durante 3 horas.
13. Retirar el matraz de la plancha de calentamiento.
14. Llevar a temperatura ambiente.
15. Adicionar la mezcla de lubricante-metanol a un embudo de decantación.
16. Lavar el glicerol con 1/3 de acetato de etilo para eliminar el exceso de glicerol.
17. Filtrar por gravedad por medio de papel de filtro cualitativo con un tamaño de poro de 8  $\mu\text{m}$ .
18. Vaciar el contenido de los embudos en el rotaevaporador, el cual se encargará de separar el metanol y acetato de etilo del lubricante.
19. Vertir el lubricante en un beaker de 500 mL.
20. Llevar el beaker a la plancha de calentamiento a una temperatura de 80°C por 30 minutos, para asegurar que no queden trazas de acetato de etilo.
21. Llevar a temperatura ambiente.
22. Envasar y almacenar.

4.1.1.3 Resultados. En la figura 34 se puede evidencia una serie de imágenes que recopilan el proceso explicado en el diagrama 15 pero a nivel experimental. Luego de la última etapa que es el almacenamiento y envase del lubricante se realizaron una serie de pruebas de caracterización como viscosidad, pour point, y composición de esteres metílicos presentes en el lubricante.

**Figura 40.** Evidencia fotográfica del proceso de síntesis por doble transesterificación



**Fuente:** elaboración propia

Dichas pruebas se realizaron en los laboratorios de Petrobras que es una empresa dedicada a la elaboración de lubricantes entre otros productos. La determinación de la viscosidad se llevó a cabo por medio de un viscosímetro Herzog HVM 472 basado

en la norma ASTM D 445-18. A temperaturas de 40°C y 100°C, las especificaciones de este equipo se encuentran en el anexo I, dichas pruebas arrojaron un valor de 32.1 cSt para 40°C y 7.53 cSt para 100°C, comparándolo con los resultados obtenidos (7.4 cSt a 100°C) en el artículo de referencia<sup>137</sup> los esteres metílicos obtenidos a dichas condiciones de operación se encuentran en un rango de viscosidad favorable para un lubricante pues como se describía anteriormente la viscosidad es una de las propiedades más importante para un lubricante. También se realizaron pruebas de pour point por medio de un medidor automático y un recipiente de prueba basándose en la norma ASTM D 5950, las especificaciones de este equipo se encuentran en el anexo J, dicha prueba arrojó un valor de 1°C, comparándolo con los resultados obtenidos (3°C) del artículo en mención, se evidencia que el lubricante elaborado presenta menos resistencia a fluir.

Adicionalmente, se determinó la cantidad de esteres metílicos y ácidos grasos presentes en la muestra, empleando la norma técnica colombiana. NTC 6261 Determinación de ácidos grasos en aceites y grasas mediante cromatografía gas – masas.<sup>138</sup> Este procedimiento se realizó en la Pontificia Universidad Javeriana mediante el cromatógrafo de gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, la columna utilizada fue una SH-RXI-5SIL MS de 30 m de largo por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida, manteniendo un rango de temperatura de 320-350°C. Las especificaciones del cromatógrafo se encuentran en la tabla 40.

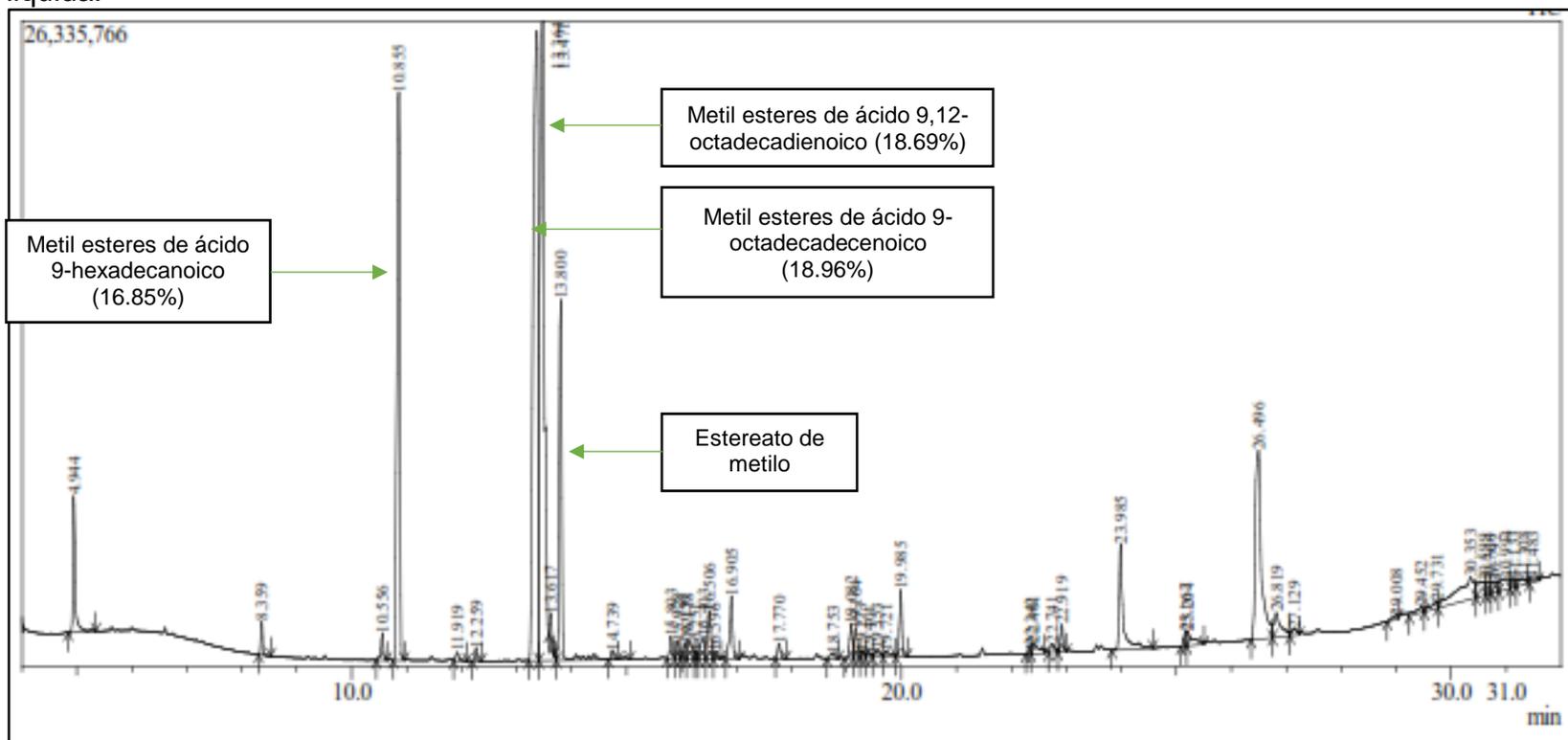
El resultado obtenido se muestra en la Figura 35 donde se evidencia que el aceite estudiado presenta un 16.85% de Metil esteres de ácido 9-hexadecanoico, 18.69% Metil esteres de ácido 9,12-octadecadienoico, 18.96% de Metil esteres de ácido 9-octadecadecenoico y 10.71% de Estereato de metilo, evidenciando la presencia de varios tres metil esteres en cantidad superiores al 15% en la muestra. El resultado del espectro de masas se puede encontrar en el anexo D en donde se compara con la biblioteca y se determinan todos los compuestos presentes en la muestra.

---

<sup>137</sup> HEIKAL, Ebtisam K., et al. Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils.

<sup>138</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Determinación de ácidos grasos en aceites y grasas mediante cromatografía gas – masas. Bogotá: ICONTEC, 2018. NTC 6261

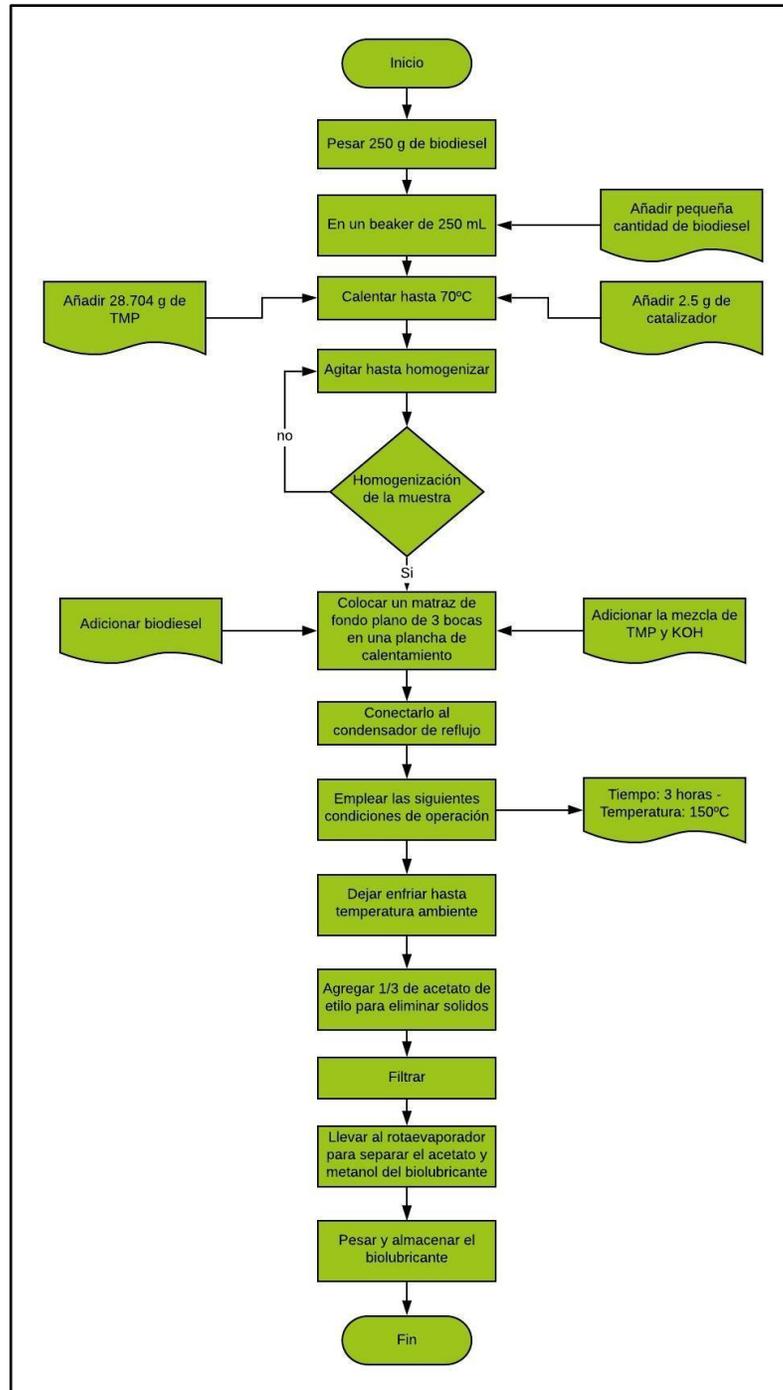
**Figura 41.** Análisis por cromatografía de gases masas de los esteres metílicos y ácidos grasos del lubricante por doble transesterificación, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



Fuente: elaboración propia.

## Diagrama del proceso

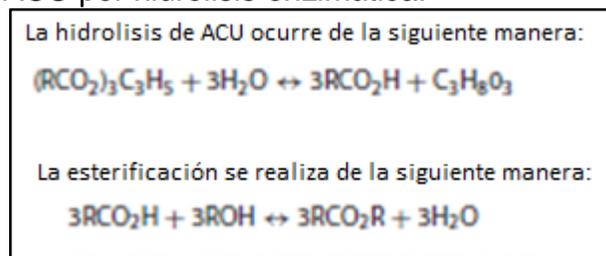
**Diagrama 13.** Proceso obtención del lubricante por transesterificación.



Fuente: elaboración propia.

4.1.2 Hidrolisis enzimática. Este procedimiento se realizó como una réplica experimental según el artículo “*Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification*”<sup>139</sup> seguido por el mecanismo de reacción mostrado en la figura 36; en dicho artículo en mención se empleó una mezcla de aceites como materia prima para la obtención de un biolubricante por medio del proceso de síntesis de hidrolisis enzimática, la primera parte del proceso se enfocó en aislar los triglicéridos del aceite por medio de la lipasa *Aspergillus Niger* en donde fue necesario realizar un proceso de incubación, decantación, centrifugación, filtración y destilación, la segunda parte se centró en obtener los esteres metílicos por medio de un proceso de transesterificación como se realizó anteriormente. Estos esteres tuvieron un rendimiento del 80%, obtenido después de 3 horas de reacción a 150°C, relación molar 4:1 TMP: FAME y 1% de catalizador (KOH).

**Figura 42.** Síntesis de esteres metílicos de ACU por hidrolisis enzimática.



**Fuente:** Avisha 2018 Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification.

El protocolo de este proceso de síntesis se muestra a continuación basado en el artículo en mención.

4.1.2.1 Protocolo de obtención de esteres de trimetilolpropano por hidrolisis enzimática. A continuación, se evidencia el protocolo.

Reactivos.

- Biodiesel.
- TMP.
- KOH.
- Acetato de etilo.
- Hexano.
- Enzima: lipasa *Aspergillus niger*.

<sup>139</sup> Avisha. Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification. 2018

#### Materiales.

- 4 erlenmeyer de 2000 mL, 250 mL
- Matraz cónico de 1000 mL, de fondo plano con cuello esmerilado y tres bocas.
- Condensador de reflujo con junta esmerilada.
- Beaker de 500 mL.
- Soporte universal.
- Embudo de decantación.
- Pinza.
- Nuez.
- Bomba.
- Vidrio de reloj.
- Espátula.
- Tapones.
- Manguera.
- Termómetro.
- 6 tubos falcón de 50 mL.

#### Descripción del proceso.

1. Pesar 250g de aceite previamente filtrado en la balanza gramera.
2. Adicionar 1000 mL de agua desionizada a un erlenmeyer de 2000 mL.
3. Adicionar la muestra de aceite al erlenmeyer de 2000 mL.
4. Adicionar 1 g de lipasa *Aspergillus Niger* al erlenmeyer de 2000 mL.
5. Taparlo muy bien con algodón y papel.
6. Llevarlo al skaher incubador a 130°C, 33 horas y 180 rpm.
7. Retirarlo del shaker y llevarlo a un embudo de decantación.
8. Agregar 1/3 de metanol a la mezcla.
9. Separar el agua de los ácidos grasos por medio de decantación.
10. Para una correcta separación de ambos líquidos inmiscibles se agrega la muestra a los tubos falcón.
11. Llevarlos a la centrifuga a 30°C, 15 minutos y 4000 rpm.
12. Terminar de separar los ácidos grasos del agua.
13. Agregar 10 g de sulfato de sodio anhidro para terminar de secar los ácidos grasos.
14. Filtrar por gravedad por medio de papel de filtro cualitativo con un tamaño de poro de 8 µm.
15. Llevar la mezcla al rotaevaporador para destilar el hexano.
16. Repetir el proceso anterior 4 veces.
17. Pesar 250 g de ácidos grasos en la balanza gramera.
18. Pesar 28.704 g de TMP en la balanza analítica.
19. Pesar 2.5g de KOH en la balanza analítica.
20. A un beaker de 250 mL, adicionar 75 g de la muestra de ácidos grasos pesada anteriormente.

21. Agregar la porción de TMP y KOH al beaker con la muestra de ácidos grasos.
22. Calentar hasta 70°C.
23. Agitar vigorosamente hasta que los reactivos se mezclen por completo.
24. Colocar el matraz de fondo plano de 1000 mL, con cuello esmerilado y tres bocas sobre la plancha de calentamiento.
25. Adicionar el restante de ácidos grasos (175 g) al matraz.
26. Adicionar la mezcla de TMP, KOH y ácidos grasos al matraz.
27. Conectar el condensador de reflujo a la bomba por medio mangueras.
28. Mantener el matraz a 150°C durante 3 horas.
29. Retirar el matraz de la plancha de calentamiento.
30. Llevar a temperatura ambiente.
31. Adicionar la mezcla de lubricante-metanol a un embudo de decantación.
32. Lavar la mezcla con 1/3 de acetato de etilo para eliminar el catalizador.
33. Filtrar por gravedad por medio de papel de filtro cualitativo con un tamaño de poro de 8 µm.
34. Vaciar el contenido de los embudos en el rotaevaporador, el cual se encargará de separar el metanol y acetato de etilo del lubricante.
35. Vertir el lubricante en un beaker de 500 mL.
36. Llevar el beaker a la plancha de calentamiento a una temperatura de 80°C por 30 minutos, para asegurar que no queden trazas de acetato de etilo.
37. Llevar a temperatura ambiente.
38. Envasar y almacenar.

4.1.2.2 Resultados. En la figura 37 se puede evidencia una serie de imágenes que recopilan el proceso explicado en el diagrama 16 pero a nivel experimental. Luego de la última etapa que es el almacenamiento y envase del lubricante se realizaron una serie de pruebas de caracterización como viscosidad, pour point, y composición de esteres metílicos presentes en el lubricante.

Dichas pruebas se realizaron en los laboratorios de Petrobras que es una empresa dedicada a la elaboración de lubricantes, entre otros productos. La determinación de la viscosidad se llevó a cabo por medio de un viscosímetro Herzog HVM 472 basado en la norma ASTM D 445-18. A temperaturas de 40°C y 100°C, las especificaciones de este equipo se encuentran en el anexo I, dichas pruebas arrojaron un valor de 40.3 cSt para 40°C y 8.25 cSt para 100°C, comparándolo con los resultados obtenidos (7.9 cSt a 100°C) en el artículo de referencia<sup>140</sup> los esteres metílicos obtenidos a dichas condiciones de operación se encuentran en un rango de viscosidad alto para un lubricante pues los rangos encontrados en los artículos anteriormente mencionados no sobrepasaban los 8 cSt. También se realizaron pruebas de pour point por medio de un medidor automático y un recipiente de

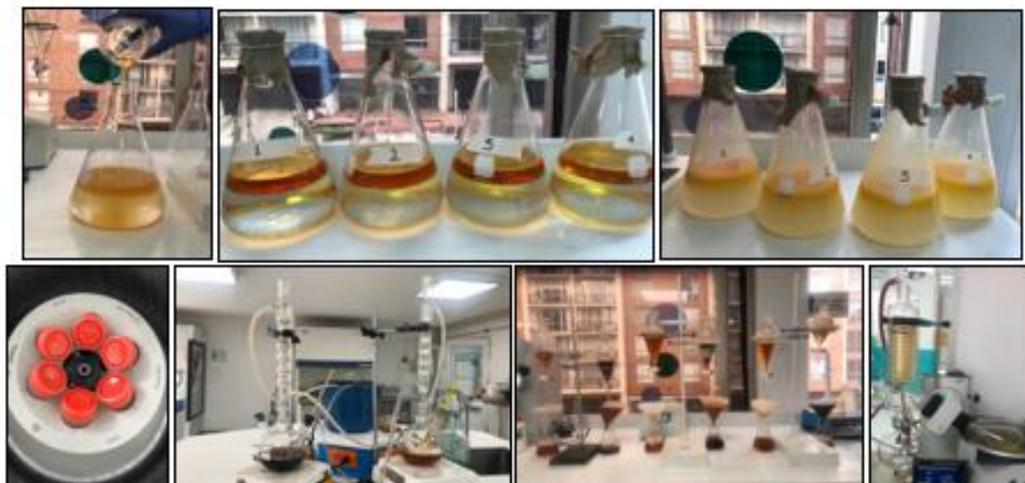
---

<sup>140</sup> Avisha. Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification. 2018

prueba basándose en la norma ASTM D 5950, las especificaciones de este equipo se encuentran en el anexo J, dicha prueba arrojó un valor de 3°C, comparándolo con los resultados obtenidos (3°C) del artículo en mención, se evidencia que el lubricante elaborado presenta mucha más resistencia a fluir siendo una excelente propiedad. Adicionalmente, se determinó la cantidad de esteres metílicos y ácidos grasos presentes en la muestra, empleando la norma técnica colombiana. NTC 6261 Determinación de ácidos grasos en aceites y grasas mediante cromatografía gas – masas.<sup>141</sup> Este procedimiento se realizó en la Pontifica Universidad Javeriana mediante el cromatógrafo de gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, la columna utilizada fue una SH-RXI-5SIL MS de 30 m de largo por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida, manteniendo un rango de temperatura de 320-350°C. Las especificaciones del cromatógrafo se encuentran en la tabla 40.

El resultado obtenido se muestra en la Figura 38 donde se evidencia que el aceite estudiado presenta un 10.17% de derivados de ácido oleico, 11.66% metil esteres de ácido 9-octadecadienoico, 17.39% de metil esteres de ácido 9-octadecenoico y 11.17% de metil esteres de ácido hexadecanoico, evidenciando la presencia de varios tres metil esteres en cantidad superiores al 10% en la muestra. El resultado del espectro de masas se puede encontrar en el anexo E en donde se compara con la biblioteca y se determinan todos los compuestos presentes en la muestra.

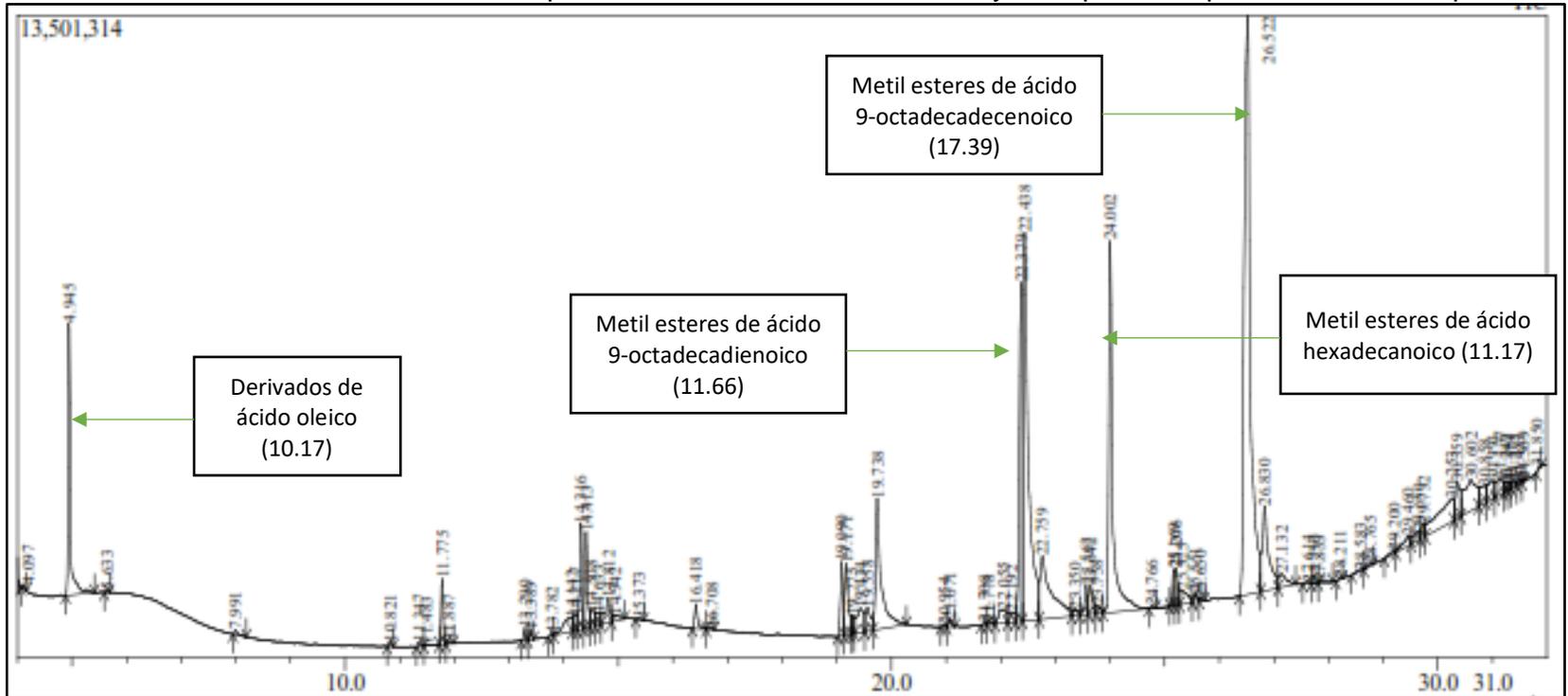
**Figura 43.** Evidencia fotográfica del proceso de síntesis por hidrólisis enzimática.



**Fuente:** elaboración propia.

<sup>141</sup>INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Determinación de ácidos grasos en aceites y grasas mediante cromatografía gas – masas. Bogotá: ICONTEC, 20118. NTC 6261

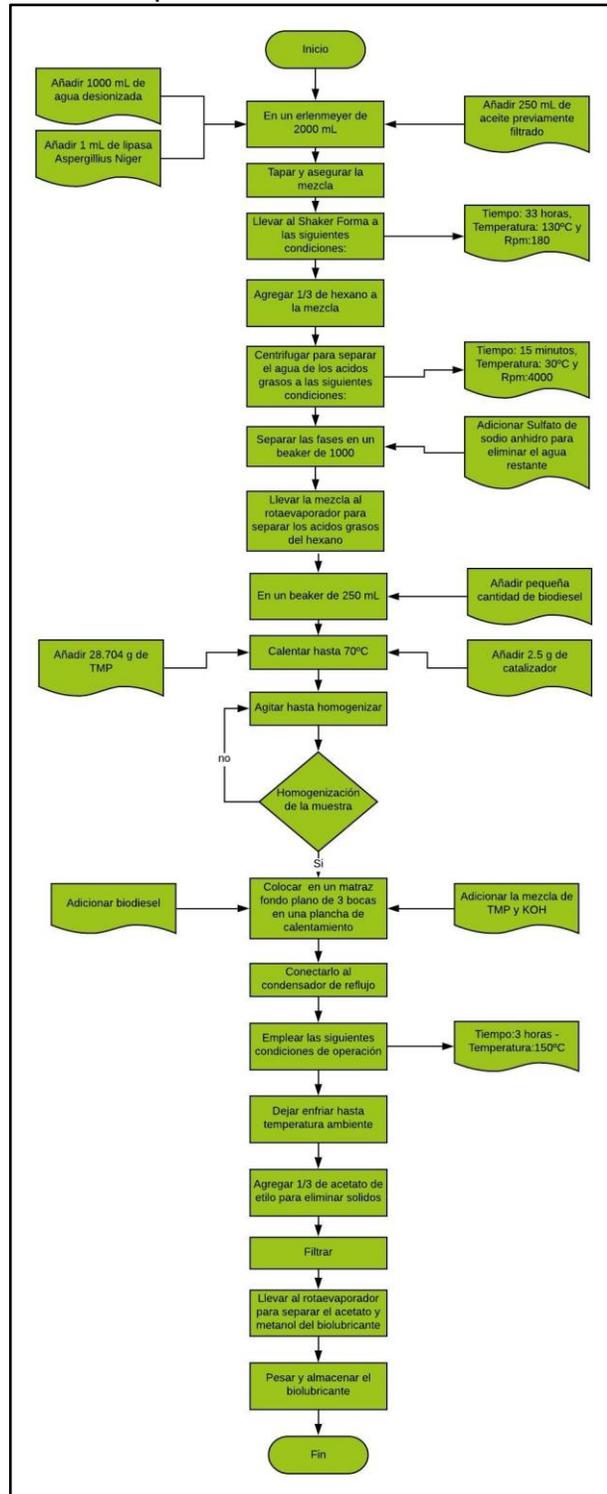
**Figura 44.** Análisis por cromatografía de gases masas de los esteres metílicos y ácidos grasos del lubricante por hidrolisis enzimática, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



Fuente: elaboración propia.

Diagrama del proceso

**Diagrama 14.** Proceso obtención del lubricante por medio de enzimas.



Fuente: elaboración propia.

## 4.2 ANÁLISIS DE LOS DOS PROCESOS DE SÍNTESIS.

Después de la segunda etapa de transesterificación en los dos procedimientos se obtiene la base lubricante como se muestra en la Figura 39 a la derecha se tiene la base lubricante elaborada mediante hidrolisis enzimática y a la izquierda la base lubricante elaborada mediante doble transesterificación, cabe resaltar que como se indicó anteriormente se emplearon las mismas condiciones de operación para cada proceso de obtención, llámese hidrolisis enzimática o doble transesterificación.

**Figura 45.** Bases biolubricantes, tras 24 horas de su obtención, a la derecha se evidencia la muestra obtenida por esterificación enzimática a la izquierda la muestra obtenida por doble esterificación.



**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 45 se observa que el proceso mediante transesterificación (izquierda) permanece líquido, estable estructuralmente y sin turbiedad. En cambio, el proceso mediante hidrolisis enzimática (derecha) muestra un comportamiento totalmente contrario, la turbiedad del proceso enzimático se debe a que se realizó separación de ácidos grasos libres. Inicialmente, la muestra de aceite contenía una cantidad equivalente del 76% de ácido oleico, el cual tiene un punto de fusión de 16°C, dado caso, en Bogotá se presentan cambios de temperatura desde 4°C hasta 23°C<sup>142</sup>. Como los cambios en su viscosidad y consistencias debido al aumento o disminución de la temperatura son muy drásticos, se tomó este argumento como fundamento principal para determinar que el mejor proceso de síntesis del lubricante fue el proceso de doble transesterificación.

<sup>142</sup> CLIMATE DATA.ORG. Clima Bogotá. [Consultado el 28, octubre, 2019]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/americadel-sur/colombia/bogota/bogota-5115/>

## 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Con base en la preselección del método de obtención más estable para obtener el biolubricante, se eligió el método de doble transesterificación para desarrollar el diseño experimental, se empleó un diseño central compuesto CCD que posee puntos centrales ampliados por un grupo de puntos axiales que permiten estimar la curvatura en cada diseño; este tipo de arreglo minimiza la variación en los coeficientes de regresión<sup>143</sup>. Apoyado con una metodología de superficie respuesta para modelar y analizar como una variable de interés está influenciada por otras.<sup>144</sup>

### 5.1 SELECCIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

El criterio para la selección de los niveles empleados en el diseño experimental se realizó con base en el artículo “Optimization of the operating parameters for the extractive synthesis of biolubricant from sesame seed oil via reponse Surface methodology”<sup>145</sup> en el cual se evalúa la reacción de doble transesterificación de esteres metílicos de ácidos grasos con trimetilolpropano TMP para sintetizar esteres de trimetilolpropano, allí se empleó la metodología de superficie respuesta utilizando un diseño central compuesto como diseño experimental, en el artículo en mención se evaluaron tres variables independientes o manipuladas (temperatura, tiempo y relación molar (TMP : FAMES). En la tabla 31 se evidencian las corridas arrojadas expresadas por el software MATLAB según la metodología de superficie respuesta del diseño central compuesto.

### 5.2 SELECCIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

El criterio para la selección de las variables dependientes del diseño de experimentos se realizó con base en el artículo en mención “Optimization of the operating parameters for the extractive synthesis of biolubricant from sesame seed oil via reponse Surface methodology” en el cual se empleó como único factor la variable del rendimiento. Según Ebtisam Heikal autor del artículo “Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils”<sup>146</sup> la viscosidad es la

---

<sup>143</sup> SOPORTE MINITAB. ¿Qué son los diseños de superficie de respuesta, los diseños centrales compuestos y los diseños de Box-Behnken? [Consultado el 30, octubre, 2019]. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/response-surface-designs/response-surface-central-composite-and-box-behnken-designs/>

<sup>144</sup> YEPES P. Víctor. Metodología de superficie respuesta. Universitat Politècnica de Valencia. [Consultado el 6, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/04/19/que-es-la-metodologia-de-las-superficies-de-respuesta/>

<sup>145</sup> OCHOLI. Ocheje, MENTIKI Matthew, AUTA, Manase. Optimization of the operating parameters for the extractive synthesis of biolubricant from sesame seed oil via reponse Surface methodology. 2018. 1-11.

<sup>146</sup> EBTISAM. K. Heikal, SALAH A. Khalil. Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils. 2017. 53-59.

propiedad fisicoquímica más influyente a la hora de elaborar un lubricante, siendo este argumento necesario para ampliar la cantidad de variables dependientes a tres (rendimiento, viscosidad a 40°C y viscosidad a 100°C). El rendimiento está definido como la relación entre metilesteres presentes en los FAMES y metilesteres presentes en el aceite<sup>147</sup>, como se mencionó en la sección 4 la cual explica la síntesis del proceso no se realizaron pruebas de cromatografía para determinar la cantidad de metil esterres presentes en los FAMES, debido a esto se tomó el rendimiento como la relación entre la masa de los FAMES y la masa de aceite empleado a lo que se conoce como conversión<sup>148</sup>. Según la norma ASTM D2270. Standard practice for calculating viscosity index from kinematic viscosity al 40°C and 100°C. La viscosidad para los aceites se debe calcular a dos temperaturas 40°C y 100°C, siendo esta la razón de tomar dos variables dependientes de viscosidad pero que al variar la temperatura estas también varían significativas pues son inversamente proporcionales.

**Tabla 31.** Diseño de experimentos para la obtención de biolubricante.

Run	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Relación Molar
1	-1	-1	-1
2	-1	-1	1
3	-1	1	-1
4	-1	1	1
5	1	-1	-1
6	1	-1	1
7	1	1	-1
8	1	1	1
9	-1.68	0	0
10	1.68	0	0
11	0	-1.68	0
12	0	1.68	0
13	0	0	-1.68
14	0	0	1.68
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0

**Fuente:** elaboración propia

<sup>147</sup> LOPEZ Luisa, BOCANEGRA Jenny y MALAGON R. Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. 2015. 8-14

<sup>148</sup> FISICOQUIMICA. Factores de conversión (factor unidad). [Consultado el 17, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.quimicafisica.com/factores-de-conversion.html>

En la tabla 32. Se evidencian las combinaciones del diseño de experimentos y las condiciones a las cuales se deberán aplicar el proceso de doble transesterificación para obtener el biolubricante.

**Tabla 32.** Combinaciones del diseño de experimentos

Run	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Relación Molar
1	130	160	4
2	130	160	6
3	130	200	4
4	130	200	6
5	150	160	4
6	150	160	6
7	150	200	4
8	150	200	6
9	123.2	180	5
10	156.8	180	5
11	140	146.4	5
12	140	213.6	5
13	140	180	3.3
14	140	180	6.7
15	140	180	5
16	140	180	5
17	140	180	5
18	140	180	5
19	140	180	5
20	140	180	5

**Fuente:** elaboración propia mediante Software MATLAB

Para la realización de cada una de las corridas para la obtención del biolubricante por medio del proceso de síntesis de doble transesterificación se empleó el protocolo mostrado a continuación:

### 5.3 PROTOCOLO DE OBTENCIÓN DE ESTERES DE TRIMETILOLPROPANO POR DOBLE TRANSESTERIFICACIÓN.

Reactivos.

- Biodiesel.
- TMP.
- KOH.
- Acetato de etilo.

## Materiales.

- Matraz cónico de 1000 mL, de fondo plano con cuello esmerilado y tres bocas.
- Condensador de reflujo con junta esmerilada.
- Probeta de 100 mL.
- Beaker de 500 mL.
- Erlenmeyer de 250 mL.
- Soporte universal.
- Embudo de decantación.
- Pinza.
- Nuez.
- Bomba.
- Vidrio de reloj.
- Espátula.
- Tapones.
- Manguera.
- Termómetro.

## Equipos.

- Balanza analítica.
- Balanza gramera.
- Agitador magnético.
- Plancha de calentamiento.
- Rotaevaporador

## Descripción del proceso.

1. Pesar 250g de biodiesel en la balanza gramera.
2. Pesar la cantidad estipulada de TMP según el diseño CCD en la balanza analítica.
3. Pesar la cantidad estipulada de KOH según el diseño CCD en la balanza analítica.
4. A un beaker de 250 mL, adicionar 75 g de la muestra de biodiesel pesada anteriormente.
5. Agregar la porción de TMP y KOH al beaker con la muestra de biodiesel.
6. Calentar hasta a 70°C.
7. Agitar vigorosamente hasta que los reactivos se mezclen por completo.
8. Colocar el matraz de fondo plano de 1000 mL, con cuello esmerilado y tres bocas sobre la plancha de calentamiento.
9. Adicionar el restante de biodiesel (175 g) al matraz.

10. Adicionar la mezcla de TMP, KOH y biodiesel al matraz
11. Conectar el condensador de reflujo a la bomba por medio mangueras.
12. Mantener el matraz a la temperatura y tiempo estipulada por el diseño CCD.
13. Retirar el matraz de la plancha de calentamiento.
14. Llevar a temperatura ambiente.
15. Adicionar la mezcla de lubricante-metanol a un embudo de decantación.
16. Lavar la mezcla con 1/3 de acetato de etilo para eliminar el catalizador.
17. Filtrar por gravedad por medio de papel de filtro cualitativo con un tamaño de poro de 8  $\mu\text{m}$ .
18. Vaciar el contenido de los embudos en el rotaevaporador, el cual se encargará de separar el metanol y acetato de etilo del lubricante.
19. Vertir el lubricante en un beaker de 500 mL.
20. Llevar el beaker a la plancha de calentamiento a una temperatura de 80°C por 30 minutos, para asegurar que no queden trazas de acetato de etilo.
21. Llevar a temperatura ambiente.
22. envasar y almacenar.

En la tabla 33. Se evidencian los datos obtenidos del porcentaje de rendimiento para cada corrida ejecutado por el diseño de experimentos.

Se emplea la siguiente ecuación para determinar el rendimiento:

**Ecuación 14.** Determinación rendimiento.

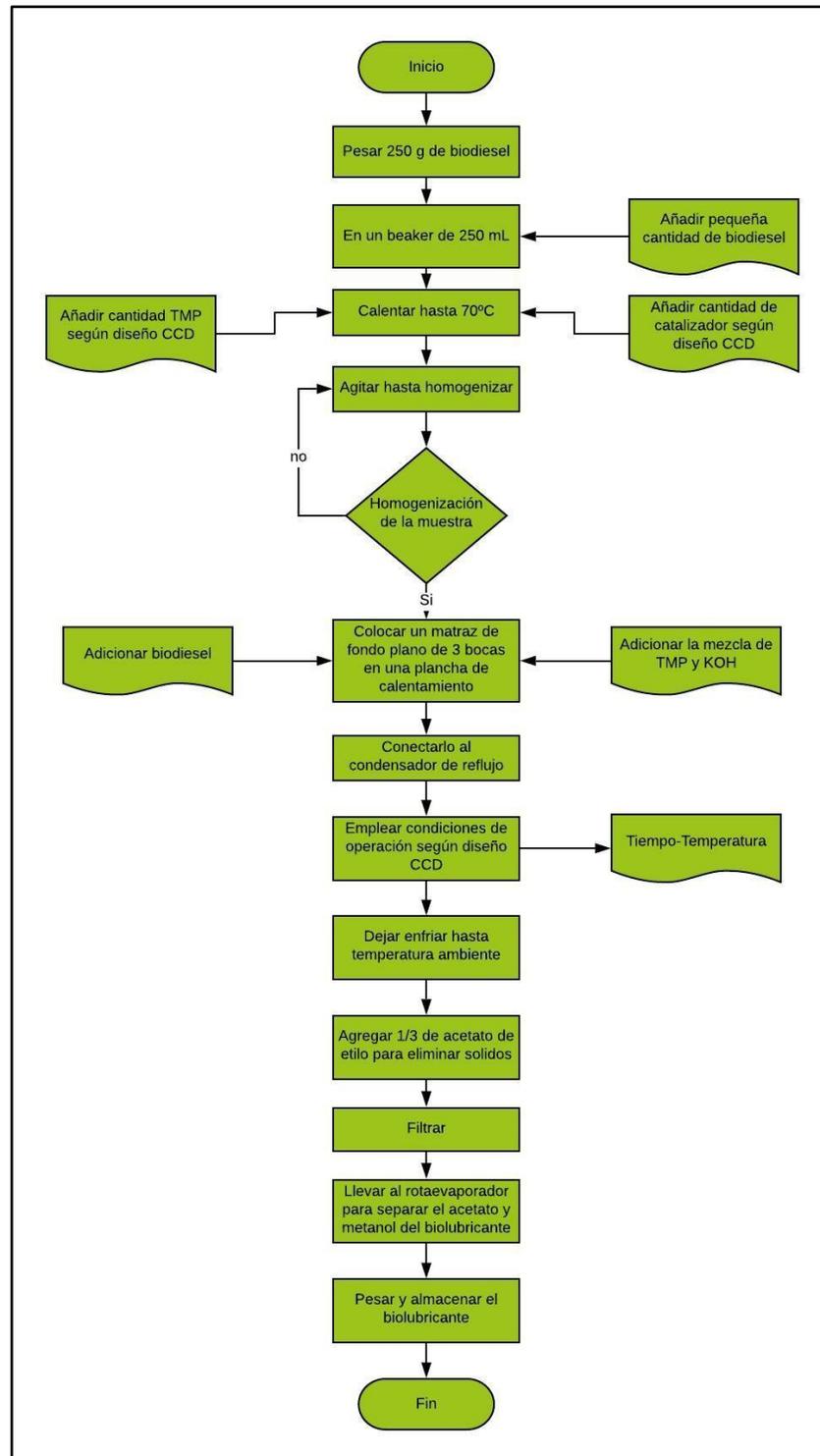
$$\%RE = \frac{\text{Masa exacta del lubricante}}{\text{Masa exacta del aceite}} \times 100$$

**Fuente:** elaboración propia.

Como se puede evidenciar, la corrida 13 es la que presenta el mejor rendimiento (82.45%) con 5 unidades arriba del promedio.

Diagrama del proceso

**Diagrama 15.** Proceso obtención del lubricante por transesterificación diseño CCD.



Fuente: elaboración propia

**Tabla 33.** Resultados porcentaje de rendimiento del biolubricante por el método de transesterificación.

Run	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Relación Molar	%RE
1	130	160	4	73.54
2	130	160	6	72.62
3	130	200	4	75.75
4	130	200	6	74.50
5	150	160	4	76.79
6	150	160	6	70.98
7	150	200	4	77.67
8	150	200	6	80.93
9	123.2	180	5	73.62
10	156.8	180	5	76.50
11	140	146.4	5	70.54
12	140	213.6	5	75.43
13	140	180	3.3	82.45
14	140	180	6.7	77.62
15	140	180	5	76.88
16	140	180	5	77.62
17	140	180	5	78.10
18	140	180	5	77.82
19	140	180	5	76.70
20	140	180	5	76.12

**Fuente:** elaboración propia.

Para la determinación de la viscosidad presente en cada una de las corridas se realizaron pruebas en los laboratorios de Petrobras la cual es una empresa dedicada a la elaboración de lubricantes entre otros productos. La determinación de la viscosidad se llevó a cabo por medio de un viscosímetro Herzog HVM 472 basado en la norma ASTM D 445-18. A temperaturas de 40°C y 100°C, las especificaciones de este equipo se encuentran en el anexo I, dichas pruebas arrojaron los valores presentes en la tabla 34 para una temperatura de 40°C y en la tabla 35 para una temperatura de 100°C, comparándolo con los resultados obtenidos (35.55 cSt a 40°C y 7.66 cSt a 100°C) en el artículo de referencia<sup>149</sup> los ésteres metílicos obtenidos a dichas condiciones de operación se encuentran en un rango de viscosidad muy cercano al teórico evidenciando un gran logro pues como se describía anteriormente la viscosidad es una de las propiedades más importante para un lubricante.

<sup>149</sup> OCHOLI. Ocheje, MENTIKI Matthew, AUTA, Manase. Optimization of the operating parameters for the extractive synthesis of biolubricant from sesame seed oil via response Surface methodology. 2018. 1-11.

**Tabla 34.** Resultados porcentaje de rendimiento del biolubricante por el método de transesterificación.

Run	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Relación Molar	Viscosidad 40°C (cSt)
1	130	160	4	31.84
2	130	160	6	31.29
3	130	200	4	37.92
4	130	200	6	33.03
5	150	160	4	30.1
6	150	160	6	32.38
7	150	200	4	37.1
8	150	200	6	32.16
9	123.2	180	5	32.92
10	156.8	180	5	35.2
11	140	146.4	5	33.25
12	140	213.6	5	34.33
13	140	180	3.3	40.74
14	140	180	6.7	31.51
15	140	180	5	34.33
16	140	180	5	34.12
17	140	180	5	31.84
18	140	180	5	32.92
19	140	180	5	33.03
20	140	180	5	31.73

**Fuente:** elaboración propia.

#### 5.4 GRÁFICAS DE SUPERFICIE RESPUESTA, DIAGRAMA DE CONTORNO Y CURVA DE RESIDUOS.

En las figuras 46-54, se evidenciarán las gráficas de superficie de respuesta, diagrama de contorno y curva de residuos de cada una de las combinaciones posibles entre variables independientes y variables dependientes.

Cabe resaltar que el diagrama de contorno es una técnica utilizada para ayudar a visualizar la forma que puede tener una superficie de respuesta tridimensional consiste en representar la gráfica de contornos de la superficie, en la que se trazan las denominadas líneas de contorno, que son curvas correspondientes a valores constantes de la respuesta sobre el plano X1X2 (plano cuyos ejes coordenados vienen dados por los niveles X1 y X2 de los factores). Geométricamente, cada línea de contorno es una proyección sobre el plano X1X2 de una sección de la superficie de respuesta al intersectar con un plano paralelo al X1X2. La gráfica de contornos resulta útil para estudiar los niveles de los factores en los que se da un cambio en la forma o altura de la superficie de respuesta. La existencia de gráficas de contorno no está limitada a 3 dimensiones a pesar de que en el caso en que haya más de 3

factores de influencia no es posible la representación geométrica. No obstante, el hecho de poder representar gráficas de contorno para problemas en que haya 2 o 3 factores permite visualizar más fácilmente la situación general.<sup>150</sup>

El diagrama de curva de residuos es una herramienta indispensable cuando se desea saber con exactitud los puntos centrales y axiales para determinar el ajuste del modelo a la variable respuesta es decir el R cuadrado.<sup>151</sup> Como se puede evidenciar en la figura 51 la gráfica que posee un mejor ajuste al modelo empleado es la gráfica que relaciona tiempo, relación molar y viscosidad a 40°C con un R cuadrado de 0.8453.

**Tabla 35.** Resultado de la viscosidad a 100°C

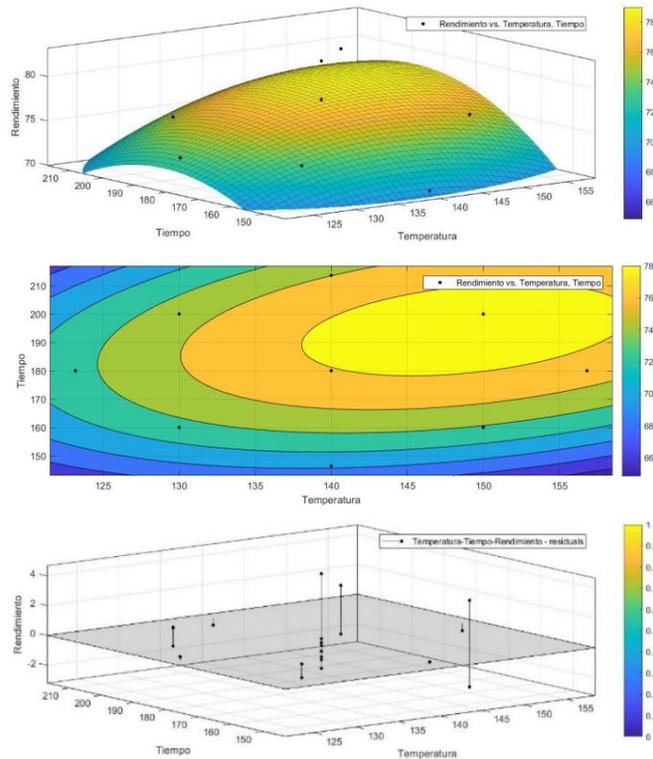
Run	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Relación Molar	Viscosidad 100°C (cSt)
1	130	160	4	7.44
2	130	160	6	7.25
3	130	200	4	8.38
4	130	200	6	7.65
5	150	160	4	7.15
6	150	160	6	7.59
7	150	200	4	7.9
8	150	200	6	7.48
9	123.2	180	5	7.61
10	156.8	180	5	8.01
11	140	146.4	5	7.67
12	140	213.6	5	7.98
13	140	180	3.3	8.88
14	140	180	6.7	7.44
15	140	180	5	7.81
16	140	180	5	7.81
17	140	180	5	7.38
18	140	180	5	7.61
19	140	180	5	7.65
20	140	180	5	7.44

**Fuente:** elaboración propia.

<sup>150</sup> METODO DE LAS SUPERFIES DE RESPUESTA. [Consultado el 20, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70238/fichero/Capitulo+7.pdf>. Capitulo 7.

<sup>151</sup> EL ESTADISTICO. Determinación de R cuadrado. [Consultado el 22, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://elestadistico.blogspot.com/2016/09/r-cuadrado-o-coeficiente-de.html>

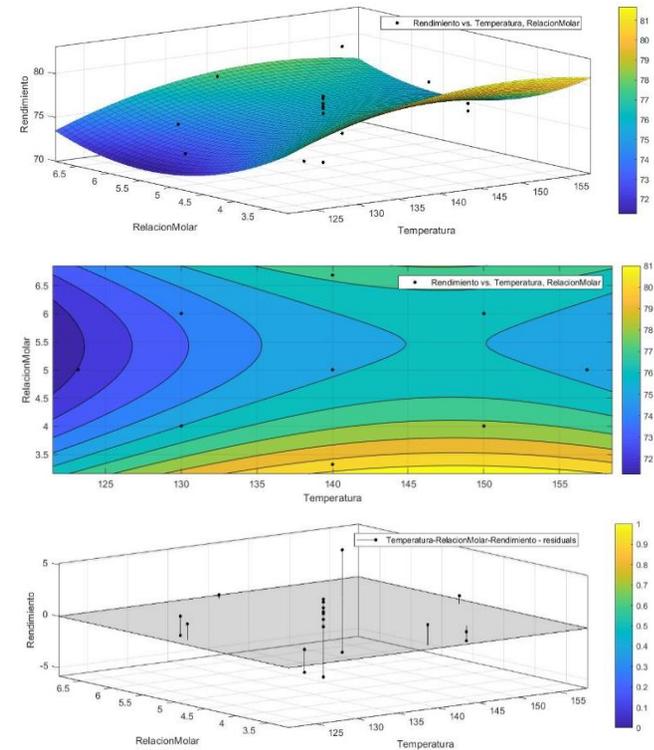
**Figura 46.** Gráficas de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, tiempo y rendimiento.



R cuadrado: 0.6847

**Fuente:** elaboración propia, realizado con SOFTWARE MATLAB

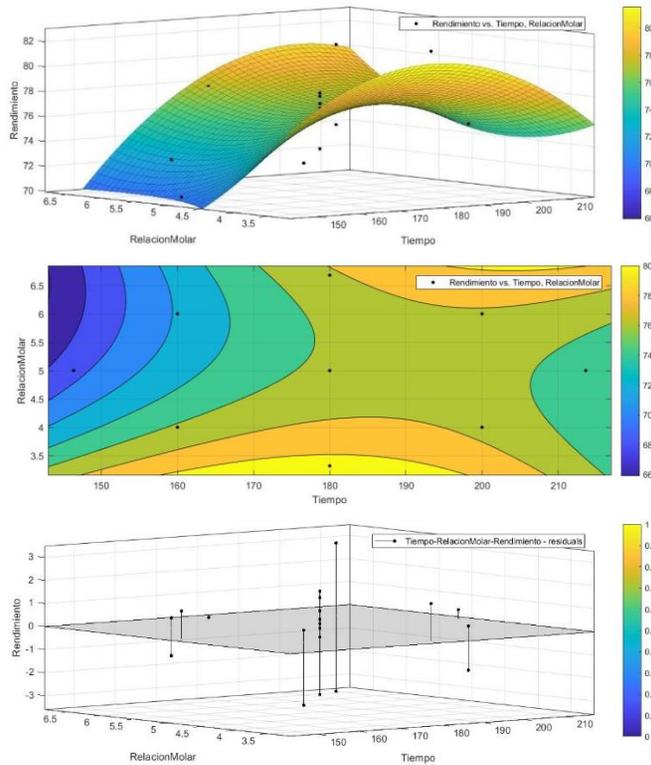
**Figura 47.** Gráfica de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, relación molar y rendimiento.



R cuadrado: 0.3285

**Fuente:** elaboración propia, realizado con SOFTWARE MATLAB

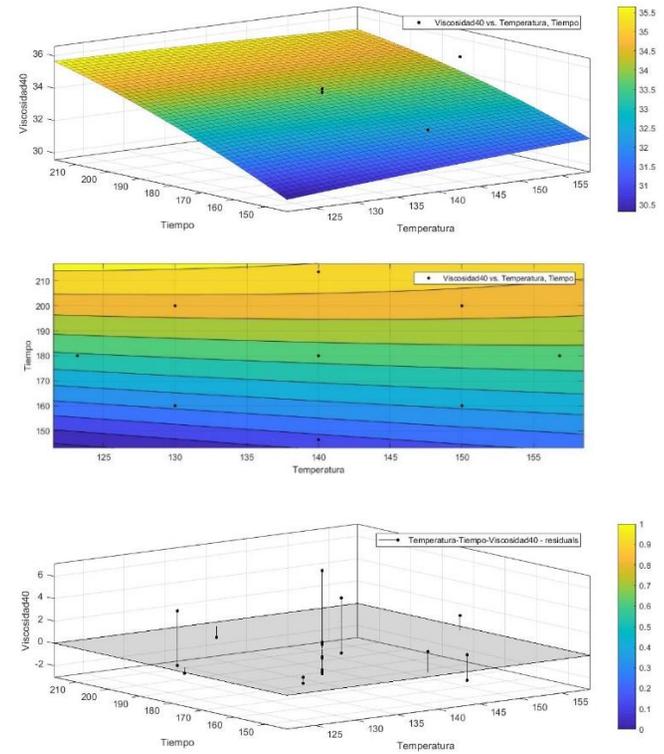
**Figura 48.** Gráfica de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando tiempo, relación molar y rendimiento.



R cuadrado: 0.6881

**Fuente:** elaboración propia, realizado con SOFTWARE MATLAB.

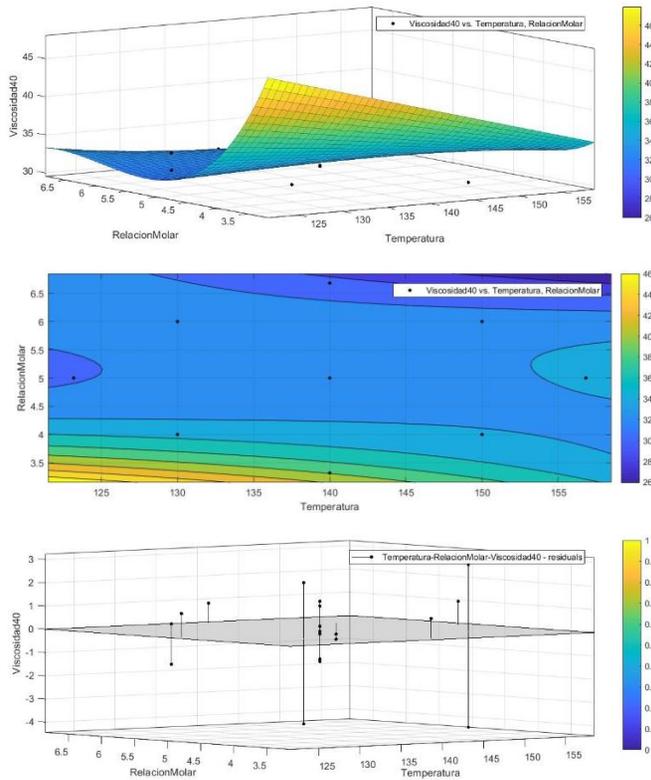
**Figura 49.** Gráfica de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, tiempo y viscosidad a 40°C.



R cuadrado: 0.1332

**Fuente:** elaboración propia, realizado con SOFTWARE MATLAB.

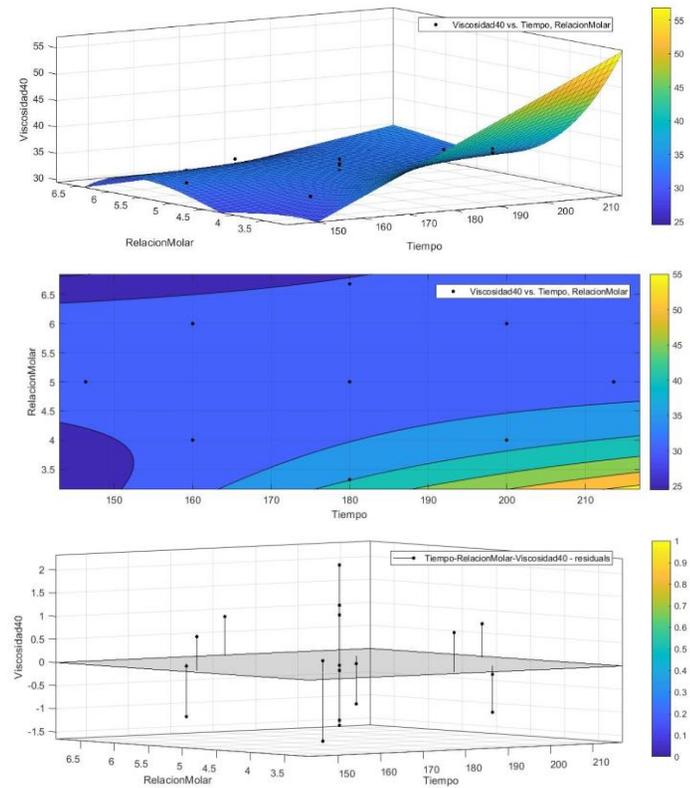
**Figura 50.** Gráfica de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, relación molar y viscosidad a 40°C.



R cuadrado: 0.5219

**Fuente:** elaboración propia, realizado con SOFTWARE MATLAB.

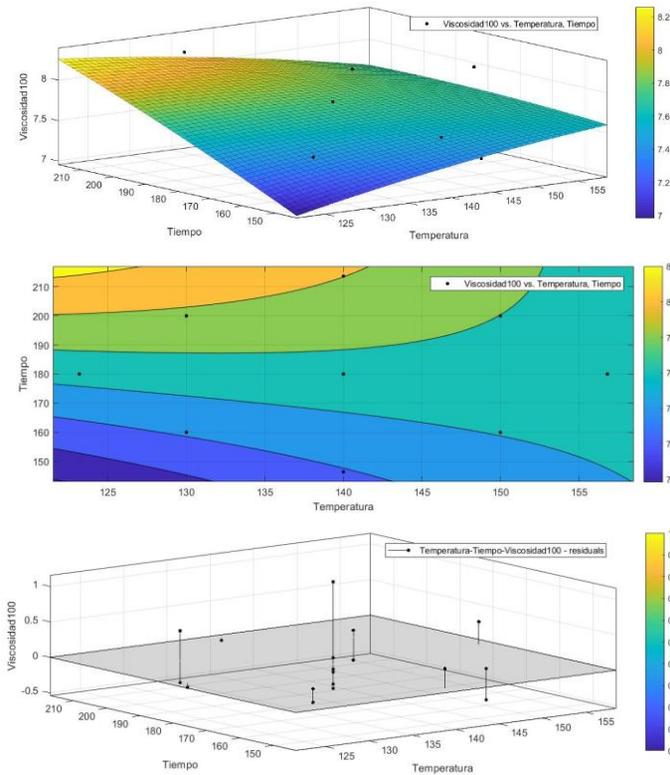
**Figura 51.** Gráfica de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando tiempo, relación molar y viscosidad a 40°C.



R cuadrado: 0.8453

**Fuente:** elaboración propia, realizado con SOFTWARE MATLAB.

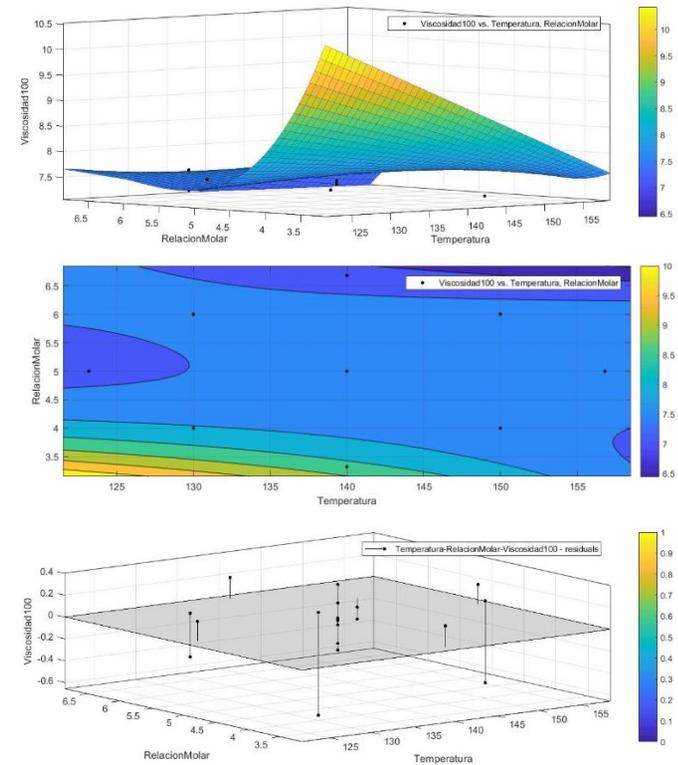
**Figura 52.** Gráfica de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, tiempo y viscosidad a 100°C.



R cuadrado: 0.1759

**Fuente:** elaboración propia, realizado con SOFTWARE MATLAB.

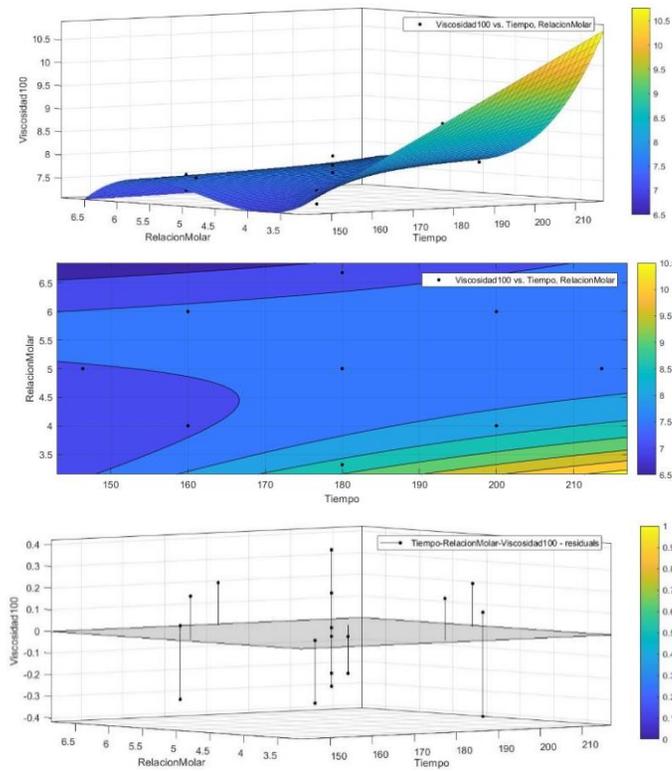
**Figura 53.** Gráfica superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando temperatura, relación molar y viscosidad 100°C.



R cuadrado: 0.5302

**Fuente:** elaboración propia, realizado con SOFTWARE MATLAB.

**Figura 54.** Gráfica de superficie de respuesta estadística, diagrama de contorno y curva de residuos del comportamiento del diseño experimental relacionando tiempo, relación molar y viscosidad a 100°C.



R cuadrado: 0.7137

Fuente: elaboración propia, realizado con SOFTWARE MATLAB.

## 5.5 RESULTADOS.

Mediante los gráficos anteriores se puede observar que las mejores condiciones de operación corresponden a un tiempo de 200 minutos, una temperatura de 155 °C y una relación TMP: biodiesel de 5:1, este da un comportamiento similar al obtenido por la corrida 13, el cual tuvo el mejor rendimiento equivalente a 82.45% y la mejor viscosidad tanto a 40°C como a 100°C equivalente a 40,74 cST y a 8,88 cST respectivamente, lo que indica que es menos probable que pierda sus propiedades al aumentar la temperatura.

Para complementar las características del producto final se realizó una prueba en los laboratorios de Petrobras combustibles y lubricantes de Colombia S.A.S. como lo fue el punto de fluidez o pour point por medio de un medidor automático y un recipiente de prueba basándose en la norma ASTM D 5950, las especificaciones de este equipo se encuentran en el anexo J, dicha prueba arrojó un valor de 0°C, comparándolo con los resultados obtenidos (1°C) del artículo en mención, se evidencia que el lubricante elaborado presenta mucha más resistencia a fluir siendo una excelente propiedad.

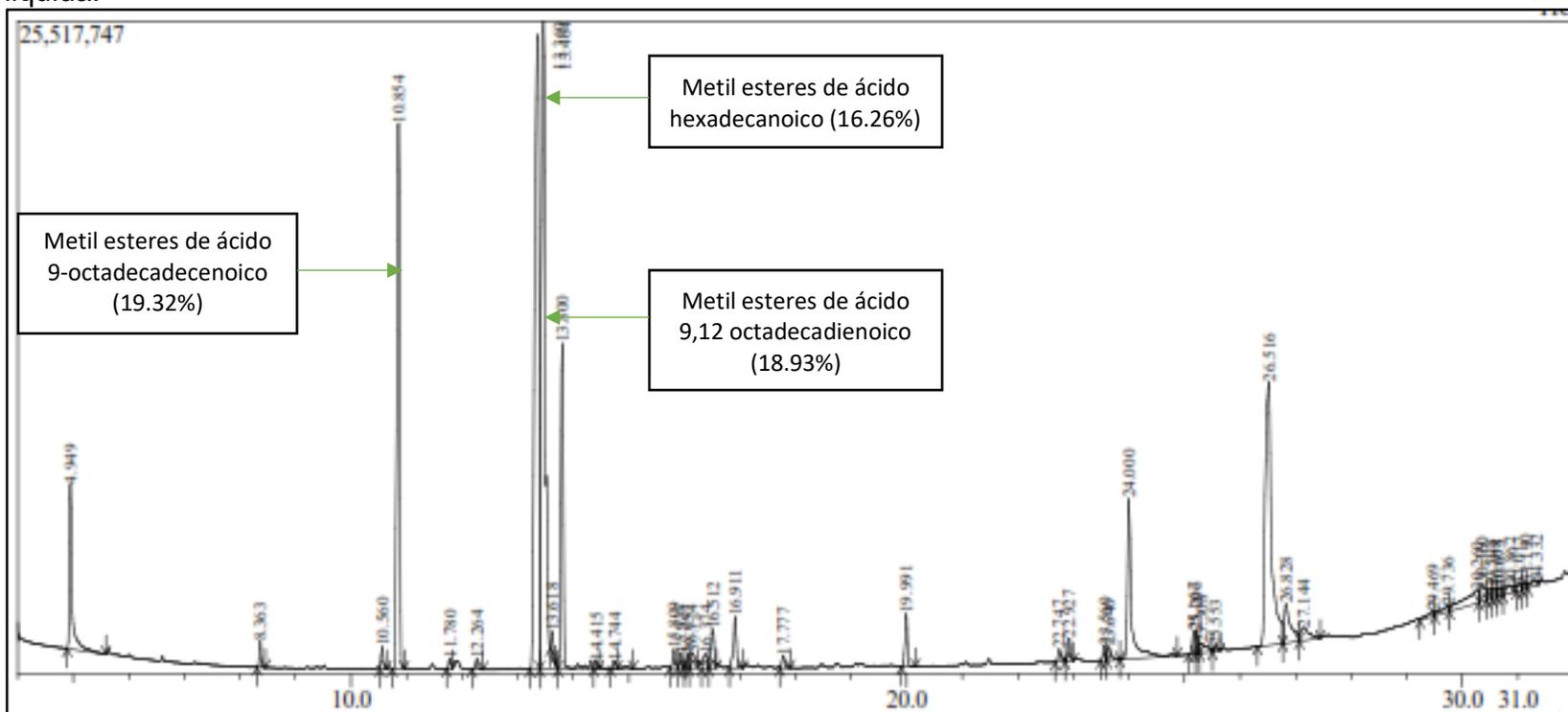
Adicionalmente, se determinó la cantidad de esteres metílicos y ácidos grasos presentes en la muestra, empleando la norma técnica colombiana. NTC 6261 Determinación de ácidos grasos en aceites y grasas mediante cromatografía gas – masas.<sup>152</sup> Este procedimiento se realizó en la Pontificia Universidad Javeriana mediante el cromatógrafo de gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, la columna utilizada fue una SH-RXI-5SIL MS de 30 m de largo por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida, manteniendo un rango de temperatura de 320-350°C. Las especificaciones del cromatógrafo se encuentran en la tabla 40.

El resultado obtenido se muestra en la Figura 82 donde se evidencia que el lubricante estudiado presenta un 19.32% metil esteres de ácido 9-octadecadienoico, 18.93% de metil esteres de ácido 9-octadecenoico y 16.26% de metil esteres de ácido hexadecanoico, evidenciando la presencia de tres metil esteres en cantidad superiores al 16% en la muestra. El resultado del espectro de masas se puede encontrar en el anexo F en donde se compara con la biblioteca y se determinan todos los compuestos presentes en la muestra.

---

<sup>152</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIONES. Determinación de ácidos grasos en aceites y grasas mediante cromatografía gas – masas. Bogotá: ICONTEC, 2018. NTC 6261

**Figura 55.** Análisis por cromatografía de gases masas de los esteres metílicos y ácidos grasos del lubricante por doble transesterificación, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



Fuente: elaboración propia.

## 6. CONCLUSIONES

- Por medio del desarrollo del proyecto elaborado con una materia prima tomada de una pizzería en la localidad de suba, esta muestra representó el comportamiento de un solo tipo de aceite. Es difícil comparar sus propiedades con datos estandarizados dado que los aceites de cocina al proceder de diferentes orígenes y estar en contacto con diferentes alimentos pierden y/o cambian sus propiedades fisicoquímicas. Sin embargo, se conoce que en Colombia los aceites mayormente usados en la industria alimenticia corresponden al aceite de palma, soya y girasol o incluso mezclas de los mismos, al haber realizado el perfil lipídico de la muestra a estudiar se resaltó una cantidad correspondiente al 83% de ácidos grasos incluyendo el ácido palmítico y el ácido oleico, siendo este perfil similar al aceite de girasol.
- De acuerdo a las investigaciones previas se puede evidenciar que el cumplimiento de los requisitos en las industrias que están más expuestas a ambientes contaminantes o que algún fallo puede llegar a generar fallos irremediables en el ambiente son las industrias petrolera, marítima, minera, entre otras. Los requisitos para el uso industrial de las bases lubricantes es que estas deben contar con una alta estabilidad térmica, mantener un índice de viscosidad alto; además de tener un buen rendimiento en su proceso de elaboración, debido a esto surge la necesidad de implementar fuentes renovables para su elaboración y como producto ser biodegradable y no tóxico. Respecto a lo mencionado anteriormente, los mejores procesos de síntesis para conseguir un buen índice de viscosidad y un buen rendimiento en la elaboración, son los procesos de doble transesterificación e hidrólisis enzimática.
- Al comparar los dos métodos seleccionados su desarrollo se realizó a las mismas condiciones, variando únicamente el tipo de catalizador a utilizar, en el primero se utilizó un catalizador químico KOH en metanol y en el segundo se utilizó la *Lipase Aspergillus* en medio acuoso. Después de 24 del proceso de síntesis se observó que la estabilidad térmica de los esteres elaborados mediante hidrólisis enzimática es bajo y requiere de calentamiento constante para seguir su fluidez. Esta base obtenida puede ser utilizada como grasa industrial pero no como aceite lubricante.
- Según el diseño de experimentos enfocado a las variables respuesta de rendimiento se obtuvo las mejores condiciones correspondientes a 140°C en 180 minutos y mediante una relación molar 3.3:1 TMP: FAME. Debido a que la reacción se mantiene durante un tiempo prolongado genera una síntesis completa, además de realizarse a una temperatura cercana a la máxima.

## 7. RECOMENDACIONES

- Como recomendación principal se tiene la reutilización de los residuos provenientes de los procesos de síntesis de biodiesel como el glicerol y el agua de lavado y la reutilización de los residuos del lavado del biolubricante por métodos de transesterificación y métodos enzimáticos en donde se emplean acetato de etilo, hexano, KOH y agua para realizar la separación de las fases
- En segunda instancia, al conocer que un aceite de cocina usado ya es un aceite degradado y oxidado, se recomienda realizar una prueba para determinar si la base obtenida es estable oxidativamente o si tendrían que adicionarse aditivos antioxidantes para mejorar esta propiedad. Esta prueba puede ser la RPVOT hecha directamente en turbinas.
- Como se demostró en la cromatografía se obtuvieron di estere de esteres metílicos, estas bases son ideales para el uso de compresores por la gran estabilidad a diferentes temperaturas en las que son sometidas.
- En un país como Colombia que difícilmente se encuentran temperaturas inferiores a 0°C se considera una base posible de comercialización en lo que corresponde a nivel nacional. Sin embargo, si se dedica esta base como fuente para industria marítima o petrolera estas implicarían temperaturas bajas, por lo que se recomienda usar un aditivo depresor de fluidez "Pour Point Depresant" para mejorar su propiedad.

## BIBLIOGRAFIA

ACEITES. Aceite de girasol de alto oleico. [Consultado el 14, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.aceitesalbert.com/noticias/151-descubriendo-aceite-girasol-alto-oleico>

ACEITE DE LAS VALDESAS. Qué es la acidez del aceite. [Consultado el 9, septiembre, 2019] Disponible en: <https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/-aceite-de-oliva/acidez-del-aceite-de-oliva/>

ACEITES. pH en el aceite. [Consultado el 28, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/-aceite-de-oliva/acidez-del-aceite-de-oliva/>

ACEITE VEGETAL AVU. [0]. [Consultado en septiembre 15,2019]. Disponible en: <https://biogras.com.co/avu/aceite-vegetal-usado/>

Aluyor E. O. and Ori-jesu M. Biodegradation of mineral oils – A review [Journal] // African Journal of Biotechnology. - 2009A. - 6: Vol. 8. - pp. 915 - 920.

AMANULLAH,Md and ARFAJ,Mohammed K. ARC Eco-Lube - A Food Industry Waste-Based Green Lubricant. Society of Petroleum Engineers, 2017-11-13.

ANCIN. Azpilicueta y MARTINEZ. Ramon. Estudio de la degradación de los aceites sometidos a fritura. [Consultado el 20, septiembre, 2019]. Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewFile/1274/1277>

ASTM D2270 Standard Practice for Calculating Viscosity Index From Kinematic Viscosity at 40 and 100°C[Journal] // Annual Book of ASTM Standards. - 2000. - Vol. 05.01

ASTM D-7042 Standard test method for dynamic viscosity and density of liquids by stabinger viscometer (and the calculation of kinematic viscosity)

ASTM Standard for environmentally lubricants// Annual Book of ASTM Standards. - 2015. - Vol. 05.01.

ASTM Standard Terminology Relating to Oils.

ALARCON R. Richard A. Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceites usados. Ingeniero mecánico. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomas. [Consultado el 30, septiembre, 2019] Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/717/Obtencion%20de%20bio>

[diesel%20a%20partir%20de%20mezclas%20de%20aceite%20usado%20de%20cocina%20y%20aceite%20de%20palm.pdf?sequence=1](https://www.researchgate.net/publication/325066839_EFFECTS_OF_REPEATED_DEEP_FRYING_ON_REFRACTIVE_INDEX_AND_PEROXIDE_VALUE_OF_SELECTED_VEGETABLE_OILS)

AVICHA Chowdhury, DEBARATI Miltra y BISWAS Dipa. Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical.

Avisha. Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification. 2018

AWUCHI. Chinaza G. y IKECHUKWU. Amagwula O. Effects or repeated deep frying on refractive index and peroxide value of selected vegetable oils. [Consultado el 23, septiembre, 2019] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/325066839\\_EFFECTS\\_OF\\_REPEATED\\_DEEP\\_FRYING\\_ON\\_REFRACTIVE\\_INDEX\\_AND\\_PEROXIDE\\_VALUE\\_OF\\_SELECTED\\_VEGETABLE\\_OILS](https://www.researchgate.net/publication/325066839_EFFECTS_OF_REPEATED_DEEP_FRYING_ON_REFRACTIVE_INDEX_AND_PEROXIDE_VALUE_OF_SELECTED_VEGETABLE_OILS)

BART, Jan C. J.; GUCCIARDI, Emanuele and CAVALLARO, Stefano. 1 - Renewable lubricants. [1]: Woodhead Publishing, 2013. 1-9

Bibliography ACP Asociación Colombiana del Petróleo. TENDENCIAS DE INVERSIÓN E&P EN COLOMBIA 2019 Y PERSPECTIVAS 2020. En: BOLETIN 2 - 2019. p. 1.16

BIOGRAS S.A.S. ACU Aceite vegetal usado. [Consultado el 10, agosto, 2019]. Disponible en: <https://biogras.com.co/>

BIOGRAS S.A.S. ACU Aceite vegetal usado. [Consultado el 10, agosto, 2019]. Disponible en: <https://biogras.com.co/nosotros/quienes-somos/>

Bio-Lubricants Market | Growth, Trends, and Forecast (2019 - 2024). [1]. [Consultado el 2, octubre, 2019]. Disponible en: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bio-lubricants-market>.

Boletín estadístico del sector palmero Fedepalma. [Consultado el 8, agosto, 2019]. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/Bolmenestadisticas>

Booser E. R. CRC Handbook of Lubrication - Volume II: Theory & Design [Book]. - CRC Press: New York, 1983.

Bordin, K., Kunitake, M., Aracava, K., Trindade, C., 2013. Changes in food caused by deep fat frying - A review. Arch Latinoam Nutr. 63, 5–13.

Burg D. A. and Klieman R. Preparation of Meadowfoam Dimer Acids and Dimer Esters and Their Use as Lubricants. Journal of the American Oil Chemists' Society. 1991 Vol. 68. pp. 600 - 603.

CENTRO DE CONOCIMIENTO DE LA INDUSTRIA MARÍTIMA. Aceites lubricantes. [Consultado el 15, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.maritimeinfo.org/es/Maritime-Directory/lubricants-es-076f1858811311e294030013721274c6>

Carmona-cabello, M., Garcia, I., L 2018. Valorization of food waste based on its composition through the concept of biorefinery. *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.* 14, 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.06.011>.

CHAN, Chung-Hung, *et al.* Tribological behavior of biolubricant base stocks and additives. [1]:2018. 145-157

Chandu S. Madankara b, Ajay K. Dalaia, S.N. Naik, *Ind. Crops Prod.* 44 (2013) 139–144. Vegetable oil-based lubricants—A review of oxidation

Cirpus Energy Agency. Economía circular [0]. [Consultado el 26, junio, 2019] Disponible en: <http://www.cea.org.cy/es/thematologio/kyklike-ikonomia/>

CLIMATE DATA.ORG. Clima Bogotá. [Consultado el 28, octubre, 2019]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/bogota/bogota-5115/>

CRONASER. Clasificación lubricantes industriales. [Consultado el 13, mayo, 2019]. Disponible en: <https://cronaser.com/blog/como-clasifican-lubricantes-industriales/>

DEMPSEY, Craig. Business Opportunity: The Colombian Oils and Lubricants Market. [1]. [Consultado el 2, octubre, 2019]. Disponible en: <https://medium.com/datadriveninvestor/business-opportunity-the-colombian-oils-and-lubricants-market-bdab78b8b5ca>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Misión de crecimiento verde. [Consultado el 19, julio, 2019] Disponible en: <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Circular/MATEC%20/>

DEPUROIL, S. A. Riesgos Medio Ambientales de los Aceites Industriales. [0]. Disponible en: <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>

DO VALLE, Camila Peixoto, *et al.* Chemical modification of Tilapia oil for biolubricant applications. En: *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*. August 1, .vol. 191, p. 158-166

EBIA, 2015. Transformation of Used Cooking Oil into biodiesel: From waste to resource. European Biomass Industry Association <[https://www.eubren.com/UCO\\_to\\_Biodiesel\\_2030\\_01.pdf](https://www.eubren.com/UCO_to_Biodiesel_2030_01.pdf)>

EBTISAM. K. Heikal, SALAH A. Khalil. Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils. 2017. 53-59.

EL ESTADISTICO. Determinación de R cuadrado. [Consultado el 22, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://elestadistico.blogspot.com/2016/09/r-cuadrado-o-coeficiente-de.html>

EXXON MOBIL. Grados SAE de viscosidad. [Consultado el 24, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.exxonmobil.com/entendiendo-la-clasificacion-de-viscosidad-sae-y-de-desempeno-api/>

FACULTAD DE AGRONOMIA A LAS ESCUELAS AGROPECUARIAS. Matriz de evaluación de soluciones. [Consultado el 7, octubre,2019]. Disponible en: [https://www.agro.uba.ar/unpuente/img/herramientas/matriz\\_evaluacion\\_soluciones.pdf](https://www.agro.uba.ar/unpuente/img/herramientas/matriz_evaluacion_soluciones.pdf)

Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia. [1]. [Consultado el Mar 25,2019]. Disponible en: <http://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-3073.htm>

Félix, S., Araújo, A., Pires, A., Sousa, A., 2017. Soap production: A green prospective. Waste Manage. 66, 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.036>.

FISICOQUIMICA. Factores de conversión (factor unidad). [Consultado el 17, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.quimicafisica.com/factores-de-conversion.html>

GARCÍA COLOMER,Albert. Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes. Universitat Ramon Llull., p. 1-177.

GRUPO ECOINDUSTRIA. Servicios medioambientales, economía circular. [Consultado el 28, junio, 2019] Disponible en: <https://www.grupoecoindustria.com/la-economia-circular-podria-reducir-el-50-de-las-emisiones-de-la-industria-europea-para-el-2050/>

GUILLÉN, Maria and URIARTE,Patricia. Aldehydes contained in edible oils of a very different nature after prolonged heating at frying temperature: Presence of toxic oxygenated  $\alpha$ ,  $\beta$  unsaturated aldehyde. apr.,p. 915-926

Gunstone, F. D., Harwood, John L., Padley,F.B.,. The Lipid handbook. London; New York: Chapman and Hall, 1994.

Gupta, M., Warner, K., White, P., 2004. Frying Technology and Practices. AOCS Press, New York, United States.

HANNA INSTRUMENTS. Determinación del índice de peróxidos. [Consultado el 17, septiembre, 2019] Disponible en: <https://www.hannainst.es/blog/116/determinacion-del-indice-de-peroxidos>

Hayes D. G. 2004. Enzyme-catalyzed modification of oilseed materials to produce eco-friendly products [Journal] // Journal of the American Oil Chemists Society. - Vol. 81. - pp. 1077 - 1103

HEIKAL, Ebtisam K., *et al.* Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils. [1]:2017. 53-59.

Huber, G.W., Iborra, S., Corma, A., 2006. Synthesis of transportation fuels from biomass: chemistry, catalysts, and engineering. Chem. Rev. 106, 4044–4098. <https://doi.org/10.1021/cr068360d>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos NTC 1486-6166. Bogotá D.C. El instituto 2018. ISBN 9789588585673 153 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites animales y vegetales. Muestreo. Bogotá: ICONTEC, 2018 NTC 217.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y acidez. Bogotá: ICONTEC, 2011. NTC 218.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxidos. Bogotá: ICONTEC, 2011. NTC 236.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de yodo. NTC 283

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil. Bogotá: ICONTEC, 2018. NTC 287.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de refracción. Bogotá: ICONTEC, 2019. NTC 289

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de saponificación. Bogotá: ICONTEC, 1998. NTC 335

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Grasas y aceites vegetales y animales. Método de la determinación de la densidad. Bogotá: ICONTEC, 2016. NTC 336.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites animales y vegetales. Preparación de la muestra para ensayo. Bogotá: ICONTEC, 2016. NTC 5033.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES. Determinación de ácidos grasos en aceites y grasas mediante cromatografía gas – masas. Bogotá: ICONTEC, 2018. NTC 6261

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. EAFIT. Sistema de recolección para aceites residuales. [Consultado el 24, mayo, 2019] Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/marcoTeorico.pdf>. 1999

KLUBER LUBRICATION. Viscosidad de los lubricantes. [Consultado el 30, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.klueber.com/es/servicio/calculadora-de-viscosidad/%C3%ADndice-de-viscosidad/>

LI,Wai, et al. A Novel Environmentally Friendly Lubricant for Water-Based Drilling Fluids as a New Application of Biodiesel. Society of Petroleum Engineers, 2016-08-22.

Lansdown A. R. Lubrication and Lubricant Selection [Book]. - London: Professional Engineering Publishing Limited, 2004.

La'szlo' Guzzi I Andra's Erdo helyi "Catalysis for Alternative Energy Generation" Springer Science+Business Media New York 2012.

LOPEZ Luisa, BOCANEGRA Jenny y MALAGON R. Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. 2015. 8-14

Ludena K. C. Friction, Wear, Lubrication: a textbook in tribology [Book].- New York: CRC Press, 1996.)

LUNA,F. Murilo T., et al. Studies on biodegradability of bio-based lubricants. En: TRIBOLOGY INTERNATIONAL. December 1, .vol. 92, p. 301-306

MALVERN PANALYTICAL. Viscosidad y Medición de viscosidad. [Consultado el 12, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.malvernpanalytical.com/es/products/measurement-type/viscosity>.

MANRIQUE. Guillermo D. Caracterización de grasas y aceites. Buenos aires, Argentina. Universidad Nacional del Centro. [Consultado el 25, septiembre, 2019]. Disponible en: [https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Grasas\\_y\\_Aceites.pdf](https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Grasas_y_Aceites.pdf)

March J. Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure [Book]. - New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001. - 5 th.

MEDINA V. Mauricio y OSPINA R. Yesid. Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel. 2013. [Consultado el 12, septiembre, 2019] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a03.pdf>.

METODO DE LAS SUPERFIES DE RESPUESTA. [Consultado el 20, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70238/fichero/Capitulo+7.pdf>. Capitulo 7.

METROHM. Valoración termométrica aplicada: determinación del índice de yodo en grasas y aceites. [Consultado el 29, septiembre, 2019]. Disponible en: <https://www.metrohm.com/es/compania/noticias/news-indice-de-yodo-en-grasas-y-aceites/#>

METROHM. Medición de la estabilidad oxidativa. [Consultado el 27, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.metrohm.com/es/productos/medicion-de-la-estabilidad/rancimat/>

MCNUTT, Josiah and HE, Quan (Sophia). Development of biolubricants from vegetable oils via chemical modification. [1]:2016. 1-12

Ministerio de Ambiente reglamenta disposición de aceites de cocina usados en el país; [0]. Mar 13,. [Consultado el Abr 12,2019]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3673-ministerio-de-ambiente-reglamenta-disposicion-de-aceites-de-cocina-usados-en-el-pais>

MOBIL LTDA. Oil and gas industry lubricants. [Consultado el 22, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.mobil.com.mx/es-mx/lubricantes/industrial/lubricant-expertise/sectors/oil-and-gas-industry-lubricants>

NORIA. Importancia de la estabilidad química en aceites. [Consultado el 27, mayo, 2019] Disponible en: <https://noria.mx/lublearn/la-importancia-de-la-estabilidad-a-la-oxidacion/>

OCHOLI. Ocheje, MENTIKI Matthew, AUTA, Manase. Optimization of the operating parameters for the extractive synthesis of biolubricant from sesame seed oil via reponse Surface methodology. 2018. 1-11.

ONOFRE S. Aurora, EFRAIN Ramon. Esterificación enzimática de los ácidos grasos poliinsaturados aislados del aceite de Canola.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, - FAO. EL AUMENTO DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO CRUDO ESTIMULA LA DEMANDA DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS. En: PERSPECTIVAS ALIMENTARIAS ANÁLISIS DEL MERCADO MUNDIAL. Jun.vol. 1,

Panadare, D., Rathod, V., 2015. Applications of waste cooking oil other than biodiesel: a review. Iran J. Chem. Eng. 12, 55–76.

Prileschajew N. Oxydation ungesättigter Verbindungen mittels organischer Superoxyde [Journal] // Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. - 1909. - 4: Vol. 42. - pp. 4811 - 4815.

PRODIMS.A. Petróleo desarrollo, viscosidad. [Consultado el 02, junio, 2019] Disponible en: <http://prodimsa.com/asistencia-tecnica/preguntas-frecuentes-faq/viscosidad-e-indice-viscosidad-iv/>

Pseudomonas sp. Strain DR2. En: JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY. Mar 8,.p. 1408-1415  
REVISTA CENIC CIENCIAS QUÍMICAS. Aplicación de métodos cromatográficos en el estudio de la composición química del aceite de girasol. [Consultado el 14, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620511012.pdf>

Química orgánica, Transesterificación. [Consultado el 25, junio, 2019]. Disponible en: <http://www.quimicaorganica.net/transesterificacion.html>

REPSOL S.A.S. Lubricantes industria minera. [Consultado el 22, mayo, 2019] Disponible en: [https://www.repsol.com/imagenes/global/es/AF\\_Lubricantes\\_Industria\\_Minera\\_210\\_x297\\_version\\_web\\_tcm7-735132\\_tcm13-36639.pdf](https://www.repsol.com/imagenes/global/es/AF_Lubricantes_Industria_Minera_210_x297_version_web_tcm7-735132_tcm13-36639.pdf)

QUÍMICA ORGÁNICA INDUSTRIAL. Aceites y lubricantes. [Consultado el 15, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>.

REVISTA DINERO. Lubricantes industriales en Colombia. [ Consultado el 01, mayo, 2019] Disponible en: <https://www.dinero.com/especiales-comerciales/articulo/lubricantes-industriales-colombia/192490>.

RINCÓN,Luz A.; CADAVID,Juan G. and ORJUELA,Alvaro. Used cooking oils as potential oleochemical feedstock for urban biorefineries – Study case in Bogota, Colombia. En: WASTE MANAGEMENT. April 1,.vol. 88, p. 200-210

RODRIGUEZ A, MALDONADO S, MURO C y Velásquez M. Investigación y desarrollo de la ciencia y tecnología de alimentos. Índice de saponificación de

mantecas. [Consultado el 27, septiembre, 2019] Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/10/161.pdf>

Rojas, H., Narváez, P., 2011. Analysing a method for small and medium size companies to rate oil quality during immersion frying. Ing. Inves. 31, 83–92. <https://doi.org/10.15446/ing.investig>.

RONGAI,Domenico, et al. Vegetable oil formulation as biopesticide to control California red scale (*Aonidiella aurantii* Maskell). En: JOURNAL OF PEST SCIENCE. Apr 10.

SALIH,Nadia, SALIMON,Jumat and YOUSIF,Emad. Journal of King Saud University. [1]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/22108319>

Shalini Gupta, Rajeev Kumar, Sudha Tyagi and Peddy V C Rao,” Production of biolubricant base stock” PTQ Q 4(2012)1–6.

SHELL. Fundamentos de lubricantes. [Consultado el 27, mayo, 2019] Disponible en: <https://avelinoSantiago/shell-fundamentos-de-lubricantes>

SONG,Jin Hwan, et al. Polyhydroxyalkanoate (PHA) Production Using Waste Vegetable Oil by

SOPORTE MINITAB. ¿Qué son los diseños de superficie de respuesta, los diseños centrales compuestos y los diseños de Box-Behnken? [Consultado el 30, octubre, 2019]. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/response-surface-designs/response-surface-central-composite-and-box-behnken-designs/>

SRIVASTAVA Anjana y SAHAI Preeti. Vegetable oils as lube basestocks. 2013. 880 – 891.

Shukla Shiv. Bio-Based Lubricants Market Size & Share | Growth Analysis 2022. [0]. [[Consultado el 3, octubre,2019]. Disponible en: <https://www.alliedmarketresearch.com/bio-based-lubricants-market>

SUN,Guo, *et al.* K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-loaded hydrotalcite: A promising heterogeneous solid base catalyst for biolubricant base oil production from waste cooking oils. [1]:2017. 118-127

SYAHIR,A. Z., et al. A review on bio-based lubricants and their applications. En: JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION. December 1,.vol. 168, p. 997-1016  
TECNAS. Hidrolisis enzimática y su aplicación en alimentos. [Consultado el 10, octubre,2019]. Disponible en: <http://www.udla.edu.co/documentos/docs/Programas%20Academicos/Ingenieria%>

[20de%20Alimentos/Eventos/X%20Semana%20Alimentaria/Hidrolisis%20enzimatic  
a%20y%20su%20aplicacion%20en%20alimentos%20-  
%20Cristian%20Salazar%202012.pdf](http://www.cega.org.cy/es/storage/2018/07/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation.pdf)

The Circular Economy. [0]. Disponible en:  
[http://www.cega.org.cy/es/storage/2018/07/the-circular-economy-a-powerful-force-  
for-climate-mitigation.pdf](http://www.cega.org.cy/es/storage/2018/07/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation.pdf)

ULLMANN,Fritz; ULLMANN,Fritz and ULLMANN,Fritz. Ullmann's chemical engineering and plant design. Weinheim ; Great Britain: Wiley-VCH, 2005. 1381 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE NORDESTE. [Consultado el 15, junio, 2019] Clasificación de un aceite lubricante a través de sus parámetros característicos. Disponible en: [http://ing.unne.edu.ar/pub/informes\\_lubricantes.pdf](http://ing.unne.edu.ar/pub/informes_lubricantes.pdf)

Uosukainen, E.; Linko, Y.; Lämsä, M.; Tervakangas, T.; Linko, P. Transesterification of Trimethylolpropane and Rapeseed Oil Methyl Ester to Environmentally Acceptable Lubricants [Journal] // Journal of the American Oil Chemists' Society. - 1998. - 11: Vol. 75. - pp. 1557 - 1563

VAN HOVE, Eduardo Perero. Curso de Bioeconomía. [0]. Disponible en: <http://agripa.org/download-file/63823-105859>

Van Koerten, K., 2016. Deep Frying: From Mechanisms to Product Quality PhD. Dissertation. Wageningen University.

Venkata, R., Subramanyam, R., 2016. Evaluation of the deleterious health effects of consumption of repeatedly heated vegetable oil. Toxicol. Rep. 3, 636–643. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.08.003>.

YEPES P. Víctor. Metodología de superficie respuesta. Universitat Politècnica de Valencia. [Consultado el 6, noviembre, 2019]. Disponible en: [https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/04/19/que-es-la-metodologia-de-las-  
superficies-de-respuesta/](https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/04/19/que-es-la-metodologia-de-las-superficies-de-respuesta/)

ZONA DIET. Frituras y cambios que se producen al freír los alimentos. [Consultado el 22, agosto, 2019]. Disponible en: <https://www.zonadiet.com/alimentacion/frituras.htm>

# **ANEXOS**

## ANEXO A. FICHAS TÉCNICAS REACTIVOS

### 1. Etanol.

#### Ficha técnica etanol 1/2

ETANOL (ANHIDRO)		ICSC: 0044	
		Octubre 2000	
Alcohol etílico			
CAS:	64-17-5	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ / $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$	
RTECS:	KQ6300000	Masa molecular: 46.1	
NU:	1170		
CE Índice Anexo I:	603-002-00-5		
CE / EINECS:	200-578-6		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes fuertes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
<b>EXPLOSIÓN</b>	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN			
<b>Inhalación</b>	Tos. Dolor de cabeza. Fatiga. Somnolencia.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
<b>Piel</b>	Piel seca.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar con agua y jabón.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento. Dolor. Quemazón.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Sensación de quemazón. Dolor de cabeza. Confusión. Vértigo. Pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO		
Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Eliminar el residuo con agua abundante.	<b>Clasificación UE</b> Símbolo: F R: 11 S: (2)-7-16 <b>Clasificación NU</b> Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II		
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1170. Código NFPA: H 0; F 3; R 0;	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.		
<b>IPCS</b> International Programme on Chemical Safety			
			
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005			

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.ebd.csic.es/lie/PDF/ETANOL.pdf>

Ficha técnica etanol 2/2.

<b>ETANOL (ANHIDRO)</b>		<b>ICSC: 0044</b>
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO:</b> Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p><b>PELIGROS FÍSICOS:</b> El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.</p> <p><b>PELIGROS QUÍMICOS:</b> Reacciona lentamente con hipoclorito cálcico, óxido de plata y amoníaco originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como ácido nítrico, nitrato de plata, nitrato de mercurio o perclorato magnésico, originando peligro de incendio y explosión.</p> <p><b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN:</b> TLV: 1000 ppm (como TWA), A4 (no clasificable como cancerígeno humano) (ACGIH 2004). MAK: 500 ppm; 960 mg/m<sup>3</sup>, Categoría de limitación de pico: II(2), Cancerígeno: categoría 5, Mutágeno: categoría 5, Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2004).</p>	<p><b>VÍAS DE EXPOSICIÓN:</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN:</b> Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.</p> <p><b>EFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:</b> La sustancia irrita los ojos. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar irritación de los ojos y del tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.</p> <p><b>EFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:</b> El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central, dando lugar a irritación, dolor de cabeza, fatiga y falta de concentración. Ver Notas.</p>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
<p>Punto de ebullición: 79°C Punto de fusión: -117°C Densidad relativa (agua = 1): 0,8 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 5,8 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,6</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,03 Punto de inflamación: 13°C c.c. Temperatura de autoignición: 363°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.3-19 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.32</p>	
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
<b>NOTAS</b>		
<p>El consumo de etanol durante el embarazo puede afectar al feto. La ingesta crónica de etanol puede causar cirrosis hepática. El punto de inflamación de la disolución acuosa al 50% es 24°C. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en abril de 2005: ver Límites de exposición.</p>		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2013): VLA-EC: 1000 ppm; 1910 mg/m<sup>3</sup></p> <p>Notas: Esta sustancia tiene prohibida total o parcialmente su comercialización y uso como fitosanitario y/o biocida.</p>		
<b>Nota legal</b>	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>	

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.ebd.csic.es/lie/PDF/ETANOL.pdf>

## 2. Laurato de etilo.

### Ficha técnica laurato de etilo 1/1.

**ventos**  
LEADERS IN ESSENCE

### FICHA TECNICA

VERSION	4,00	FECHA VERSION	26/09/12	FECHA IMPRESION	19/11/19
<b>PRODUCTO</b>	LAURATO DE ETILO				
<b>USOS</b>	Materia prima de uso industrial destinada a la fabricación de aromas.				
<b>NOMBRE IUPAC</b>	DODECANOATO DE ETILO				
<b>SINONIMOS</b>	DODECILATO DE ETILO				
<b>FORMULA</b>	C14 H28 O2				
<b>PESO MOLECULAR</b>	228,00				
<b>CAS</b>	106-33-2				
<b>EINECS</b>	203-386-0				
<b>FEMA</b>	2441				
<b>PARTIDA ARANCELARIA</b>	2915903090				
<b>APTO ALIMENTACION</b>	DISPONIBLE BAJO PETICIÓN				
<b>Nº REGISTRO REACH</b>	Disponible bajo petición. El producto se puede suministrar con o sin REACH.				

CCCCCCCCCCCC(=O)OCC

### ESPECIFICACIONES

<b>ASPECTO A 20° C</b>	LIQUIDO FLUIDO TRANSPARENTE	
<b>COLOR</b>	INCOLORO	
<b>OLOR</b>	FLORAL, AFRUTADO, RON	
<b>SABOR</b>		
<b>DENSIDAD A 20° C (g / ml)</b>	0,857	- 0,867
<b>DENSIDAD 25/25</b>	0,858	- 0,863
<b>INDECE REFRACCION nD20</b>	1,4300	- 1,4340
<b>INDECE REFRACCION nD25</b>		-
<b>ROTACION OPTICA (°)</b>		-
<b>PUNTO DE EBULLICION (°C)</b>	271 - 273	
<b>PUNTO DE FUSION (°C)</b>	-	
<b>PUNTO DE INFLAMACION (°C)</b>	110,00	
<b>RIQUEZA (%GC)</b>	> 98	
<b>ACIDEZ (mg KOH/g)</b>	< 1	
<b>SOLUBILIDAD</b>	INSOLUBLE EN AGUA	
<b>PRESION VAPOR</b>	NO DETERMINADA	
<b>OTRAS SOLUBILIDADES</b>	SOLUBLE EN ETANOL	

### OTROS DATOS TECNICOS

### ESTABILIDAD Y ALMACENAJE

GUARDAR EN RECIPIENTES BIEN LLENOS Y CERRADOS EN LUGAR FRESCO Y SECO Y AL ABRIGO DE LA LUZ.  
SUPERADOS LOS 24 MESES DE ALMACENAJE, SE DEBERA CONTROLAR LA CALIDAD ANTES DE USAR.

LOS DATOS INDICADOS CORRESPONDEN A NUESTROS CONOCIMIENTOS ACTUALES Y NO PRESENTAN UNA GARANTIA DE LAS PROPIEDADES. EL RECEPTOR DE NUESTRO PRODUCTO DEBERA OBSERVAR, BAJO SU RESPONSABILIDAD, LAS REGULACIONES Y NORMATIVAS CORRESPONDIENTES.

ESTE PRODUCTO NO HA SIDO FILTRADO POR MOTIVOS TECNOLÓGICOS. DESACONSEJAMOS SU USO SIN FILTRAR CUANDO SE UTILICE COMO MATERIA PRIMA PARA EL PRENTO DESTINADO AL CONSUMIDOR FINAL.

**Emesa Ventos, SA**  
Carrión Road, 120 8 • 08190 Sant Just Desvern • (Barcelona) España • T. +34 934 704 210 • F. +34 934 733 010 • E-mail: info@ventos.com • <http://www.ventos.com>

E.01. info@ventos.com en la página número 101 de 147 (2019) C.F.P.A. A.M.00144

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.ventos.com › index.php › producto › LAURATO+DE+ETILO>

### 3. Acetona

Ficha técnica acetona 1/6.

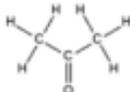


## Hoja de seguridad Acetona MSDS



#### Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Acetona.
- **Número CAS:** 67-64-1.
- **RTECS:** AL3150000.
- **Fórmula química:** CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>.
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 58,04 g/mol.
- **Sinónimos:** 2- Propanona, Acetona, Dimetil acetona, DMK, Propano cetona.
- **Usos recomendados:** análisis químico.

**Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

#### Sección 2. Identificación del peligro o peligros

##### Descripción de peligros:



Combustible



Peligroso para el ambiente

##### Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

Este producto es altamente combustible, alejar de fuentes de ignición.

##### Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

<b>SALUD</b>	2
<b>INFLAMABILIDAD</b>	3
<b>REACTIVIDAD</b>	0

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category)

## Ficha técnica laurato de etilo 2/6.

### Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.
- Utilice un sistema de extracción local para eliminar los vapores.
- Alejar de llamas y fuentes de ignición.

### Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

#### Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
67-64-1	Acetona	99.9 %

### Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** Sustancia nociva para la salud, si alguno de estos síntomas se presentan, buscar atención médica de inmediato
- **Contacto ocular:** Lavar de inmediatamente con abundante agua manteniendo los párpados abiertos por lo menos 15 minutos. Obtener atención médica inmediatamente.
- **Contacto dérmico:** Lavar con agua y jabón, remover la ropa contaminada. Si ocurre una irritación buscar atención médica. Lave la ropa antes de usarla nuevamente.
- **Inhalación:** Trasladar a la persona afectada a una atmósfera no contaminada para que respire aire puro. Si no se produce una rápida recuperación, obtener atención médica inmediatamente.
- **Ingestión:** Haga que la víctima se enjuague la boca con agua para eliminar el sabor de la boca, si vomita espontáneamente, mantenga su cabeza bajo. Los síntomas persisten obtener atención médica.

#### Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Irritación, conjuntivitis. Puede crear algún grado de lesión temporal de la cornea
- **Contacto dérmico:** Desecamiento y agrietamiento de la piel por su acción desengrasante. Su absorción por la piel puede causar narcosis.
- **Inhalación:** Irritación en los ojos, nariz, garganta. Dolor de cabeza, letargo, mareo, náuseas, incoherencia, confusión, pérdida de consciencia. En concentraciones superiores a 12000 ppm sus vapores son narcóticos y anestésicos
- **Ingestión:** Puede causar irritación del tracto digestivo (náusea, vómito). Puede afectar el sistema nervioso central (conducta) caracterizado por depresión, fatiga, excitación, dolor de cabeza, tiempos de sueño alterados, ataxia. Puede también tener efectos musculares.

#### Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** No disponible.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

### Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Usar dióxido de carbono, polvo químico seco, espuma anti alcohol, arena o

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category)

## Ficha técnica Laurato de etilo 3/6.

- tierra, agua pulverizada. El agua a chorro es ineficaz como extintor.
- **Productos peligrosos por combustión:** Monóxido de carbono y dióxido de carbono.
  - **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

### Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro, demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Usar equipo de protección personal. Eliminar toda fuente de ignición.  
Usar: gafas herméticas resistentes a productos químicos, guantes de caucho natural, botas y traje impermeable (de goma de butilo, polietileno clorado y goma de estireno -butadieno).
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** No toque los recipientes dañados ni el material derramado si no está usando ropa protectora adecuada. Detener la fuga si puede hacerlo sin riesgo. Evite la entrada a alcantarillas, sótanos o áreas confinadas. Absorber con tierra seca, arena u otro material no combustible y transferir a contenedores.

### Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto. Quitarse la ropa y el equipo protector contaminados antes de entrar en los comedores. Lea las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Manipular alejado de fuentes de ignición y calor. Trabajar bajo vitrina extractora. No inhalar la sustancia.
- **Condiciones de almacenamiento:** Mantener bien cerrado, en lugar ventilado, alejado de fuentes de ignición y de calor.

### Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

#### Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	750 ppm
STEL	1000 ppm

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Equipo de respiración autónomo (SCBA).
- **Equipo de protección ocular:** Gafas de seguridad para químicos a prueba de salpicaduras con lente de policarbonato.
- **Equipo de protección dérmica:** Careta, guantes, overol de PVC y botas de caucho.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category)

Ficha técnica laurato de etilo 4/6.

Sección 9. Propiedades físicas y químicas	
Estado físico	Líquido
Color	sin color
Olor	Picante , dulce y penetrante
Umbral olfativo	No disponible
pH	No disponible
Punto de fusión	-95,3 °C
Punto de ebullición	55,8 - 56,6 °C
Punto de inflamación	-18 °C
Tasa de evaporación	No aplica
Límites de explosión	Inferior : 2,5% v/v Superior: 13% v/v
Presión de vapor a 20°C	24 kPa
Densidad relativa de vapor (aire=1)	2,0
Densidad relativa (agua=1)	0,8
Solubilidad en agua	Completamente soluble.
Solubilidad en otros disolventes	Miscible en alcohol, éter, cloroformo, dimetilformamida y algunos aceites vegetales
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	-0,24
Temperatura de autoinflamación	465 °C
Temperatura de descomposición	235 °C
Peligro de explosión	No disponible
Viscosidad	No disponible

Sección 10. Estabilidad y reactividad
<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Reactividad:</b> Inflamable.</li> <li>– <b>Estabilidad:</b> Sensible a la luz, sensible al aire, plásticos, goma. En estado gaseoso existe riesgo de explosión con el aire.</li> <li>– <b>Incompatibilidad:</b> Reacciona violentamente con agentes oxidantes fuertes, cloroformo, cloruro de cromilo aminos alifáticos, ácido acético, nítrico, perclorato de nitrosilo, ácido permonosulfónico, sulfúrico cloruro de nitrosilo.</li> <li>– <b>Productos de polimerización:</b> No hay riesgo de polimerización.</li> <li>– <b>Productos peligrosos de la descomposición:</b> CO, CO<sub>2</sub>.</li> </ul>

Sección 11. Información toxicológica
<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Toxicidad agua:</b> Peligroso para la vida acuática aun en condiciones bajas. Mortal para peces.</li> <li>– <b>Corrosión/irritación cutáneas:</b> Sí.</li> </ul>

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category)

- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** Mutagénico en bacterias y levaduras.
- **Carcinogenicidad:** IV (no clasificable ni para humanos ni para animales).
- **Toxicidad para la reproducción:** Sí
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana-Exposición única:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Sí.
- **Posibles vías de exposición:** Dermal, oral y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** Irritación y corrosión de órganos.
- **Efectos retardados:** Clasificado como desarrollador de toxina en la hembra y sospechoso de desarrollar toxina en el macho.
- **Efectos crónicos:** Puede afectar el material genético y la reproducción

- **LD/LC50:**

<b>Oral (LD-50)</b>	5800 mg/Kg (rata)
<b>Dermal (LD-50)</b>	20 mg/Kg (conejo)
<b>Inhalativa (LC-50)</b>	76 mg/L (rata)

**Sección 12. Información ecotoxicológica**

- **Toxicidad Acuática:**  
 CL<sub>50</sub>, 96 h *Oncorhynchus mykiss* (Trucha irisada): 5,540 mg/L.  
 CL<sub>50</sub>, 24 h *Daphnia magna* (Pulga de mar grande): 10 mg/L.  
 CL<sub>50</sub>, 96 h *L. macrochirus*: 8300 mg/L.  
 CE<sub>5</sub>, 8 días *M. aeruginosa*: 530 mg/L.  
 CE<sub>5</sub>, 72 h *E. sulcatum*: 28 mg/L.
- **DBO<sub>5</sub>:** 1.87 g/g.
- **DQO:** 2.07 g/g.
- **Persistencia y degradabilidad:** Degradable en el mediano plazo.
- **Potencial de bioacumulación:** No disponible.
- **Movilidad en el suelo:** No disponible.
- **Otros efectos adversos:** Presenta evidencias de mutagénico para células somáticas de mamíferos. Mutagénico para bacterias y levaduras, de carcinogenicidad clasificado A4 (no clasificable ni para humanos ni para animales) por ACGIH y teratogenicidad según experimentos con animales clasificado como desarrollador de toxina en la hembra y sospechoso de desarrollar toxina en el macho.

**Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos**

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado en forma apropiada y aprobada. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar la gestión de residuos. Deseche el envase y el contenido no utilizado de conformidad de acuerdo con los requisitos estatales.

**Sección 14. Información relativa al transporte**

- **N° ONU:** 1090

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category)

## Ficha técnica Laurato de etilo 6/6.

- **Designación oficial de transporte de las Naciones:** Sustancia de etiqueta roja con la leyenda de "inflamable" con grado de inflamabilidad de 3, así como etiqueta negra con clasificación 9.2
- **Riesgos ambientales:** Peligroso para la vida acuática
- **Precauciones especiales:** No transporte con sustancias explosivas, sólidos que liberan gases inflamables, comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, ni alimentos.

### Sección 15. Información sobre la reglamentación

Regulado por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE). Considerado precursor según la Lista 2 del artículo 51 del Reglamento General a la Ley Sobre Estupefacientes, Sustancias Psicotrópicas, Drogas de Uso no Autorizado, Legitimación de Capitales y Actividades Conexas (Decreto N°31684 -MP-MSP-H-COMEX-S)

### Sección 16. Otras informaciones

#### Frases R:

R 11: Fácilmente inflamable.

R 36: Irrita los ojos.

R 66: La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

R 67: La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

#### Frase S:

S 9: Manténgase el recipiente en lugar bien ventilado.

S 16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispa. No fumar.

S 26: En caso de contacto con los ojos lávense inmediatamente con abundante agua.

**Fecha de preparación de la hoja de seguridad:** 24 de julio de 2012.

**Versión:** 1.0

**Modificaciones respecto a versión anterior:** 31 de mayo de 2016.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category).

#### 4. Éter etílico

##### Ficha técnica eter etílico 1/2.

##### DIETILETER

ICSC: 0355

			
<b>DIETILETER</b> Eter dietílico Eter etílico $C_4H_{10}O$ Masa molecular: 74.1			
Nº CAS 60-29-7 Nº RTECS KI5775000 Nº ICSC 0355 Nº NU 1155 Nº CE 603-022-00-4			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con superficies calientes.	Espuma resistente al alcohol, polvo, dióxido de carbono.
<b>EXPLOSION</b>	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilicense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
<b>EXPOSICION</b>			
<b>• INHALACION</b>	Dolor de cabeza, somnolencia, vómitos, narcosis, pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
<b>• PIEL</b>	Piel seca.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
<b>• OJOS</b>	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
<b>• INGESTION</b>	Vértigo, somnolencia, vómitos.	No comer, ni beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. Protección personal adicional: respirador de filtro para gases y vapores orgánicos.	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Ver Peligros Químicos. Mantener en lugar fresco y en la oscuridad. Almacenar solamente si está estabilizado.	Hermético. símbolo F+ símbolo Xn R: 12-19-22-66-67 S: (2-)9-16-29-33 Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: I	
		 	

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0355.pdf>

Ficha técnica éter etílico 2/2.

<b>DIETILETER</b>		ICSC: 0355
<b>D A T O S  I M P O R T A N T E S</b>	<p><b>ESTADO FISICO; ASPECTO</b> Líquido incoloro, higroscópico muy volátil, de olor característico.</p> <p><b>PELIGROS FISICOS</b> El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p><b>PELIGROS QUIMICOS</b> La sustancia puede formar peróxidos explosivos bajo la influencia de la luz y el aire. Reacciona violentamente con halógenos, compuestos interhalogenados, compuestos de azufre y oxidantes, originando peligro de fuego y explosión. Ataca al plástico y caucho.</p> <p><b>LIMITES DE EXPOSICION</b> TLV: 400 ppm como TWA; 500 ppm como STEL (ACGIH 2001). LEP UE: 100 ppm, 308 mg/m<sup>3</sup> como TWA; 200 ppm, 616 mg/m<sup>3</sup> como STEL (UE 2000).</p>	<p><b>VIAS DE EXPOSICION</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACION</b> Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</b> La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede originar aspiración dentro de los pulmones con riesgo de neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a narcosis.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</b> El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar el sistema nervioso central. Precaución, las exposiciones pueden llegar a ser adictivas</p>
	<p><b>PROPIEDADES FISICAS</b></p> <p>Punto de ebullición: 35°C Punto de fusión: -116°C Densidad relativa (agua = 1): 0.7 Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 6.9 Presión de vapor, kPa a 20°C: 58.6 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.6</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.9 Punto de inflamación: -45°C Temperatura de autoignición: 160-180°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.7-49 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.89</p>
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
<b>NOTAS</b>		
<p>El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Antes de la destilación comprobar si existen peróxidos; en caso positivo eliminarlos.</p> <p style="text-align: right;">Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1155 Código NFPA: H 1; F 4; R 1;</p>		
<b>INFORMACION ADICIONAL</b>		
FISQ: 3-097 DIETILETER	Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: <a href="http://www.insht.es/">http://www.insht.es/</a>	
<b>ICSC: 0355</b>	© CCE, IPCS, 2008	<b>DIETILETER</b>
<b>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</b>	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.	

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0355.pdf>

## 5. Hidróxido de potasio

### Ficha técnica hidróxido de potasio 1/2.

HIDRÓXIDO DE POTASIO		ICSC: 0357 Mayo 2010	
CAS: 1310-58-3 Potasa cáustica NU: 1813 Hidrato de potasio CE Índice Anexo I: 019-002-00-8 Lejía de potasio CE / EINECS: 215-181-3 KÓH Masa molecular: 56.1			
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El contacto con la humedad o el agua, puede generar suficiente calor para provocar la ignición de materiales combustibles.	NO poner en contacto con agua.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con: (ver Peligros Químicos).	NO poner en contacto con materiales incompatibles. (Ver Peligros Químicos)	
EXPOSICIÓN		<b>EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO/ EVITAR TODO CONTACTO</b>	<b>CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!</b>
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras cutáneas graves. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Quemaduras en la boca y la garganta. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Náuseas. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber un vaso pequeño de agua, pocos minutos después de la ingestión. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
<b>DERRAMES Y FUGAS</b>		<b>ENVASADO Y ETIQUETADO</b>	
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico. Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro.		No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: C R: 22-35 S: (1/2)-26-36/37/39-45 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Nocivo en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Puede provocar irritación respiratoria.	
<b>RESPUESTA DE EMERGENCIA</b>		<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Código NFPA: H3; F0; R1		Separado de alimentos y piensos, ácidos fuertes y metales. Almacenar en el recipiente original. Mantener en lugar seco. Bien cerrado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0357.pdf>

## Ficha técnica hidróxido de potasio 2/2.

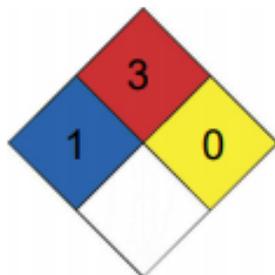
<b>HIDRÓXIDO DE POTASIO</b>		<b>ICSC: 0357</b>
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Sólido blanco e higroscópico en diversas formas</p> <p><b>PELIGROS QUÍMICOS</b> La disolución en agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales, tales como: aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible (hidrógeno - ver FISQ:0001). Reacciona con sales de amonio produciendo amoniaco, originando peligro de incendio. El contacto con la humedad o el agua puede generar calor (ver Notas).</p> <p><b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN</b> TLV: 2 mg/m<sup>3</sup> (Valor techo) (ACGIH 2010). MAK no establecido.</p>	<p><b>VÍAS DE EXPOSICIÓN</b> Efectos locales graves</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN</b> Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN</b> La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
<p>Punto de ebullición: 1324°C Punto de fusión: 380°C Densidad: 2.04 g/cm<sup>3</sup></p> <p>Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 110 (muy elevada).</p>		
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente; debe prestarse atención especial a los organismos acuáticos.		
<b>NOTAS</b>		
El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Otro nº NU: NU1814 Disolución de hidróxido de potasio, clasificación de peligro 8, grupo de envasado II-III.		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011):</p> <p>VLA-EC: 2 mg/m<sup>3</sup></p>		

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0357.pdf>

## 6. Fenolftaleína

### Ficha técnica fenolftaleína 1/2.

FECHA DE REVISIÓN: 01/07/2012



NFPA 704

### HOJA DE SEGURIDAD FENOLFTALEÍNA TS



TELEFONOS: PBX (571) 2401800 Bogotá D. C.

#### IDENTIFICACIÓN

<b>Fórmula:</b>	$C_{20}H_{14}O_4$
<b>Composición:</b>	$C_{20}H_{14}O_4, C_2H_5OH$
<b>Peso molecular:</b>	318.33g/mol
<b>Código interno:</b>	T1324, T1325, T1326
<b>Número CAS:</b>	77-09-8
<b>Número ONU:</b>	N.D
<b>Clase ONU:</b>	3.2
<b>Usos:</b>	Indicador de pH en el rango de 8.2 a 10, reactivo de análisis para laboratorio.

#### IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Pictogramas de peligro:



Palabra de advertencia: PELIGRO

**Indicaciones de peligro:** H225: Líquido y vapores muy inflamables

**Consejos de prudencia:** P210: Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. — No fumar; P233: Mantener el recipiente herméticamente cerrado; P240: Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción; P241: Utilizar un material eléctrico, de ventilación o de iluminación anti deflagrante; P242: Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas; P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P303 + P361 + P353: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua o ducharse; P370+P378: En caso de incendio: Polvo químico seco, espuma para alcohol, dióxido de carbono o agua en forma de rocío; P370+P378: En caso de incendio: Polvo químico seco, espuma para alcohol, dióxido de carbono o agua en forma de rocío; P403 + P235: Almacenar en un lugar bien

---

MOL LABS LTDA. \* PBX 2 40 1800 \* FAX 2 25 8254 \* Bogotá, Colombia \* [www.mollabs.com](http://www.mollabs.com)

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: [https://www.javeriana.edu.co/documents/4486808/5015300/FENOLFTALEINA+EN+ETANOL\\_MOL+LABS.pdf](https://www.javeriana.edu.co/documents/4486808/5015300/FENOLFTALEINA+EN+ETANOL_MOL+LABS.pdf)

## Ficha técnica fenolftaleína 2/2.

ventilado. Mantener en lugar fresco; P501: No arrojar los desechos por el vertedero. Eliminar hacia un recipiente de disolventes orgánicos exentos de halógenos, fuertemente ensuciados y soluciones de material.

### COMPOSICIÓN

<b>Nombre del componente:</b>	Alcohol Etílico (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH)
<b>Numero CAS:</b>	64-17-5
<b>Numero ONU:</b>	1170
<b>Nombre del componente:</b>	Fenolftaleína (CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH) 0.1%
<b>Numero CAS:</b>	77-09-8
<b>Numero ONU:</b>	N.D

### EFFECTOS PARA LA SALUD

#### Límites de exposición ocupacional:

<b>TWA:</b>	N. R.
<b>STEL:</b>	N. R.
<b>TECHO (C):</b>	N. R.
<b>IPVS:</b>	N. R.

**Inhalación:** Altas concentraciones del vapor pueden causar somnolencia, tos, irritación de los ojos y el tracto respiratorio, dolor de cabeza y síntomas similares a la ingestión.

**Ingestión:** Sensación de quemadura. Actúa al principio como estimulante seguido de depresión, dolor de cabeza, visión borrosa, somnolencia e inconsciencia. Grandes cantidades afectan el aparato gastrointestinal.

**Piel:** Resequedad.

**Ojos:** Irritación, enrojecimiento, dolor, edema de párpados o conjuntiva, sensación de quemadura.

**Efectos crónicos:** A largo plazo produce efectos narcotizantes. Afecta el sistema nervioso central, irrita la piel (dermatitis) y el tracto respiratorio superior. La ingestión crónica causa cirrosis en el hígado.

### PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.

**Ingestión:** Lavar la boca con agua. Inducir al vómito. No administrar carbón animal, ni leche. Buscar atención médica inmediatamente.

**Piel:** Lavar la piel con abundante agua. Retirar la ropa contaminada y lávela con abundante agua y jabón.

**Ojos:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

### RIESGOS DE INCENDIO Y/O EXPLOSIÓN

**Punto de inflamación (°C):** N. R.

**Temperatura de autoignición (°C):** N. R.

**Límites de inflamabilidad (%V/V):** N. R.

**Peligros de incendio y/o explosión:** Inflamable. Se evapora fácilmente. Sus vapores se depositan en las zonas bajas y pueden formar mezclas explosivas con el aire si se concentran en lugares confinados.

**Productos de la combustión:** Se liberan óxidos de carbono.

**Precauciones para evitar incendio y/o explosión:** Evitar toda fuente de ignición o calor. Separar de materiales incompatibles. Conectar a tierra los contenedores para evitar descargas electrostáticas. Mantener buena ventilación y no fumar en el área de trabajo. Los equipos de iluminación y eléctricos deben ser a prueba de explosión.

MOL LABS LTDA. \* PBX 2 40 1800 \* FAX 2 25 8254 \* Bogotá, Colombia \* [www.mollabs.com](http://www.mollabs.com)

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: [https://www.javeriana.edu.co/documents/4486808/5015300/FENOLFTALEINA+EN+ETANOL\\_MOL+LABS.pdf](https://www.javeriana.edu.co/documents/4486808/5015300/FENOLFTALEINA+EN+ETANOL_MOL+LABS.pdf)

7. Yoduro de potasio.

Ficha técnica yoduro de potasio 1/3.



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
COMITÉ DE BIOSEGURIDAD  
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Yoduro de Potasio

<p><b>SECCION I. DATOS GENERALES DE LAS HDS</b>                  Proveedor:                  Teléfono:                  Emergencias: Centro de atención y respuesta a emergencias (55)-21-22-16-59                  SETIQ 01-800-00-214-00</p>		
<p><b>SECCION II. DATOS DE LA SUSTANCIA QUIMICA PELIGROSA</b>                  -Formula química: KI                  -Nombre químico: Yoduro de potasio                  Sinónimos: Sal de potasio del ácido yódico.</p>		
<p><b>SECCION III. IDENTIFICACION DE SUSTANCIA QUIMICA PELIGROSA</b>                  No. CAS: 7681-11-0                  No. ONU: 1643                  LMPE-PPT, LMPE-CT y LMPE-P: DL50 Oral-rata: No reportado                  IPVS(IDLH): S/D                  RIESGO A LA SALUD: 0                  RIESGO DE INFLAMABILIDAD: 1                  Sólido inflamable, categoría 1                  -Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse por el suelo.                  -En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire                  -En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.                  -El fuego puede provocar emanaciones de: Amoniaco, óxidos de nitrógeno                  RIESGO DE REACTIVIDAD: 0</p>		
<p><b>SECCION IV. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS</b>                  -Peso molecular: 166 g/mol                  -Temperatura de ebullición: 1345 °C                  -Temperatura de fusión: 681 °C                  -Temperatura de inflamación: 199°C</p>		

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/YoduroDePotasio.pdf>

Ficha técnica yoduro de potasio 2/3.



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
COMITÉ DE BIOSEGURIDAD  
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Yoduro de Potasio

<p>-Temperatura de ignición: No identificado -Densidad: 3.12 g/cm<sup>3</sup> (25°C) -Ph: 8-9 (10g/l, H<sub>2</sub>O, 20°C) -Estado físico: Líquido -Color: Incoloro-blanco -Olor: Inodoro -Solubilidad en agua: Muy soluble en agua (0.1-1%) -Presión de vapor: No especificado</p>	
<p><b>SECCION V. RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION</b> -Medios de Extinción: Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono. -Equipo de protección especial de lucha contra incendios: Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada. -Recomendaciones para el personal en caso de incendio: permanezca en el área de riesgo solo con sistemas de respiración independientes al ambiente</p>	<p>-Condiciones que producen otro riesgo especial: reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción del fuego</p>
<p><b>SECCION VI. REACTIVIDAD</b> -Estabilidad: El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (A temperatura ambiental) -Inestabilidad: Evitar calentarlo, debe considerarse crítico un intervalo a partir de aproximado de 25°kelvin por debajo del punto de inflamación y la exposición a la humedad. -Incompatibilidad: Agentes oxidantes fuertes -Productos peligrosos de la descomposición: Óxido de azufre y óxido de nitrógeno. -Posibilidad de reacciones peligrosas:</p>	
<p><b>SECCION VII. RIESGOS A LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS</b> Según Vía de Ingreso al Organismo: -Ingestión: Nocivo, hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos) -Inhalación: Nocivo Aire fresco, si ha parado de respirar dar respiración artificial. -Contacto con la piel: Provoca irritación cutánea. Aclarar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada. -Contacto con ojos: Provoca irritación ocular grave. Aclarar con abundante agua, llamar inmediatamente al oftalmólogo. Sustancia Química Considerada como: -Mutagénica: Negativo Otros Riesgos o Efectos para la Salud -Efectos irritantes, conjuntivitis, tos, insuficiencia respiratoria, náusea, dolor de cabeza y vértigo</p>	

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/YoduroDePotasio.pdf>

Ficha técnica yoduro de potasio 3/3.



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
COMITÉ DE BIOSEGURIDAD  
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Yoduro de Potasio

Antídotos: S/D
<b>SECCION VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES</b> Procedimiento y precauciones inmediatas -Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar el contacto con la sustancia, evitar la inhalación del polvo, asegúrese una ventilación apropiada, evacue el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia y consulte con los expertos
<b>SECCION IX. PROTECCION ESPECIAL ESPECIFICA PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA</b> -Protección de los ojos /cara: Gafas de seguridad -Protección de las manos sumersión: Guante de caucho nitrilo de 0.11mm de espesor tiempo de perforación de >480min -Protección respiratoria: Mascarilla con un filtro recomendado P 2
<b>SECCION X. INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION</b> -ADR/RID: Transporte terrestre -Peligrosas ambientalmente: No

<b>SECCION XI. INFORMACION SOBRE ECOLOGIA</b> De acuerdo con la SEMARNAP en Materia de agua, aire, suelo y residuos peligrosos -Toxicidad: 1.-Oral aguda DL50 rata: No reportado Síntomas, náuseas. 2.-Inhalación aguda: Síntomas, irritación de las mucosas. 3.-piel: Irritación de la misma 4.-Ojo: Irritación ocular -Persistencia y degradabilidad: Biodegradabilidad, no es fácilmente biodegradable -Potencial de bioacumulación: coeficiente de reparto n-octano/agua log pow:-0.49 (calculado) no es de esperar una bioacumulación -Movilidad en el suelo: S/D -Resultados de la valoración PBT y mPmB: No se hizo, debido al hecho de que una evacuación de peligro químico no es necesaria o no existe. -otra información importante: La descarga en el ambiente debe ser evitada
<b>SECCION XII. PRECAUCIONES ESPECIALES</b> Para su Manejo, Transporte y Almacenamiento -Manejo: Evítese el contacto con los ojos y piel. Evítese la formación de polvo y aerosoles. Debe disponer una extracción adecuada en aquellos lugares donde se forma polvo. Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas. No fumar. Tomar medidas para impedir la acumulación de cargas electrostáticas. -Almacenamiento Seguro: Almacenar en un lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Es fuertemente Higroscópico, sensible al aire y a la humedad, manipular y almacenar en atmosfera inerte. Almacenar entre +15°C y +25°C

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/YoduroDePotasio.pdf>

## 8. Tiosulfato de sodio.

### Ficha técnica tiosulfato de sodio 1/3.



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
COMITÉ DE BIOSEGURIDAD  
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Tiosulfato de Sodio Pentahidratado

<b>SECCION I. DATOS GENERALES DE LAS HDS</b> Proveedor: Teléfono: Emergencias: Centro de atención y respuesta a emergencias (55)-21-22-16-59 SETIQ 01-800-00-214-00		
<b>SECCION II. DATOS DE LA SUSTANCIA QUIMICA PELIGROSA</b> -Formula química: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -Nombre químico: Tiosulfato de sodio pentahidratado Sinónimos: Hiposulfito de Sodio,	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	
<b>SECCION III. IDENTIFICACION DE SUSTANCIA QUIMICA PELIGROSA</b> No. CAS: 1762-95-4 No. ONU: Sin dato LMPE-PPT, LMPE-CT y LMPE-P: DL50 Oral-rata: No reportado IPVS(IDLH): S/D RIESGO A LA SALUD: 2 Inhalación: Puede ser nocivo si se inhala. Provoca una irritación del tracto respiratorio. Piel: Nocivo si es absorbido por la piel. Provoca irritación de la piel. Ojos: provoca irritación de ojos. Ingestión: Nocivo por ingestión; Puede causar vómito, diarrea, dolor estomacal, daño en los riñones, daño celular, afecta el sistema nervioso central y puede causar irritación gastrointestinal RIESGO DE INFLAMABILIDAD: 0 RIESGO DE REACTIVIDAD: 0		
<b>SECCION IV. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS</b> -Peso molecular: 248.13g/mol -Temperatura de ebullición: No identificado -Temperatura de fusión: 143 °C -Temperatura de inflamación: No identificado -Temperatura de ignición: No identificado		

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/TiosulfatoDeSodioPentaidratado.pdf>

Ficha técnica tiosulfato de sodio 2/3.



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
COMITÉ DE BIOSEGURIDAD  
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Tiosulfato de Sodio Pentahidratado

<p>-Densidad: 1.6 g/cm<sup>3</sup> (25°C)                  -Ph: 8-9 (10g/l, H<sub>2</sub>O, 20°C)                  -Estado físico: Sólido                  -Color: Transparentes                  -Olor: Inodoro.                  -Solubilidad en agua: 1.01 g/ml (20°C)                  -Presión de vapor: No especificado</p>	
<p><b>SECCION V. RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION</b>                  -Medios de Extinción: Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.                  -Equipo de protección especial de lucha contra incendios: Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.                  -Recomendaciones para el personal en caso de incendio: permanezca en el área de riesgo solo con sistemas de respiración independientes al ambiente</p>	<p>-Condiciones que producen otro riesgo especial: Ninguna</p>
<p><b>SECCION VI. REACTIVIDAD</b>                  -Estabilidad: El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (A temperatura ambiental)                  -Inestabilidad: No presenta inestabilidad                  -Incompatibilidad: Agentes oxidantes                  -Productos peligrosos de la descomposición: Monóxido y dióxido de carbono.                  -Posibilidad de reacciones peligrosas: No reportadas</p>	
<p><b>SECCION VII. RIESGOS A LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS</b>                  Según Vía de Ingreso al Organismo:                  -Ingestión: Nocivo, hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos)                  -Inhalación: Nocivo Aire fresco, si ha parado de respirar dar respiración artificial.                  -Contacto con la piel: Provoca irritación cutánea. Aclarar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada.                  -Contacto con ojos: Provoca irritación ocular grave. Aclarar con abundante agua, llamar inmediatamente al oftalmólogo.                  Sustancia Química Considerada como:                  -Mutagenica: No reportado                  Otros Riesgos o Efectos para la Salud                  -Efectos irritantes, conjuntivitis, tos, insuficiencia respiratoria, náusea, dolor de cabeza y vértigo                  Antídotos: S/D</p>	
<p><b>SECCION VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES</b>                  Procedimiento y precaución inmediatas</p>	

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/TiosulfatoDeSodioPentaidratado.pdf>

Ficha técnica tiosulfato de sodio 3/3.



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
COMITÉ DE BIOSEGURIDAD  
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Tiosulfato de Sodio Pentahidratado

-Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar el contacto con la sustancia, evitar la inhalación del polvo, asegúrese una ventilación apropiada, evacue el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia y consulte con los expertos
<b>SECCION IX. PROTECCION ESPECIAL ESPECIFICA PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA</b> -Protección de los ojos /cara: Gafas de seguridad -Protección de las manos sumersión: Guante de caucho nitrilo de 0.11mm de espesor tiempo de perforación de >480min -Protección respiratoria: Mascarilla con un filtro recomendado P 2
<b>SECCION X. INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION</b> -ADR/RID: Transporte terrestre -Peligrosas ambientalmente: No

<b>SECCION XI. INFORMACION SOBRE ECOLOGIA</b> De acuerdo con la SEMARNAP en Materia de agua, aire, suelo y residuos peligrosos -Toxicidad: 1.-Oral aguda DL50 rata: No reportado 2.-Inhalación aguda: Síntomas, irritación de las mucosas. 3.-piel: Irritación de la misma 4.-Ojo: Irritación ocular -Persistencia y degradabilidad: Biodegradabilidad, no es fácilmente biodegradable -Potencial de bioacumulación: No reportado -Movilidad en el suelo: Sin dato -Resultados de la valoración PBT y mPmB: No se hizo, debido al hecho de que una evacuación de peligro químico no es necesaria o no existe. -otra información importante: La descarga en el ambiente debe ser evitada
<b>SECCION XII. PRECAUCIONES ESPECIALES</b> Para su Manejo, Transporte y Almacenamiento -Manejo: Evítase el contacto con los ojos y piel. Evítase la formación de polvo y aerosoles. Debe disponer una extracción adecuada en aquellos lugares donde se forma polvo. Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas. No fumar. Tomar medidas para impedir la acumulación de cargas electrostáticas. -Almacenamiento Seguro: Almacenar en un lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.

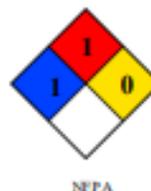
Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/TiosulfatoDeSodioPentaidratado.pdf>

## 9. Solución de Almidón.

Ficha técnica solución almidón 1/6.

### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **ALMIDON DE MAIZ**  
Fecha de Revisión: Agosto 2014. Revisión N°3



#### SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

##### PRODUCTO

**Nombre Químico:** ALMIDON  
**Número CAS:** 9005-25-8  
**Sinónimos:** Almidón de Maíz

**COMPAÑÍA:** GTM

##### Teléfonos de Emergencia

México : +55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00  
Guatemala: +502 66285858  
El Salvador: +503 22517700  
Honduras: +504 2540 2520  
Nicaragua: +505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395  
Costa Rica: +506 25370010 – Emergencias 9-1-1. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028  
Panamá: +507 5126182 – Emergencias 9-1-1  
Colombia: +018000 916012 Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)  
Perú: +511614 65 00  
Ecuador: +593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1  
Argentina +54 115031 1774

#### SECCION 2 : COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

Ingrediente Peligroso	CAS No.	%
Storch NF*	CAS : 9005-25-8	100%

(\*) El ingrediente indicado como peligroso ha sido evaluado de acuerdo con las normas de la OSHA (Administración de seguridad y salud ocupacionales) de Estados Unidos sobre comunicación de riesgos par ala seguridad en el lugar de trabajo (29 CFR (Código de reglamentos federales) 1910.1200).

#### SECCION 3 : IDENTIFICACION DE PELIGROS

**Clasificación ONU:** No regulado  
**Clasificación NFPA:** Salud: 1    Inflamabilidad: 1    Reactividad: 0

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www.gtm.net/images/industrial/a/ALMIDON%20DE%20MAIZ.pdf>

**EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:**

**Palabra Indicadora:** ¡ADVERTENCIA!  
**Declaración de riesgo:** Puede provocar irritación de los ojos, la piel y las vías respiratorias.

**EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:**

**Inhalación:** Puede provocar irritación de la nariz, la garganta y los pulmones.

**Ingestión:** La ingestión de cantidades grandes puede provocar obstrucción intestinal parcial, anemia por deficiencia de hierro, reducción del colesterol y posible hipertrofia de las glándulas parótidas.

**Contacto con los ojos:** Puede provocar irritación.

**Contacto con la piel:** Puede causar irritación.

**Vía de penetración:** Por inhalación, contacto cutáneo o ingestión.

**SECCION 4 : MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS**

**Contacto Ocular:** Lave bien los ojos inmediatamente al menos durante 15 minutos. Si se produce irritación o ésta persiste busque atención médica.

**Contacto Dérmico:** Lave la piel con abundante agua y jabón Retirar la ropa y zapatos contaminados. Lave la ropa y limpiar los zapatos antes de usarlos nuevamente. Si se produce irritación o ésta persiste busque atención médica.

**Inhalación:** Trasladar a la persona al aire libre. Si la respiración se ha detenido, dar respiración artificial. Buscar atención medica inmediatamente.

**Ingestión:** Si se ingiere obtener atención médica. No se debe inducir el vomito a menos que el personal médico así lo indique. Nunca administre nada por vía oral a una persona inconsciente. Buscar atención médica inmediata.

**SECCION 5 : MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS**

**Riesgos Generales:** Si la mezcla de aire y polvo se inflama puede producirse una explosión. El incendio de esta sustancia puede emitir gases tóxicos.

**Instrucciones para combatir incendios:** Se debe utilizar un equipo de respiración autónomo a presión positiva y un equipo completo de protección contra incendios. Evacuar el área y combatir el fuego desde una distancia segura. Para que el polvo se deposite en el suelo, utilizar un atomizador de agua o vapor.

**Medios de extinción:** Utilizar dióxido de carbono, químicos en polvo o un atomizador de agua.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ALMIDON%20DE%20MAIZ.pdf>

## Ficha técnica solución almidón 3/6.

<b>Productos combustibles peligrosos:</b>	Emite gases tóxicos de monóxido de carbono y dióxido de carbono.
<b>Punto de ebullición:</b>	No hay información disponible
<b>Inflamación espontánea:</b>	>380°C (>716°F) (nube de polvo).
<b>Equipo de protección personal (PPE) para combatir incendios:</b>	Se recomienda que los bomberos usen el equipo de respiración autónomo y un equipo completo de protección contra el fuego.
<b>Concentración explosiva mínima para el polvo/vapor:</b>	No hay información disponible.
<b>Límites de Inflamabilidad:</b>	Por debajo de 0.04 g/L.

### SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

**Medidas Generales:** Repasar las secciones 3, 8 y 12 antes de proceder con la limpieza. Eliminar las posibles fuentes de ignición (por ejemplo fuentes de calor, chispas, llamas, impacto, fricción, electricidad), y seguir los procedimientos apropiados para la puesta a masa y las conexiones. Evitar la inhalación y el contacto directo. Usar equipos apropiados de protección personal durante todas las actividades de limpieza.

**Derrames Menores:** Contener la fuente del derrame o pérdida si es posible hacerlo sin peligro. Retirar con aspiradora o barrer la sustancia colocándola dentro de recipientes apropiados de recuperación. Limpiar completamente el área del derrame. Evitar descarga a los canales de drenaje.

**Derrames Mayores:** Recoger el material derramado mediante cucharón o pala y colocarlo dentro de un recipiente etiquetado para su eliminación. Cerrar el recipiente y trasladarlo a un área de espera segura. Limpiar completamente el área del derrame. Recoger el agua de la limpieza con material absorbente no combustible y trasladarla a un recipiente etiquetado para su tratamiento y eliminación. Utilizar medidas apropiadas de contención para evitar la contaminación ambiental. Evitar que se escurra a través de los canales de desagüe, alcantarillado o corrientes de agua.

### SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

**Manipulación General:** Eliminar las posibles fuentes de ignición (por Ej., calor, chispas, llama, impactos, fricción, electricidad) y seguir los procedimientos apropiados para la puesta a masa y las conexiones. Minimizar la generación y acumulación de polvo. Utilizar únicamente en un área bien ventilada. Evitar el contacto con los ojos. Evitar la inhalación del polvo.

**Condiciones de Almacenaje:** Conservar protegido de la luz solar en un área bien ventilada, a temperatura ambiente. Cuando no esté en uso, mantener el recipiente bien cerrado.

**Límites de Temperatura de Almacenamiento:** 15° a 25°C.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ALMIDON%20DE%20MAIZ.pdf>

## Ficha técnica solución almidón 4/6.

### SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

#### Límites de Exposición

Compuesto	Emisor	Tipo	OEL
Starch NF	OSHA	TWA-8 HR	5 mg/m <sup>3</sup> (respirable fraction)
	OSHA	TWA-8 HR	15 mg/m <sup>3</sup> (total dust)
	ACGIH	TWA-8 HR	10 mg/m <sup>3</sup>

**Método Analítico:** Filtro de partículas, gravimétrico, NIOSH III ≠ 500, polvo molesto (total), ≠0600 (inhalable).

**Ventilación:** Utilizar cercamientos del proceso, ventilación local con escape u otros controles mecánicos para mantener el nivel de materia en suspensión del aire por debajo de los límites de exposición recomendados. Para la utilización en laboratorio, manipular debajo de una campana de ventilación.

**Protección de los ojos:** Usar gafas protectoras. Se debe mantener en el trabajo un área destinada al lavado de los ojos.

**Protección de la piel:** Usar vestimenta de protección (uniformes, botas de laboratorio, trajes de trabajo desechables, etc.) tanto en las áreas de producción como en las de los laboratorios.

**Protección de las manos:** Los guantes protectores no son obligatorios pero se recomienda su uso.

**Protección respiratoria:** Si se excede el Límite de Exposición Ocupacional (OEL) aplicable, se debe usar un respirador adecuado con un factor de protección suficiente para mantener la exposición por debajo del nivel del OEL.

### SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Aspecto Físico:	Polvo fino
Color:	Blanco
Olor:	Olor variable
Sabor:	Sabor característico
Peso molecular:	No hay información disponible
Formula molecular:	(C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>x</sub>
pH:	5.0 a 7.0 (solución al 2%)
Punto de ebullición:	No hay información disponible
Punto de fusión:	No hay información disponible
Densidad:	1,5
Gravedad específica:	1,45
presión de vapor:	No aplica
Solubilidad en agua:	Soluble a 100°C
Solubilidad en solvente:	No hay información disponible

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ALMIDON%20DE%20MAIZ.pdf>

## Ficha técnica solución almidón 5/6.

### SECCION 10 : ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad:	Estable
Condiciones a evitar:	Generación de polvo, altas temperaturas y fuentes de ignición.
Reactividad:	No hay información disponible
Incompatibilidades:	Oxidantes
Polimerización peligrosa:	No se producirá
Propiedades oxidantes:	No aplica
Propiedades explosivas:	Las mezclas de polvo y aire pueden explotar si se inflaman.
Límites de potencia explosiva:	No hay información disponible.

**Productos peligrosos de descomposición:** Esta sustancia se descompone en su punto de fusión. (ver sección 5: Productos de combustión peligrosos).

### SECCION 11 : INFORMACION TOXICOLOGICA

#### Toxicidad Aguda

Compuesto	Tipo	Vía	Especies	Dosis
Starch NF	LD <sub>50</sub>	IP	Ratones	6.600 mg/kg
Efectos en los ojos:	No hay información disponible. Ver sección 3			
Efectos en la piel:	No hay información disponible. Ver sección 3			
Inhalación:	No hay información disponible. Ver sección 3			
Ingestión:	Se ha reportado que los DL <sub>50</sub> intraperitoneales agudos para el almidón en ratones es de 6,600 mg/kg.			
Propiedades mutagénicas:	No hay información disponible.			
Efectos subcrónicos:	No hay información disponible.			
Toxicidad crónica:	Ver sección Efectos Crónicos / carcinógenos			

**Efectos crónicos/carcinógenos:** No se han llevado a cabo estudios a largo plazo para evaluar la toxicidad crónica o el potencial carcinogénico de esta sustancia en animales de laboratorio.

Clasificación Carcinógena de la OSHA:	Ninguna
Clasificación Carcinógena de NTP:	Ninguna
Clasificación Carcinógena de IARC:	Ninguna
Efectos sobre la reproducción:	No hay información disponible
Teratogénesis:	No hay información disponible

**Personas con mayor riesgo por exposición:** Las personas con afecciones respiratorias pueden ser más susceptibles a la toxicidad en caso de exceso de exposición.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ALMIDON%20DE%20MAIZ.pdf>

## Ficha técnica solución almidón 6/6.

### SECCION 12 : INFORMACION ECOLOGICA

Información general sobre el medio ambiente: No se espera que la utilización y la eliminación de esta sustancia, su metabolitos y productos degradados causen efectos adversos en los animales, plantas, seres humanos u otros organismos o en el medio ambiente.

#### Toxicidad acuática:

Compuesto	Tipo	Especies	Dosis
Starch NF	LC <sub>50</sub> /96h	Silver perch	5.000 mg/L
	EC <sub>50</sub> /96h	Virginia oyster	3.000 mg/L

### SECCION 13 :CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Tratamientos de residuos:	Tratar según legislación vigente
Eliminación de envases:	Lavar y descartar según legislación vigente

### SECCION 14 :INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Instrucciones generales de embarque:	No reglamentadas
Nombre de IATA:	No reglamentado

### SECCION 15 :INFORMACION REGLAMENTARIA

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NOM-018-ST5-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. STSS-053-04

Costa Rica: Decreto Nº 28113-S

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200

### SECCION 16 :INFORMACION ADICIONAL

La información indicada en ésta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores. La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ALMIDON%20DE%20MAIZ.pdf>

## 10. Cloroformo.

Ficha técnica solución cloroformo 1/6.

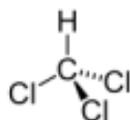


### Hoja de seguridad Cloroformo MSDS



#### Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Cloroformo.
- **Número CAS:** 67-66-3.
- **RTECS:** FS9100000.
- **Fórmula:**  $\text{CHCl}_3$
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 119,38 g/mol.
- **Sinónimos:** Triclorometano, tricloruro de metilo, tricloruro de metano.
- **Usos recomendados:** Disolvente, síntesis orgánica.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

#### Sección 2. Identificación del peligro o peligros

##### Descripción de peligros:



Tóxico

##### Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

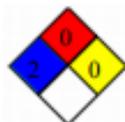
PELIGRO! Puede ser fatal si es ingerido, inhalado o absorbido por la piel. Causa irritación en la piel, ojos y vías respiratorias. PUEDE AFECTAR SISTEMA NERVIOSO CENTRAL, sistema cardiovascular, el hígado y los riñones. SOSPECHOSO riesgo de cáncer. El riesgo de cáncer depende del nivel y duración de la exposición.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<https://www.soviquim.cl>

## Ficha técnica solución cloroformo 2/6.

### Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

No disponible.

**Consejos de prudencia:**

Evitar su inhalación.

### Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

#### Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
67-66-3	Cloroformo	99-100

### Sección 4. Primeros auxilios

**Información general:** Está clasificado como moderadamente tóxico, sin embargo está considerado como posible carcinogénico humano. Una probable dosis letal para humanos es de 0.5 a 5 g/Kg. Sin embargo, se sospecha que es carcinógeno para humanos. Puede causar una muerte rápida, atribuida a paro cardíaco y una muerte lenta por daño al hígado y riñón. Debe evitarse que personas alcohólicas, con problemas graves nutricionales, de hígado, riñón y sistema nervioso central, utilicen este producto.

**Contacto ocular:** Lavar los ojos inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos, abriendo y cerrando los párpados ocasionalmente. Conseguir

**Contacto dérmico:** En caso de contacto, limpie el exceso de material de la piel luego lave inmediatamente la piel con abundante agua durante al menos 15 minutos. Quítese la ropa y zapatos contaminados. Lave la ropa y los zapatos antes de usarlos nuevamente. Conseguir atención médica.

**Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Conseguir atención médica.

**Ingestión:** En caso de ingestión, NO INDUCIR EL VOMITO. Dar grandes cantidades de agua. No dar nada por la boca a una persona inconsciente. Obtenga atención médica inmediatamente.

#### Efectos por exposición

**Contacto ocular:** Ocasiona conjuntivitis, e, incluso, quemaduras dolorosas, ya sea en forma de vapor o líquido.

**Contacto dérmico:** No hay una absorción significativa a través de la piel.

**Inhalación:** Los signos de intoxicación aguda con vapores de cloroformo, en general, son: depresión respiratoria, neumonitis química, edema pulmonar, acidosis metabólica, depresión del sistema nervioso central, dolor de cabeza, fatiga, adormecimiento y pérdida del equilibrio. Se ha informado, también de

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<https://www.soviquim.cl>.

## Ficha técnica solución cloroformo 3/6.

arritmias y paro cardiacos.

Por este medio se tienen riesgos particularmente para hígado y riñones, ya que el cloroformo tiende a alojarse en los tejidos de estos órganos, uniéndose covalentemente a macromoléculas celulares. La ingestión de alcohol, potencializa la toxicidad de los vapores de cloroformo. Acudir a un médico.

**Ingestión:** Provoca náusea, vómito, salivación, anorexia, irritación gastrointestinal y daño a hígado y riñones.

### Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** Cáncer.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

### Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

**Agentes extintores:** Utilizar cualquier medio apropiado para extinguir fuego alrededor (polvo químico seco, CO<sub>2</sub>). Rociar agua

**Productos peligrosos por combustión:** Puede producir monóxido de carbono, dióxido de carbono, Cloruro de hidrógeno y fosgeno cuando se calienta hasta la descomposición.

**Equipo de protección para combatir fuego:** Protección de la piel observando una distancia de seguridad y usando ropa protectora adecuada.

### Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

**Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** equipo de protección personal, se debe eliminar los posibles puntos de ignición y ventilar la zona. Evitar respirar los vapores.

**Precauciones relativas al medio ambiente:** Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales o subterráneas, así como del suelo. En caso de producirse grandes vertidos o si el producto contamina lagos, ríos o alcantarillas, informar a las autoridades competentes, según la legislación local.

**Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Recoger el vertido con materiales absorbentes no combustibles (tierra, arena, vermiculita, tierra de diatomeas...). Verter el producto y el absorbente en un contenedor adecuado. La zona contaminada debe limpiarse inmediatamente con un descontaminante adecuado. Echar el descontaminante a los restos y dejarlo durante varios días hasta que no se produzca reacción, en un envase sin cerrar.

### Sección 7. Manipulación y almacenamiento

**Manipulación de recipientes:** No ingerir. No respirar los gases / humos / vapores / aerosoles. Usar ropa protectora adecuada. En caso de insuficiente ventilación, use equipo respiratorio adecuado.

En caso de ingestión, acuda inmediatamente al médico y muéstrelle el envase o la etiqueta. Evite el contacto con la piel y los ojos. Mantener alejado de materiales incompatibles tales como metales, álcalis.

**Condiciones de almacenamiento:** Mantenga el recipiente bien cerrado. Mantenga el recipiente en lugar fresco y bien ventilado. Sensible a la luz. Conservar en contenedores resistentes

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.soviquim.cl>

## Ficha técnica solución cloroformo 4/6.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal	
<b>Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)</b>	
<b>TWA</b>	50 mg/m <sup>3</sup>
<b>STEL</b>	No disponible
<p><b>Condiciones de ventilación:</b> Un sistema de extracción local y / o general. Extracción local es generalmente preferida porque esta puede controlar las emisiones de los contaminantes desde su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo.</p> <p><b>Equipo de protección respiratoria:</b> Ventilación y/o protección respiratoria.</p> <p><b>Equipo de protección ocular:</b> Gafas químicas o gafas de seguridad. Mantener una ducha de emergencia visible y de fácil acceso al área de trabajo.</p> <p><b>Equipo de protección dérmica:</b> Use guantes protectores y ropa limpia que cubra el cuerpo.</p>	

Sección 9. Propiedades físicas y químicas	
<b>Estado físico</b>	Líquido
<b>Color</b>	Incoloro
<b>Olor</b>	Similar al éter
<b>Umbral olfativo</b>	No disponible
<b>pH</b>	2,5
<b>Punto de fusión</b>	-63,5 °C
<b>Punto de ebullición</b>	61,2 °C
<b>Punto de inflamación</b>	No disponible
<b>Tasa de evaporación</b>	No disponible
<b>Límites de explosión</b>	No disponible
<b>Presión de vapor a 20°C</b>	159 mmHg
<b>Densidad relativa de vapor (aire=1)</b>	No disponible
<b>Densidad relativa (agua=1)</b>	1,483 g/cm <sup>3</sup>
<b>Solubilidad en agua</b>	0.8 g/100 ml (20 °C)
<b>Solubilidad en otros disolventes</b>	Etol, benceno, éter dietílico, éter de petróleo, tetracloruro de carbono, disulfuro de carbono y acetona.
<b>Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)</b>	No disponible
<b>Temperatura de autoinflamación</b>	Mayor a 1000 °C
<b>Temperatura de descomposición</b>	No disponible
<b>Peligro de explosión</b>	No disponible
<b>Viscosidad</b>	0,563 cP (20 °C)

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.soviquim.cl>

## Ficha técnica solución cloroformo 5/6.

### Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** Puede explotar si entra en contacto con polvo de aluminio, litio, perclorato, potasio, sodio, aleaciones de potasio, de sodio (o hidróxido de sodio) y el metanol.
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales.
- **Incompatibilidad:** Cásuticos fuertes y metales químicamente activos como el aluminio, el magnesio en polvo, sodio o potasio, acetona, el flúor, el metanol, tetróxido de dinitrógeno.
- **Productos de polimerización:** No Disponible
- **Productos peligrosos de la descomposición:** Fosgéno.

### Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad aguda:** Muy Tóxico.
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** Sí
- **Carcinogenicidad:** Sí
- **Toxicidad para la reproducción:** Sí
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Muy tóxico.
- **Posibles vías de exposición:** Dermal y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** Puede provocar desmayos.
- **Efectos retardados:** No disponible.
- **Efectos crónicos:** No disponible.

<b>Oral (LD-50)</b>	1 g/Kg (ratas)
<b>Dermal (LD-50)</b>	10 mg/24 h Conejos
<b>Inhalativa (LC-50)</b>	47.7 mg/m <sup>3</sup> /4 h (ratas)

### Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** No disponible.
- **Persistencia y degradabilidad:** Moderadamente degradado por reacción con radicales hidroxilos producidos fotoquímicamente.
- **Potencial de bioacumulación:** No disponible.
- **Movilidad:** No disponible.
- **Otros efectos adversos:** No disponible.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<https://www.soviquim.cl>

## Ficha técnica solución cloroformo 6/6.

### Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Cualquier cantidad que no pueda salvarse por recuperado o reciclado debe manejarse en una instalación de eliminación de residuos apropiada y aprobada. El procesamiento, uso o contaminación de este producto puede cambiar las opciones del manejo de residuos. Las regulaciones de eliminación departamental pueden diferir de las regulaciones de eliminación nacional. Deseche el envase y no use el residuo.

### Sección 14. Información relativa al transporte

Nº ONU: 1888.

**Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Grupo de embalaje: III, implica un riesgo toxicológico.

**Riesgos ambientales:** No disponible.

**Precauciones especiales:** No disponible.

### Sección 15. Información sobre la reglamentación

Las sustancias químicas y sus mezclas están reguladas por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).

### Sección 16. Otras informaciones

#### **Frases R:**

R37: Irritante para las vías respiratorias.

R38: Irritante para la piel.

R41: Riesgo de graves daños oculares.

#### **Frases S:**

S2: Mantener fuera del alcance de los niños.

S13: Mantener lejos de alimentos, y bebidas

S25: Evita el contacto con los ojos

S26: En el caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua y solicitar ayuda médica.

S37: Usar guantes adecuados.

S39: Usar protección para ojos y cara.

**Fecha de preparación de la hoja de seguridad:** 03 de junio 2015.

**Versión:** 1.1

**Modificaciones respecto a versión anterior:** 1 de junio de 2016.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 5, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<https://www.soviquim.cl>

## 11. Reactivo de Wijs.

Ficha técnica reactivo de wijs 1/6.



# Ficha de Datos de Seguridad

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Fecha de emisión: 28.08.2006  
Reemplaza la emisión del 02.07.2004

## 1. Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa

*Identificación de la sustancia o del preparado*

Artículo número: 109163  
Denominación: Solución de Wijs para la determinación del índice de yodo c(ICI) = 0,1 mol/l

*Utilización de la sustancia/preparación*

Análisis químico

*Denominación de la empresa*

Empresa: Merck KGaA \* 64271 Darmstadt \* Alemania \* Tel: +49 6151 72-2440  
Teléfono de urgencias: Instituto Nacional de Toxicología \* Madrid \* Tel: 91 562 04 20

## 2. Composición/información sobre los componentes

Solución acética. La preparación contiene: yodo / Yodo cloruro.

*Sinónimos:*

Wijs, solución ...

*Componentes peligrosos*

*Denominación según Directivas de la CEE:*

Número CAS:	Número CEE:	Número de índice CE:	Clasificación	Contenido:
64-19-7	200-580-7	607-002-00-6	R10 C; R35	≥ 90 %

(texto de las frases R en el apartado 16)

## 3. Identificación de peligros

Inflamable. Provoca quemaduras graves.

## 4. Primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco. Avisar al médico.

Tras contacto con la piel: Aclarar con abundante agua. Extraer la sustancia por medio de algodón impregnado con polietilenglicol 400. Despojarse inmediatamente de la ropa contaminada.

Tras contacto con los ojos: Aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos (al menos durante 10 minutos). Avisar inmediatamente al oftalmólogo.

Tras ingestión: beber abundante agua (hasta varios litros), evitar vómitos (¡Riesgo de perforación!). Avisar inmediatamente al médico. No efectuar medidas de neutralización.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.baniantajhizkimia.com/news/admin/109163.pdf>

## Ficha técnica reactivo de wijs 2/6.

Artículo número: 109163  
Denominación: Solución de Wijs para la determinación del índice de yodo c(ICI) = 0,1 mol/l

---

### 5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:  
polvo, espuma, agua pulverizada.

Riesgos especiales:

Combustible. Vapores más pesados que el aire.

En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos. En caso de incendio pueden producirse: yoduro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno, vapores de ácido acético.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

Referencias adicionales:

Precipitar los vapores emergentes con agua. Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

---

### 6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución relativas a las personas:

Evitar el contacto con la sustancia. No inhalar los vapores/aerosoles. Proceder a ventilación en lugares cerrados.

Medidas de protección del medio ambiente:

No incorporar a la canalización del desagüe; ¡Riesgo de explosión!

Procedimientos de recogida/limpieza:

Recoger con material absorbente y neutralizante, p. ej. con Chemizorb® H<sup>+</sup> (Art. 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

---

### 7. Manipulación y almacenamiento

*Manipulación:*

No almacenable ilimitadamente.

Observaciones sobre la protección de incendios y explosiones:

Mantener alejado de fuentes de ignición. Evitar la carga electrostática.

*Almacenamiento:*

Bien cerrado, en lugar bien ventilado, alejado de fuentes de ignición y de calor. De +15°C a +25°C.

---

### 8. Controles de exposición/protección personal

*Parámetros específicos de control:*

CE

nombre	acetic acid
valores	10 ml/m <sup>3</sup>
	25 mg/m <sup>3</sup>

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.baniantajhizkimia.com/news/admin/109163.pdf>

## Ficha técnica reactivo de wijs 3/6.

Artículo número: 109163  
Denominación: Solución de Wijs para la determinación del índice de yodo c(ICI) = 0,1 mol/l

---

### Protección personal:

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: necesaria en presencia de vapores/aerosoles. Filtro E

Protección de los ojos: precisa

Protección de las manos: Para contacto pleno:

Guantes: Caucho butilo  
Espesor: 0.7 mm  
Tiempo de penetración: > 480 Min.

En caso de salpicaduras:

Guantes: Viton  
Espesor: 0.70 mm  
Tiempo de penetración: > 120 Min.

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 898 Butoject® (Sumerción), 890 Vitoject® (Salpicaduras). Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección: Ropa protectora contra ácidos.

Medidas de higiene particulares:

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

---

## 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico:	líquido	
Color:	pardo	
Olor:	penetrante	
Valor pH	(20 °C)	< 1
Punto de fusión		no disponible
Punto de ebullición		no disponible
Temperatura de ignición		no disponible
Punto de inflamación		40 °C
Limite de explosión	bajo	no disponible
	alto	no disponible
Densidad	(20 °C)	1.06 g/cm <sup>3</sup>

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.baniantajhizkimia.com/news/admin/109163.pdf>

## Ficha técnica reactivo de wijs 4/6.

Artículo número: 109163  
Denominación: Solución de Wijs para la determinación del índice de yodo c(ICI) = 0,1 mol/l

---

Solubilidad en Agua (20 °C) soluble (descomposición)

---

### 10. Estabilidad y reactividad

#### *Condiciones a evitar*

Calentamiento.

#### *Materias a evitar*

Posibles reacciones violentas con: anhídridos / agua, aldehidos, alcoholes, halogenuros de halógeno, oxidante (entre otros CrO<sub>3</sub>, permanganato de potasio, peróxidos, ácido perclórico, ácido cromosulfúrico), metales, hidróxidos alcalinos, halogenuros de no metales, etanolamina.

#### *Productos de descomposición peligrosos*

en caso de incendio: véase capítulo 5.

#### *Información complementaria*

incompatible con metales diversos.

capaz de explotar por calor en estado de gas/vapor con aire

---

### 11. Información toxicológica

#### *Toxicidad aguda*

No nos constan datos cuantitativos sobre la toxicidad de este producto.

#### *Informaciones adicionales sobre toxicidad*

Características probables a causa de los componentes del producto:

Sustancia muy corrosiva.

Tras inhalación de vapores: Irritaciones en las vías respiratorias. neumonía, bronquitis. Su inhalación puede producir edemas en el tracto respiratorio.

Tras contacto con la piel: Quemaduras.

Tras contacto con los ojos: Quemaduras. ¡Riesgo de ceguera! Riesgo de turbidez en la córnea. quemaduras de las mucosas.

Tras ingestión: Quemaduras en esófago y estómago. lesiones del tejido, vómito con sangre, dificultades respiratorias. Existe riesgo de perforación intestinal y de esófago. Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito. No puede excluirse: choc, paro cardiovascular, acidosis. Perjudicial para: riñones.

#### *Información complementaria*

No pueden excluirse otras características peligrosas.

El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.baniantajhizkimia.com/news/admin/109163.pdf>

## Ficha técnica reactivo de wijs 5/6.

Artículo número: 109163  
Denominación: Solución de Wijs para la determinación del índice de yodo c(ICI) = 0,1 mol/l

---

### 12. Informaciones ecológicas

Efectos ecotóxicos:  
No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto.

Efectos biológicos:  
Corrosivo incluso en forma diluida.

Otras observaciones ecológicas:  
Para ácido acético en general: Tóxico para organismos acuáticos. Efecto perjudicial por desviación del pH. Fácilmente biodegradable. Fácilmente eliminable. Toxicidad para los peces: *Leuciscus idus* LC<sub>50</sub>: 410 mg/l; organismos acuáticos: LC<sub>50</sub>: 10 - 100 mg/l/96 h; artrópodos: *Daphnia magna* LC<sub>50</sub>: 47 mg/l/24 h; concentración tóxica límite: *Pseudomonas putida* 2850 mg/l; *Scenedesmus quadricauda* 4000 mg/l; *Entosiphon sulcatum* 78 mg/l; degradabilidad: BSB<sub>5</sub>: 0.88 g/g; BSB 36% del ThSB/5 d; reparto: log P(O/W): -0,17. No es de esperar una bioacumulación.

¡No incorporar a suelos ni acuíferos!

---

### 13. Consideraciones relativas a la eliminación

#### *Producto:*

Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo [www.retrologistik.de](http://www.retrologistik.de) encontrará indicaciones sobre países, indicaciones específicas de productos así como contactos.

#### *Embalaje:*

Los envases de productos Merck han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo [www.retrologistik.de](http://www.retrologistik.de) encontrará indicaciones especiales para las peculiaridades nacionales así como contactos

---

### 14. Información relativa al transporte

Transporte terrestre ADR, RID  
UN 2789 ESSIGSAEURE, LOESUNG, 8 (3), II

Transporte fluvial ADN, ADNR no ensayado

Transporte marítimo IMDG-Code  
UN 2789 ACETIC ACID SOLUTION, 8 (3), II  
EmS: F-E S-C

Transporte aéreo CAO, PAX  
UN 2789 ACETIC ACID SOLUTION, 8 (3), II

Las informaciones relativas al transporte se mencionan de acuerdo a la reglamentación internacional y en la forma como se aplican en Alemania . Pueden existir posibles diferencias a nivel nacional en otros países comunitarios.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.baniantajhizkimia.com/news/admin/109163.pdf>

## Ficha técnica reactivo de wijs 6/6.

Artículo número: 109163  
Denominación: Solución de Wijs para la determinación del índice de yodo c(ICI) = 0,1 mol/l

---

### 15. Información reglamentaria

*Etiquetado según Directivas de la CEE*

Pictograma:	C	Corrosivo
Frases R:	10-35	Inflamable. Provoca quemaduras graves.
Frases S:	23-26-36/37/39-45	No respirar los vapores. En caso de contacto con los ojos, lívense inmediata y abundantemente con agua y acídase a un médico. Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. En caso de accidente o malestar, acídase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).

Contiene: Acido acético

*Etiquetado reducido(1999/45/CE,art.10,4)*

Pictograma:	C	Corrosivo
Frases R:	10-35	Inflamable. Provoca quemaduras graves.
Frases S:	26-36/37/39-45	En caso de contacto con los ojos, lívense inmediata y abundantemente con agua y acídase a un médico. Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. En caso de accidente o malestar, acídase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).

---

### 16. Otras informaciones

Texto de todas las frases-R del capítulo 2:

10 Inflamable.  
35 Provoca quemaduras graves.

*Razón de revisión*

Valores límite de control.  
Cambio/completado en el capítulo 10.  
Cambio en el capítulo de toxicología.

Revisión general.

*Representante regional:*

VWR International S.L. \* Apartado 48 \* E-08100 Mollet del Valles \* Tel.: +34 (0) 93 5655 500 \*  
Fax: +34 (0) 93 5440 000

Merck Farma y Química, S.A. \* Apartado 47 \* E-08100 Mollet del Valles \* Tel.: +34 (0) 93 5655 500  
\* Fax: +34 (0) 93 5440 000\* e-mail: lifescience merck.es

---

*Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www.baniantajhizkimia.com/news/admin/109163.pdf>.

## 12. Ácido Clorhídrico.

Ficha técnica ácido clorhídrico 1/4.

<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>				
<b>ACIDO CLORHIDRICO LIQUIDO</b>				
 <p>Rótulo NFPA</p>	 <p>Rótulos UN</p>			
Fecha Revisión: 19/12/2005				
<b>SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA</b>				
<b>Nombre del Producto:</b>	ACIDO CLORHIDRICO LIQUIDO			
<b>Sinónimos:</b>	Acido muriático, Cloruro de hidrógeno (cuando es gaseoso), Acido hidrocórico, Espíritus de sal			
<b>Fórmula:</b>	HCl			
<b>Número interno:</b>				
<b>Número UN:</b>	1789			
<b>Clase UN:</b>	8			
<b>Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:</b>	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.			
<b>Teléfonos de Emergencia:</b>				
<b>SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES</b>				
COMPONENTES				
Componente	CAS	TWA	STEL	%
Acido Hidroclórico	7647-01-0	N.R. (ACGIH 2004)	Ceiling: 2 ppm (ACGIH 2004)	37
Agua	7732-18-5	N.R. (ACGIH 2004)	N.R. (ACGIH 2004)	63
<b>Uso:</b>	Síntesis química, procesamiento de alimentos (jarabe de maíz, glutamato de sodio), acidificación (activación) de pozos de petróleo, reducción de minerales, decapado y limpiado de metales, acidificante industrial, limpieza en general, p. ej. de membranas en plantas de desalinización, desnaturizante de alcohol.			
<b>SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS</b>				
<b>VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:</b>				
Líquido incoloro o ligeramente amarillo. ¡Peligro!. Corrosivo e higroscópico. Puede ocasionar severa irritación al tracto respiratorio o digestivo, con posibles quemaduras. Puede ser nocivo si se ingiere. Produce efectos fatales de acuerdo con estudios con animales. Puede ser fatal si se ingiere o se inhala. Puede ser sensibilizador. Órganos blanco: sistema respiratorio, dientes, ojos, piel y sistema circulatorio.				
<b>EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:</b>				
<b>Inhalación:</b>	Corrosivo. Exposición ligera: irritación nasal, quemaduras, tos y sofocación. Exposición prolongada: quemaduras, úlceras en la nariz y la garganta. Si la concentración es elevada causa ulceración de la nariz y la garganta, edema pulmonar, espasmos, shock; falla circulatoria, incluso la muerte. Los síntomas del edema pulmonar pueden ser retardados.			
<b>Ingestión:</b>	Corrosivo. Puede generar quemaduras en la boca, garganta, esófago y estómago; náuseas, dificultad al comer, vómito, diarrea; en casos graves, colapso y muerte. Puede ser fatal en concentraciones o dosis elevadas. En caso de broncoaspiración puede causar daños graves a los pulmones y la muerte.			
<b>Piel:</b>	Puede causar inflamación, enrojecimiento, dolor y quemaduras, dependiendo de la concentración.			

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido\\_clorhidrico.pdf](http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido_clorhidrico.pdf)

<b>Ojos:</b>	Corrosivo. Produce Irritación, dolor, enrojecimiento y lagrimeo excesivo. La solución concentrada o una sobreexposición a los vapores puede causar quemaduras de la córnea y pérdida de la visión.
<b>Efectos crónicos:</b>	Asma ocupacional. Las exposiciones repetidas a bajas concentraciones pueden generar coloración café y daños en el esmalte de los dientes, y dermatitis. La frecuente inhalación puede ocasionar sangrado de la nariz. También han sido reportadas bronquitis crónica y gastritis.
<b>SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS</b>	
<b>Inhalación:</b>	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial (evitar el método boca a boca). Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.
<b>Ingestión:</b>	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Si éste se produce de manera natural, inclinar la persona hacia el frente para evitar la broncoaspiración. Suministrar más agua. Buscar atención médica.
<b>Piel:</b>	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Bucar atención médica.
<b>Ojos:</b>	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
<b>Nota para los médicos:</b>	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.
<b>SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO</b>	
<b>Punto de inflamación (°C):</b>	N.A.
<b>Temperatura de autoignición (°C):</b>	N.A.
<b>Limites de inflamabilidad (%V/V):</b>	N.A.
<b>Peligros de incendio y/o explosión:</b>	No es inflamable, pero en contacto con metales libera hidrógeno el cual es inflamable.
<b>Medios de extinción:</b>	Usar el agente de extinción adecuado según el tipo de fuego del alrededor. En caso de grandes incendios use agua en forma de rocío, espuma resistente al alcohol.
<b>Productos de la combustión:</b>	Produce humos tóxicos más pesados que el aire. Al ser calentada la solución libera vapores tóxicos de cloruro de hidrógeno. A temperaturas superiores de 1500°C, libera cloro e hidrógeno.
<b>Precauciones para evitar incendio y/o explosión:</b>	Mantener lejos de fuentes de calor. Evitar que entre en contacto con sustancias incompatibles, como metales. Mantener buena ventilación a nivel del piso y no almacene en lugares altos.
<b>Instrucciones para combatir el fuego:</b>	Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Retirar los contenedores expuestos si no hay riesgo, en caso contrario, enfriarlos aplicando agua en forma de rocío en la parte externa, desde una distancia segura. Utilizar protección personal.
<b>SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL</b>	
Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventile el área. No tocar el líquido, ni permita el contacto directo con el vapor. Eliminar toda fuente de calor. Evitar que la sustancia caiga en alcantarillas, zonas bajas y confinadas, para ello construya diques con arena, tierra u otro material inerte. Dispersar los vapores con agua en forma de rocío. Mezclar con soda o cal para neutralizar. Recoger y depositar en contenedores herméticos para su posterior disposición. Lavar la zona con abundante agua.	
<b>SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO</b>	

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido\\_clorhidrico.pdf](http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido_clorhidrico.pdf)

## Ficha técnica ácido clorhídrico 3/4.

<b>Manejo:</b>	Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Evitar la liberación de vapor en las áreas de trabajo. Para diluir o preparar soluciones, adicionar lentamente el ácido al agua para evitar salpicaduras y aumento rápido de la temperatura. Debe tenerse cuidado con el producto cuando se almacena por períodos prolongados.
<b>Almacenamiento:</b>	Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles tales como agentes oxidantes, reductores y bases fuertes. Rotular los recipientes adecuadamente y manténgalos herméticamente cerrados. Proveer el lugar de un sistema de desagüe apropiado y con piso resistente a la corrosión. El sistema de ventilación debe ser resistente a la corrosión. Madera y otros materiales orgánicos combustibles, no deben ser usados sobre los pisos y estructuras del almacenamiento. Los contenedores no deben ser metálicos. El área de almacenamiento debe corresponder a corrosivos.
<b>SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
<b>Controles de ingeniería:</b>	Ventilación local y general resistente a la corrosión, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Se debe considerar la posibilidad de encerrar el proceso. Se debe garantizar el control de las condiciones del proceso. Suministre aire de reemplazo continuamente para suplir el aire removido. Debe disponerse de duchas y estaciones lavajos.
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
<b>Protección de los ojos y rostro:</b>	Gafas de seguridad resistente a químicos con protección lateral.
<b>Protección de piel:</b>	Guantes overol y botas. Los materiales resistentes son: neopreno, nitrilo/polivinil cloruro, polietileno clorado, viton/neopreno, caucho natural, nitrilo, viton, butil/neopreno, clorbutilo, policarbonato, neopreno/PVC, caucho estireno butadieno
<b>Protección respiratoria:</b>	Respirador con filtro para vapores ácidos.
<b>Protección en caso de emergencia:</b>	Equipo de respiración autónomo (SCBA) y ropa de protección total que incluya: guantes, gafas, ropa de PVC y botas de caucho.
<b>SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	
<b>Apariencia, olor y estado físico:</b>	El ácido clorhídrico es un líquido humeante incoloro o amarillo claro con olor penetrante e irritante.
<b>Gravedad específica (Agua=1):</b>	1.184
<b>Punto de ebullición (°C):</b>	50 a 760 mm Hg.
<b>Punto de fusión (°C):</b>	-68
<b>Densidad relativa del vapor (Aire=1):</b>	1.27
<b>Presión de vapor (mm Hg):</b>	158 a 20 °C.
<b>Viscosidad (cp):</b>	0.48 a -155 °C.
<b>pH:</b>	0.1 (1N); 2.01 (0.01N).
<b>Solubilidad:</b>	Soluble en agua, alcoholes, éter y benceno. Insoluble en hidrocarburos.
<b>SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	
<b>Estabilidad química:</b>	Estable bajo condiciones normales de manipulación y almacenamiento. Es sensible a la luz solar directa.
<b>Condiciones a evitar:</b>	Calor, luz solar directa y materiales incompatibles.
<b>Incompatibilidad con otros materiales:</b>	Agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, carbonatos, anhídrido acético, óleum, ácido sulfúrico, vinil acetato, aldehídos, epóxidos, agentes reductores y oxidantes, sustancias explosivas, cianuros, sulfuros, carburos, acetiluros, boruros.
<b>Productos de descomposición peligrosos:</b>	Emite vapores tóxicos de cloruro de hidrógeno cuando se calienta hasta la descomposición y reacciona con agua o vapor de agua para producir calor y vapores tóxicos y corrosivos. La descomposición térmica oxidativa produce vapores tóxicos de cloro y explosivo gas de hidrógeno.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido\\_clorhidrico.pdf](http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido_clorhidrico.pdf)

## Ficha técnica ácido clorhídrico 4/4.

<b>Polimerización peligrosa:</b> No ocurre polimerización.
<b>SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA</b> Los valores de toxicidad se han reportado para el producto concentrado DL50 (Intraperitoneal, ratón)=40,142 mg/Kg. DL50 (oral, conejo)=900 mg/Kg. LC50/1 H (inhalación, ratones)=1108 ppm. LC50 (inhalación, ratas) = 3124 ppm/1 H. La IARC (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer) clasificó esta sustancia en el Grupo 3: no carcinogénico para humanos. Se está investigando por efectos mutágenicos, teratogénicos y reproductivos.
<b>SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA</b> El principal efecto en el medio acuático es la alteración del pH, el cual dependiera de la concentración del ácido. Este ácido se caracteriza por disociarse totalmente; por lo tanto puede afectar significativamente las condiciones normales del medio acuático. Toxicidad peces: CL50/96 H ( agua fresca, pez Mosquito) =282 ppm. Es mortal a concentraciones mayores de 25 mg/L. El producto en la superficie del suelo es biodegradable. Si se localiza dentro del suelo se puede filtrar a las fuentes de agua superficiales.
<b>SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN</b> Debe tenerse presente la legislación ambiental local vigente relacionada con la disposición de residuos para su adecuada eliminación. Considerar el uso del ácido diluido para neutralizar residuos alcalinos. Adicionar cuidadosamente ceniza de soda o cal, los productos de la reacción se pueden conducir a un lugar seguro, donde no tenga contacto el ser humano, la disposición en tierra es aceptable.
<b>SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE</b> Etiqueta negra y blanca de sustancia corrosiva. También se clasifica como sustancia peligrosa para el medio ambiente (Clase 9.2). No transporte con sustancias explosivas, gases venenosos, sustancias que puedan presentar combustión espontánea, comburentes, peróxidos, radiactivos ni sustancias con riesgo de incendio.
<b>SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA</b> 1. Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional. 2. Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002, Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. 3. Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga. 4. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales. 5. Ministerio de Justicia. Ley 30 de 1986. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Justicia. Resolución 0009 del 18 de febrero de 1987. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución No 0031 de junio 13 de 1991. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución No 007 de 1992. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución 0001 del 30 de enero de 1995 por el cual se adiciona la resolución 09 de 1987. Mediante las cuales se establecen regulaciones para aquellas sustancias que puedan utilizarse para el procesamiento de drogas que producen dependencia.
<b>SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES</b> La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular
<b>Bibliografía</b>

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido\\_clorhidrico.pdf](http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/acido_clorhidrico.pdf).

### 13. Ácido acético glacial.

#### Ficha técnica ácido acético glacial 1/2.

ÁCIDO ACÉTICO		ICSC: 0363 Mayo 2010	
CAS: 64-19-7 RTECS: AF1225000 NU: 2789 CE Índice Anexo I: 607-002-00-6 CE / EINECS: 200-580-7		Ácido acético glacial Ácido etanoico Ácido etílico Ácido metanocarboxílico $C_2H_4O_2 / CH_3COOH$ Masa molecular: 60.1	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua pulverizada o dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Por encima de 39°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire. Riesgo de incendio y explosión en contacto con oxidantes fuertes.	Por encima de 39°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		<b>¡EVITAR TODO CONTACTO!</b>	<b>¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!</b>
Inhalación	Dolor de garganta. Tos. Sensación de quemazón. Dolor de cabeza. Vértigo. Jadeo. Dificultad respiratoria.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semincorporado. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Dolor. Enrojecimiento. Quemaduras cutáneas. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras graves. Pérdida de visión.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Dolor abdominal. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber un vaso pequeño de agua, pocos minutos después de la ingestión. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Eliminar toda fuente de ignición. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Neutralizar con precaución el líquido derramado con carbonato sódico, solo bajo la responsabilidad de un experto. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.		No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: C R: 10-35 S: (1/2-)23-26-45 Nota: B Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Riesgos Subsidiarios de las NU: 3 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Líquidos y vapores inflamables. Nocivo si se inhala el vapor. Nocivo en contacto con la piel. Puede ser nocivo en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Puede provocar irritación respiratoria. Provoca daños en el sistema respiratorio tras exposiciones prolongadas o repetidas si se inhala. Nocivo para los organismos acuáticos.	

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://sct.uab.cat/l-amb-controlat/sites/sct.uab.cat.l-amb-controlat/files/CH3COOH.pdf>

Ficha técnica ácido acético glacial 2/2.

<b>ÁCIDO ACÉTICO</b>		<b>ICSC: 0363</b>
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Líquido incoloro de olor acre.</p> <p><b>PELIGROS QUÍMICOS</b> La sustancia es un ácido débil. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con bases fuertes, ácidos fuertes y muchos otros compuestos. Ataca a algunos tipos de plásticos, caucho y revestimientos.</p> <p><b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN</b> TLV: 10 ppm como TWA; 15 ppm como STEL (ACGIH 2010). LEP UE: 10 ppm; 25 mg/m<sup>3</sup> como TWA (EU 1991).</p>	<p><b>VÍAS DE EXPOSICIÓN</b> Efectos locales graves</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN</b> Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN</b> La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación puede causar edema pulmonar, pero sólo tras producirse los efectos corrosivos iniciales en los ojos o las vías respiratorias.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. Los pulmones pueden resultar afectados tras exposiciones prolongadas o repetidas a un aerosol de esta sustancia. Riesgo de erosión de los dientes tras exposiciones prolongadas o repetidas al aerosol de esta sustancia.</p>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
<p>Punto de ebullición: 118°C Punto de fusión: 16.7°C Densidad relativa (agua = 1): 1.05 Solubilidad en agua: miscible. Presión de vapor, kPa a 20°C: 1.5 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.1</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02 Punto de inflamación: 39°C c.c. Temperatura de autoignición: 485°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 6.0-17 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.17</p>	
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.		
<b>NOTAS</b>		
El nº NU 2789 corresponde al ácido acético, ácido acético glacial o un disolución de ácido acético con más del 80 % de ácido en peso. Otro nº NU: NU 2790 disolución de ácido acético (entre el 10 y el 80% de ácido acético en peso); clasificación de peligro NU 8, grupo de envasado II-III.		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011):</p> <p>VLA-ED: 10 ppm; 25 mg/m<sup>3</sup></p> <p>VLA-EC: 15 ppm, 37 mg/m<sup>3</sup></p>		

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://sct.uab.cat/l-amb-controlat/sites/sct.uab.cat.l-amb-controlat/files/CH3COOH.pdf>.

## 14. Isooctano.

### Ficha técnica isooctano 1/3.

**Sintorgan**<sup>®</sup> Hoja de Seguridad  
REACTIVOS ANALITICOS

**ISO-OCTANO**

---

**1. Identificación del producto**

 **Nombre químico:** iso octano  
**Sinónimos:** 2,2,4-trimetilpentano  
**Nº CAS:** 540-84-1  
**Fórmula:** CH<sub>3</sub>C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>  
**Nº ONU:** 2789  
**Nº Guía de Emergencia del CIQUIME:**  
00

---

**2. Propiedades físico-químicas**

 **Aspecto y color:** Líquido incoloro  
**Olor:** Característico  
**Presión de vapor: kPa a 20°C:** 5.1  
**Densidad relativa (agua=1):** 0.69  
**Densidad relativa de vapor (aire=1):** 3.9  
**Solubilidad en agua:** inmiscible  
**Punto de ebullición:** 99°C  
**Punto de fusión:** -107°C  
**Peso molecular:** 114.3

---

**3. Identificación de los peligros**



---

**4. Estabilidad y reactividad**

 **Condiciones que deben evitarse:** fuentes de calor o ignición  
**Materiales a evitar:** sustancias oxidantes  
**Productos de descomposición:** inestable a 20°C, puede alcanzar concentraciones tóxicas en el aire  
**Polimerización:**

---

**5. Información toxicológica**

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/iso-octano.pdf>

	Efectos agudos	Efectos crónicos
<b>Contacto con la piel</b>	Irritación, dermatitis y dolor.	Dermatitis.
<b>Contacto con los ojos</b>	Irritación de las conjuntivas con posible daño de la cornea	
<b>Inhalación</b>	Se absorbe rápidamente por pulmón. Puede provocar somnolencia, mareos y en altas concentraciones puede producir coma y muerte.	Irritación de las vías aéreas superiores
<b>Ingestión</b>	Se absorbe rápidamente por vía digestiva.	Produce daño hepático y renal.
<b>Otros</b>	Produce ataxia, y alteración SNC periférico (esta indicado control medico periódico).	

**Límite en aire de lugar de trabajo (s/ Res. 295/03):** No establecido.

**Límite biológico (s/ Res. 295/03):** No establecido.

**Límite NIOSH REL:**

**Límite OSHA PEL:**

**Nivel guía para fuentes de agua de bebida humana (s/ Dto. 831/93):**

#### 6. Riesgos de incendio y explosión



**Incendio:** Altamente inflamable.

**Explosión:** Las mezclas vapor aire son explosivas.

**Puntos de inflamación:** -12°C

**Temperatura de autoignición:** 417°C

#### 7. Efectos ecotóxicos



**Residuo clasificado peligroso / especial**

S/ Ley 24-051 - Dto. 831/93 (Nación)

S/ Ley 11.720 - Dto. 806/97 (Bs.As.)

SI

NO

SI

NO

**Límite en emisiones gaseosas**

S/ Dto. 831/93 (Nación)

S/ Dto. 3395/96 (Bs.As.)

Nivel guía de emisión:

Nivel guía de emisión:

Nivel guía de calidad de aire:

Nivel guía de calidad de aire:

**Límite en vertidos líquidos**

S/ Res. 79179/90 (Nación)

S/ Res. 336/03 (Bs.As.)

#### 8. Equipos de protección personal



**Protección respiratoria:** Si

**Protección de manos:** Si

**Protección de ojos:** Si

**Protección del cuerpo:** Si

**Instalaciones de seguridad:** Si

#### 9. Manipuleo y almacenamiento



**Condiciones de manipuleo:** Evite la acumulación de carga electrostática, usar equipo y recipiente antiestático, evitar los movimientos bruscos del líquido.

**Condiciones de almacenamiento:** Almacenamiento a prueba de incendios. Mantener el lugar frío con sistemas de ventilación adecuados. No almacenar junto a sustancias oxidantes.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/iso-octano.pdf>

## Ficha técnica isoctano 3/3.



**Precauciones personales:** Evacuar la zona del derrame, usar equipo autónomo de respiración con máscara de cara completa.

**Precauciones ambientales:** Evitar la liberación del producto al medio ambiente, recoger en recipiente herméticos y colocarlos en un lugar seguro. Absorber el líquido residual con materiales adecuados (no utilizar material orgánico).

### 11. Medidas a tomar en caso de contacto con el producto - Primeros Auxilios



**En general:** Esta sustancia se puede absorber rápidamente por vías respiratorias principalmente.

**Contacto con la piel:** Quitar las ropas contaminadas, lavar la piel con agua y solicitar atención médica.

**Contacto con los ojos:** Enjuagar con abundante agua durante varios minutos, quitar lentes de contacto en caso de usarlos.

**Inhalación:** Retirar al aire libre, colocar en posición de recuperación y de ser necesario respiración artificial.

**Ingestión:** Enjuagar la boca, NO PROVOCAR EL VOMITO. Siempre consultar con el médico.

### 12. Anexo Médico



**En general:** A bajas concentraciones produce mareos, dolor de cabeza, náuseas y vómitos y en altas concentraciones es un depresor del SNC.

**Contacto con la piel:** Produce irritación y dolor, deshidratación de la piel, y dermatitis.

**Contacto con los ojos:** Irritación de las conjuntivas y el contacto directo con el líquido alteración de la visión.

**Inhalación:** Depende de la concentración: Mareos, ataxia, dolor de cabeza, vértigo, coma, puede producir paro cardiorrespiratorio.

**Ingestión:** Puede producir daño hepático, daño renal y SNC.

### 13. Medidas a tomar en caso de incendio y explosión



**Medidas de extinción apropiadas:** Polvos, AFFF, espuma Co2.

**Medidas de extinción inadecuadas:**

**Productos de descomposición:** Evite la entrada de personal innecesario y no protegido, solo deben actuar personal entrenado y bomberos profesionales.

**Equipos de protección personal especiales:** Equipos de protección personal completos, aparatos respiratorios autónomos.

**Instrucciones especiales para combatir el fuego:** Combatir el incendio desde un lugar protegido, enfriar los demás recipientes pulverizando con agua, el vapor puede encenderse a distancia, evitar toda fuente de chispas y de ignición.

### 14. Medidas a tomar para la disposición final de residuos



Los restos de productos químicos deberán eliminarse de acuerdo a la legislación local, los envases contaminados deben tratarse como el propio residuo químico. No drenar en ningún sistema de cloacas, sobre el piso o extensión de aguas.

### 15. Fuentes bibliográficas



Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo- España. NIOSH última revisión 9 de Noviembre de 1999.

INTI- NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards Toxicology and chemical.

Guía de Respuestas a Emergencias con Materiales Peligrosos. Centro de Información Química para Emergencias. Año 2001.

Res. 444/91 M.T.S.S.

Ley 24.051- Dec. 831/93. (Nación).

Ley 11.720- Dec. 806/97. (Bs. As.)

Dec. 3395/96. (Bs.As.)

Res. 295/03. (Nación)

Res. 295/03. (Bs.As.)

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/iso-octano.pdf>

15. Yodato de Potasio.

Ficha técnica yodato de potasio 1/3.



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
COMITÉ DE BIOSEGURIDAD  
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Yodato de Potasio

<p><b>SECCION I. DATOS GENERALES DE LAS HDS</b>                  Proveedor:                  Teléfono:                  Emergencias: Centro de atención y respuesta a emergencias (55)-21-22-16-59                  SETIQ 01-800-00-214-00</p>		
<p><b>SECCION II. DATOS DE LA SUSTANCIA QUIMICA PELIGROSA</b>                  -Formula química: <math>KIO_3</math>                  -Nombre químico: Yodato de potasio                  Sinónimos: Acido iódico sal de potasio</p>	<p><math>KIO_3</math></p>	
<p><b>SECCION III. IDENTIFICACION DE SUSTANCIA QUIMICA PELIGROSA</b>                  No. CAS: 7758-05-6                  No. ONU: no reportado                  LMPE-PPT, LMPE-CT y LMPE-P: DL50 Oral-rata: No reportado                  IPVS(IDLH): S/D                  RIESGO A LA SALUD: 1                  ESTABILIDAD: Estable bajo condiciones normales de almacenaje.                  INCOMPATIBILIDAD: Reacciona violentamente con materiales combustibles, materiales reductores, aluminio, compuestos orgánicos, carbón, peróxido de hidrógeno y sulfuros.                  PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION TERMICA: La incineración puede causar vapores tóxicos de yodo.                  RIESGO DE INFLAMABILIDAD: 0                  RIESGO DE REACTIVIDAD: 0                  Corrosivo                  -Disolución exotérmica con agua                  -Valido en general para sustancias y preparaciones orgánicas combustibles: en caso de división fina, en estado arremolinado, debe contarse en general con peligro de explosión                  COMPONENTES RIESGOSOS</p>		

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/YodatoDePotasio.pdf>

Ficha técnica yodato de potasio 2/3.



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
COMITÉ DE BIOSEGURIDAD  
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Yodato de Potasio

<p><b>SECCION IV. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Peso molecular: 214 g/mol</li> <li>-Temperatura de ebullición: No reportado</li> <li>-Temperatura de fusión: 560 °C</li> <li>-Temperatura de inflamación: 199°C</li> <li>-Temperatura de ignición: No identificado</li> <li>-Densidad: 3.89 g/cm<sup>3</sup> (25°C)</li> <li>-Ph: 8-9 (10g/l, H<sub>2</sub>O, 20°C)</li> <li>-Estado físico: Líquido</li> <li>-Color: Incoloro-blanco</li> <li>-Olor: Inodoro</li> <li>-Solubilidad en agua: Muy soluble en agua (0.1-1%)</li> <li>-Presión de vapor: No especificado</li> </ul>	
<p><b>SECCION V. RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Medios de Extinción: Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.</li> <li>-Equipo de protección especial de lucha contra incendios: Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.</li> <li>-Recomendaciones para el personal en caso de incendio: permanezca en el área de riesgo solo con sistemas de respiración independientes al ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Condiciones que producen otro riesgo especial: reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción del fuego</li> </ul>
<p><b>SECCION VI. REACTIVIDAD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Estabilidad: El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (A temperatura ambiental)</li> <li>-Inestabilidad: Evitar calentarlo, debe considerarse crítico un intervalo a partir de aproximado de 25°kelvin por debajo del punto de inflamación y la exposición a la humedad.</li> <li>-Incompatibilidad: Agentes oxidantes fuertes</li> <li>-Productos peligrosos de la descomposición: Óxido de azufre y óxido de nitrógeno.</li> <li>-Posibilidad de reacciones peligrosas:</li> </ul>	
<p><b>SECCION VII. RIESGOS A LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS</b></p> <p>Según Vía de Ingreso al Organismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Ingestión: Nocivo, hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos)</li> <li>-Inhalación: Nocivo Aire fresco, si ha parado de respirar dar respiración artificial.</li> <li>-Contacto con la piel: Provoca irritación cutánea. Aclarar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada.</li> </ul>	

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/YodatoDePotasio.pdf>

Ficha técnica yodato de potasio 3/3.



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
COMITÉ DE BIOSEGURIDAD  
HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Yodato de Potasio

<p>-Contacto con ojos: Provoca irritación ocular grave. Aclarar con abundante agua, llamar inmediatamente al oftalmólogo. Sustancia Química Considerada como: -Mutagénica: Negativo Otros Riesgos o Efectos para la Salud -Efectos irritantes, conjuntivitis, tos, insuficiencia respiratoria, náusea, dolor de cabeza y vértigo Antídotos: S/D</p>
<p><b>SECCION VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES</b> Procedimiento y precauciones inmediatas -Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar el contacto con la sustancia, evitar la inhalación del polvo, asegúrese una ventilación apropiada, evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia y consulte con los expertos</p>
<p><b>SECCION IX. PROTECCION ESPECIAL ESPECIFICA PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA</b> -Protección de los ojos /cara: Gafas de seguridad -Protección de las manos sumersión: Guante de caucho nitrilo de 0.11mm de espesor tiempo de perforación de &gt;480min -Protección respiratoria: Mascarilla con un filtro recomendado P 2</p>
<p><b>SECCION X. INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION</b> -ADR/RID: Transporte terrestre -Peligrosas ambientalmente: No</p>

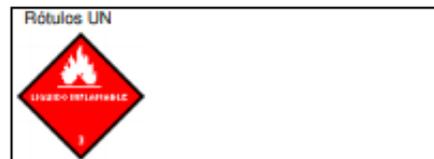
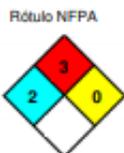
<p><b>SECCION XI. INFORMACION SOBRE ECOLOGIA</b> De acuerdo con la SEMARNAP en Materia de agua, aire, suelo y residuos peligrosos -Toxicidad: 1.-Oral aguda DL50 rata: No reportado Síntomas, náuseas. 2.-Inhalación aguda: Síntomas, irritación de las mucosas. 3.-piel: Irritación de la misma 4.-Ojo: Irritación ocular -Persistencia y degradabilidad: Biodegradabilidad, no es fácilmente biodegradable -Potencial de bioacumulación: coeficiente de reparto n-octano/agua log pow:-0.49 (calculado) no es de esperar una bioacumulación -Movilidad en el suelo: S/D -Resultados de la valoración PBT y mPmB: No se hizo, debido al hecho de que una evacuación de peligro químico no es necesaria o no existe. -otra información importante: La descarga en el ambiente debe ser evitada</p>
<p><b>SECCION XII. PRECAUCIONES ESPECIALES</b> Para su Manejo, Transporte y Almacenamiento</p>

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www.inr.gob.mx/Descargas/bioSeguridad/YodatoDePotasio.pdf>

16. Metanol.

Ficha técnica metanol 1/5.

**HOJA DE SEGURIDAD  
( MSDS )  
ALCOHOL METILICO ( METANOL )**



Fecha Revisión: 15/10/1997

TELEFONOS DE EMERGENCIA: Corquiven: +58 (241) 832.73.49 / 832.70.92 / 838.95.68

**IDENTIFICACION**

**Sinónimos:** Alcohol Metílico, Hidrato Metílico, Monohidroximetano, Carbinol, Hidróxido Metílico, Metinol, Alcohol o Espíritu de Madera.

**Fórmula:** CH<sub>3</sub>OH

**Composición:** Puro o en solución concentrada

**Número Interno:**

**Número CAS:** 67-56-1

**Número UN:** 1230

**Clases UN:** 3.2

**Usos:** Solvente, combustible, plastificante, reactivo de laboratorio, extracción de aceites vegetales y animales, anticongelante, elevador de octano, manufactura de productos químicos y farmacéuticos, agente de extracción, producción de formaldehído, monometil, dimetilamina, sulfato dimetílico, matil antraquinona y metil ésteres, desnaturalización de etanol, deshidratación de gas natural, en la producción de pinturas, barnices, cementos, tintas, cosméticos, plásticos y colorantes.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www3.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/metanol.pdf>

## Ficha técnica metanol 2/5.

### EFFECTOS PARA LA SALUD

**Limites de exposición ocupacional:**

**TWA:** 262 mg/m<sup>3</sup> (PIEL)

**STEL:** 328 mg/m<sup>3</sup>

**TECHO (C):** N.R.

**IPVS:** N.R.

**Inhalación:** Irrita las mucosas nasales y oculares. Produce asfixia, vértigo, tos, dolor de cabeza, náuseas, vómito, trastornos oculares, convulsiones e inconsciencia.

**Ingestión:** Disturbios visuales, dolor abdominal, diarrea, vómito, inconsciencia. En casos graves: coma, paro respiratorio, ceguera, convulsiones, acidosis metabólica severa y muerte

**Piel:** Se absorbe por la piel presentando efectos iguales a la inhalación. Produce resequedad, enrojecimiento y dolor.

**Ojos:** Irritación, dolor, lagrimeo, sensación de quemadura y visión borrosa

**Efectos Crónicos:** Su eliminación del cuerpo es lenta. Produce ceguera, acidosis metabólica, afecta el corazón y el sistema nervioso central, en especial el nervio óptico, conduce a dolores de cabeza persistentes y visión borrosa. Los efectos crónicos de sobreexposición pueden incluir daños a los riñones y el hígado. La exposición repetida o prolongada en contacto con la piel conduce a dermatitis.

### PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial (evitar el método boca a boca). Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.

**Ingestión:** Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua o de a beber una copa de whisky. No inducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.

**Piel:** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica

**Ojos:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www3.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/metanol.pdf>

## RIESGOS DE INCENDIO Y/O EXPLOSION

**Punto de inflamación (°C):** 11 copa  
cerrada

**Temperatura de autoignición (°C):** 385

**Limites de inflamabilidad (%V/V):** 6 - 36

**Peligros de incendio y/o explosión:**

Altamente inflamable. Los vapores son más pesados que el aire, pueden viajar hasta la fuente de ignición y regresar en llamas. Los contenedores pueden explotar cuando están expuestos a las llamas. Puede formar mezclas explosivas con el aire.

**Productos de la combustión:**

Produce gases tóxicos de óxidos de carbono

**Precauciones para evitar incendio y/o explosión:**

Mantener alejado de cualquier fuente de ignición y calor. Proveer buena ventilación al nivel del piso en los sitios de trabajo. Evitar el contacto con materiales incompatibles. Conectar a tierra los contenedores para evitar descargas electrostáticas. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosión.

**Procedimientos en caso de incendio y/o explosión:**

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Retirar los contenedores expuestos si puede hacerlo sin riesgo, en caso contrario, entríelos aplicando agua en forma de rocío desde una distancia segura. No introducir agua a los contenedores.

**Agentes extintores del fuego:**

El agua puede ser inefectiva. Use polvo (BC y ABC), espuma para alcohol, dióxido de carbono.

## ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION

**Almacenamiento:** Lugares ventilados, frescos y secos, a temperaturas inferiores a 30°C. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No fumar, ni exponer a los rayos solares. Conectar a tierra los contenedores para evitar descargas electrostáticas. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosión.

**Tipo de recipiente:**

**Manipulación:** Usar siempre protección personal total así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Usar herramientas que no produzcan chispas.

## PROCEDIMIENTOS EN CASO DE ESCAPE Y/O DERRAME

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www3.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/metanol.pdf>

## Ficha técnica metanol 4/5.

### EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL/CONTROL EXPOSICION

**Uso Normal:** Respirador con filtro para vapores orgánicos, monogafas, guantes de caucho o neopreno, delantal de caucho.

**Control de Emergencias:**

Equipo de respiración autónomo (SCBA) y traje de neopreno, guantes de caucho o neopreno, botas de caucho.

**Controles de Ingeniería:**

Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Control exhaustivo de las condiciones de proceso. Debe disponerse de duchas y estaciones lavajos.

### PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

<b>Apariencia:</b>	Líquido claro, incoloro de olor picante característico.
<b>Gravedad Específica (Agua=1):</b>	0.791 / 20°C
<b>Punto de Ebullición (°C):</b>	64.5
<b>Punto de Fusión (°C):</b>	-97.8
<b>Densidad Relativa del Vapor (Aire=1):</b>	1.10
<b>Presión de Vapor (mm Hg):</b>	92.0 / 20°C
<b>Viscosidad (cp):</b>	0.56 / 20°C
<b>pH:</b>	Neutro.
<b>Solubilidad:</b>	Soluble en agua, acetona, etanol, benceno, cloroformo y éter

### ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales

**Incompatibilidades o materiales a evitar:**

**Agua:** No    **Aire:** No    **Otras:** reacción vigorosa con agentes oxidantes (nitratos, percloratos, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, ácido perclórico, trióxido de cromo), ácido sulfúrico. Reacción violenta con anhídrido crómico, perclorito de plomo, cloroformo e hidróxidos.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www3.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/metanol.pdf>.

## Ficha técnica metanol 5/5.

### INFORMACION TOXICOLOGICA

Antídoto: Etanol.  
DL50 (oral, ratas) = 7.5 g/kg.  
DL50 (oral, ratones) = 870 mg/kg.  
DL50 (piel, ratas) = mayor de 20000 ml/kg.  
DL50 (piel, conejos) = 20 g/kg.  
LC50 (inhalación, ratas) = 64000 ppm (4 horas).  
LC50 (inhalación, gato) = mayor de 33600 ppm (6 horas).

### INFORMACION ECOLOGICA

La sustancia es de baja toxicidad para organismos acuáticos y terrestres. DBO5= 48-124%.  
DQO=1.05-1.5. Toxicidad peces:  
LC50 = 13680 ppm/96H/trucha arcoiris/agua fresca.

### CONSIDERACIONES DE ELIMINACION Y/O DISPOSICION

Desecho Tóxico EPA. se puede filtrar y destilar. Incinerar en forma controlada, el incinerador debe poseer un sistema para la absorción de los humos o vapores producidos. Evitar inhalar los vapores. Sólomente pequeñas cantidades de la sustancia se pueden dejar evaporar o diluir con abundante agua para enviar a alcantarillas apropiadas.

### INFORMACION DE TRANSPORTE

Etiqueta roja de líquido inflamable. No transportar con sustancias clase explosivas, gases venenosos, sólidos de combustión espontánea, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, sustancias con riesgo de incendio, ni alimentos.

### INFORMACION DE REGULACION

1. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Decreto 1344/70, modificado por la Ley 33/86. Artículo 48: Transportar carga sin las medidas de protección, higiene y seguridad. Artículo 49: Transportar materiales inflamables, explosivos o tóxicos al mismo tiempo que pasajeros o alimentos. Artículo 50: Transportar combustible o explosivos en forma insegura. Suspensión de la Licencia de Conducción.
2. Ministerio de Justicia, Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución 0009 de Febrero 18/87. Artículo 20 de la ley 30 de 1986. Por la cual se reglamenta en el Territorio Nacional la importación, fabricación, distribución, transporte y uso de sustancias que pueden ser utilizadas para el procesamiento de drogas que producen dependencia.
3. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en:  
<http://www3.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/metanol.pdf>

## 17. Trimetilolpropano.

### Ficha técnica trimetilolpropano1/1.

---

#### CERTIFICATE OF ANALYSIS



**Product Name** : TRIMETHYLOL PROPANE EXTRA PURE  
**Lot No.** : G65231909 **Analyzed On** : 02-Sep-2019  
**Mol. Formula** : C6H14O3 **Mol. Weight** : 134.2  
**Code No.** : 6366D **CAS No.** : 77-99-6  
**Mfg. Date** : Sep-2019 **Exp. Date** : Aug-2023  
**HAZ. / P.G.** : NA **UN No.** : NA

Sr.	Tests	Specifications	Results
1	Appearance	White scales or crystals	White scales
2	Assay	Min. 98.0%	99.6%
3	Solubility (0.1 g/mL in water)	Clear	Clear
4	Melting point	56 - 59°C	56°C

**CONCLUSION** -This above product complies as per the specifications of **LOBA CHEMIE PVT. LTD.**

---

#### LOBA CHEMIE PVT. LTD.

---

Works : Plot No. D-22, MIDC, Tarapur Industrial Area, Tarapur, Boisar, Taluka- Palghar, Dist. Palghar, Pin-401506  
Tel: 91.02525-663630/39/34  
Regd Office : 107 Wode House Road, Jehanghir Villa, Colaba, Mumbai-400005  
Tel: 91.22.6663 6663, Fax: 91.22.22151099  
[info@lobachemie.com](mailto:info@lobachemie.com) | [www.lobachemie.com](http://www.lobachemie.com)

---

*This document has been produced electronically and it is valid without signature.*

Fuente: Suministrado por Braquim LTDA.

## 18. Acetato de Etilo.

Ficha técnica acetato de etilo 1/6.

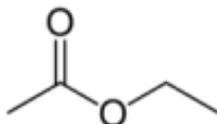


### Hoja de seguridad Acetato de etilo MSDS



#### Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Acetato de etilo.
- **Número CAS:** 141-78-6.
- **RTECS:** AH5425000.
- **Fórmula química:** C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>.
- **Estructura química:**



- **Masa molecular:** 88,11 g/mol
- **Sinónimos:** éter acético.
- **Usos recomendados:** disolvente, cosméticos.

**Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

#### Sección 2. Identificación del peligro o peligros

##### Descripción de peligros:



Inflamable

##### Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

Altamente inflamable. La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo. Nocivo: puede causar daño pulmonar si se ingiere. Irrita la piel. Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud por exposición prolongada por inhalación.

##### Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category)

## Ficha técnica acetato de etilo 2/6.

### Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.
- Alejar de llamas y fuentes de ignición.
- Alejar de materiales incompatibles

### Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

#### Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
141-78-6	Acetato de etilo	99.9 %

### Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** sustancia nociva para la salud, si alguno de estos síntomas se presentan, buscar atención médica de inmediato
- **Contacto ocular:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separe los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Contacto dérmico:** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Evitar la reanimación boca a boca. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
- **Ingestión:** Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito.

#### Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Puede causar una ligera irritación, enrojecimiento posible.
- **Contacto dérmico:** Causa irritación a la piel. Los síntomas incluyen enrojecimiento, picazón y dolor. El contacto repetido o prolongado con la piel puede causar sequedad, resquebrajamiento, y posiblemente dermatitis.
- **Inhalación:** La inhalación puede causar irritación severa de las membranas mucosas y tracto respiratorio superior. Los síntomas pueden incluir sensación de quemazón, tos, sibilancia, laringitis, dificultad para respirar, dolor de cabeza, náuseas y vómitos. Las altas concentraciones pueden causar daño pulmonar. Un irritante a la nariz, garganta y tracto respiratorio superior. La exposición a altas concentraciones tiene un efecto narcótico y puede causar daños
- **Ingestión:** Causa irritación del tracto gastrointestinal. Los síntomas pueden incluir náuseas, vómitos y diarrea.

#### Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** La sustancia puede ser tóxica para la sangre, los riñones, el sistema nervioso, hígado, cerebro, sistema nervioso central (SNC).
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category).

## Ficha técnica acetato de etilo 3/6.

### Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Use cantidades considerables de agua, polvo químico o CO<sub>2</sub>.
- **Productos peligrosos por combustión:** óxidos carbono.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

### Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro (entre 50 y 100 metros en todas las direcciones), demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. No inhalar los vapores ni tocar el producto derramado. Usar agua en forma de rocío para reducir los vapores (líquido) o las nubes de polvo (sólido).
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Absorber con material inerte como arena o tierra. Recoger y depositar en contenedores con cierre hermético, cerrados, limpios, secos y marcados. Lavar con abundante agua el piso. Recoger con palas no metálicas u otro elemento que pueda producir chispas. Recoger la sustancia utilizando los absorbentes adecuados. Absorbentes Recomendados: vermiculita, salchichas, almohadas.

### Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto. Quitarse la ropa y el equipo protector contaminados antes de entrar en los comedores. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Lea las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Manipular alejado de fuentes de ignición y calor.
- **Condiciones de almacenamiento:** Lugares ventilados, frescos, secos y señalizados. Temperatura adecuada 15-25°C. No almacenar por debajo de 12°C. Almacenar bien cerrado en bolsa o contenedores de polietileno, bien ventilado; alejado de fuentes de ignición y calor. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados. Inspeccione periódicamente las áreas de almacenamiento para detectar daños y fugas en los contenedores.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category).

## Ficha técnica acetato de etilo 4/6.

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Se debe usar equipo de protección respiratoria certificado.
- **Equipo de protección ocular:** Gafas de seguridad para químicos a prueba de polvo o salpicaduras con lente de policarbonato y visor contra salpicaduras, o protector facial de 20 cm como mínimo.
- **Equipo de protección dérmica:** Use ropa protectora impermeable, incluyendo botas, guantes, bata de laboratorio, delantal o monos, según proceda, para evitar el contacto de la piel.

### Sección 9. Propiedades físicas y químicas

<b>Estado físico</b>	Líquido
<b>Color</b>	Incoloro
<b>Olor</b>	Frutal
<b>Umbral olfativo</b>	3,9 ppm
<b>pH</b>	No disponible
<b>Punto de fusión</b>	-83 ° C
<b>Punto de ebullición</b>	77,6 ° C
<b>Punto de inflamación</b>	7,2 ° C
<b>Tasa de evaporación</b>	No disponible.
<b>Límites de explosión</b>	Inferior: 2,2% Superior: 9%
<b>Presión de vapor a 20°C</b>	12,4 kPa
<b>Densidad relativa de vapor (aire=1)</b>	3,4
<b>Densidad relativa (agua=1)</b>	0,8636
<b>Solubilidad en agua</b>	No disponible
<b>Solubilidad en otros disolventes</b>	No disponible
<b>Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)</b>	0,83
<b>Temperatura de autoinflamación</b>	426,67 ° C
<b>Temperatura de descomposición</b>	No disponible.
<b>Peligro de explosión</b>	No disponible.
<b>Viscosidad</b>	No disponible

### Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** Calor, fuentes de ignición (llamas, chispas, estática), materiales incompatibles
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales.
- **Incompatibilidad:** Reactivo con agentes oxidantes, ácidos, álcalis.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** El dióxido de carbono y monóxido de carbono pueden formarse cuando se calienta hasta la descomposición.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category).

## Ficha técnica acetato de etilo 5/6.

- **Carcinogenicidad:** A4 (No clasificado para el consumo humano o animal.)
- **Toxicidad para la reproducción:** Sí. Posible riesgo para el feto.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** La sustancia puede ser tóxica para la sangre, riñones, hígado.
- **Posibles vías de exposición:** dermal y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** irritación.
- **Efectos retardados:** no disponible
- **Efectos crónicos:** La sobreexposición crónica puede causar anemia con leucocitosis (aumento transitorio del recuento de glóbulos blancos) y daños al hígado y los riñones.
- **LD/LC50:**

<b>Oral (LD-50)</b>	4100 mg / kg (rata)
<b>Dermal (LD-50)</b>	4.935 mg / kg (conejo)
<b>Inhalativa (LC-50)</b>	1600 ppm /8 horas (rata)

### Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** Toxicidad para los peces : CL<sub>50</sub> 96 h: *Pimephales promelas*: 230 mg/L.
- **Persistencia y degradabilidad:** Cuando se elimina en el suelo, este material se puede biodegradar en grado moderado. Cuando se elimina en el suelo, este material puede filtrarse en las aguas subterráneas. Cuando se elimina en el agua, este material se espera que biodegradan fácilmente. Cuando se elimina en el agua, este material se espera que tenga una vida media entre 10 y 30 días. Los productos de degradación son menos tóxicos que el producto mismo.
- **Potencial de bioacumulación:** no es de esperar una bioacumulación significativa.
- **Movilidad:** El producto es soluble en agua
- **Otros efectos adversos:** no disponible

### Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado en forma apropiada y aprobada. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar la gestión de residuos. Deseche el envase y el contenido no utilizado de conformidad de acuerdo con los requisitos estatales.

### Sección 14. Información relativa al transporte

- **Nº ONU:** 1173
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** sustancia de etiqueta roja con la leyenda de "inflamable" con grado de inflamabilidad de 3.
- **Riesgos ambientales:** el producto generar irritación y quemaduras a los organismos con los que entre en contacto.
- **Precauciones especiales:** No transporte con sustancias explosivas, sólidos que liberan gases inflamables en contacto con el agua, comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, alimentos, ni sustancias incompatibles.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category).

## Ficha técnica acetato de etilo 6/6.

### Sección 15. Información sobre la reglamentación

Los desechos de los productos químicos están regulados por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el transporte de los mismos está regulado por el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE). Este producto es considerado precursor según la Lista 3 del artículo 51 del Reglamento General a la Ley Sobre Estupefacientes, Sustancias Psicotrópicas, Drogas de Uso no Autorizado, Legitimación de Capitales y Actividades Conexas (Decreto N°31684 -MP-MSP-H-COMEX-S).

### Sección 16. Otras informaciones

#### **Frases R:**

R 20/22: Nocivo por inhalación y por ingestión.

R 11: Fácilmente inflamable.

R 50/53: Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar efectos adversos plazo de duración en el medio acuático.

R 63: Posible riesgo para el feto.

#### **Frases S:**

S 26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

S 45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).

S 1/2: Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.

S 61: Evítese su liberación al medio ambiente.

**Fecha de preparación de la hoja de seguridad:** 25 de julio de 2010.

**Versión:** 1.1

**Modificaciones respecto a versión anterior:** 31 de mayo de 2016.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: [www.quimica.una.ac.cr > index.php > documentos-electronicos > category](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category).

## 19. Hexano.

Ficha de seguridad hexano 1/6.



# Hoja de seguridad Hexano MSDS



### Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Hexano.
- **Número CAS:** 110-54-3.
- **RTECS:** MN9275000.
- **Fórmula química:** CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>
- **Estructura química:**  
$$\begin{array}{cccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ & | & | & | & | & | & | & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{H} \\ & | & | & | & | & | & | & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \end{array}$$
- **Masa molar:** 86,06 g/mol.
- **Sinónimos:** Hidruro de hexilo.
- **Usos recomendados:** Disolvente para resinas, grasa, aceites, ácidos grasos, hidrocarburos, hidróxidos alcalinos. Como medio de extracción por solventes, fabricación de intermedios, derivados orgánicos, colorantes, drogas sintéticas, detergentes, soluciones para limpieza.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

### Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Líquido combustible

**Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:**

Líquidos y vapores inflamables. El vapor puede inflamarse. Dañino o mortal si se ingiere. Perjudicial si se inhala. Causa irritación a la piel, ojos y vías respiratorias. Afecta el sistema nervioso periférico y central.

Sistemas de clasificación:

- **NFPA(escala 0-4):**
- **HMIS(escala 0-4):**



<b>SALUD</b>	1
<b>INFLAMABILIDAD</b>	3
<b>REACTIVIDAD</b>	0

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/h/HEXANO.pdf>

## Ficha de seguridad hexano 2/6.

### Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

#### Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
110-54-3	Hexano	99,9%

### Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** Sustancia nociva para la salud. Buscar atención médica de inmediato.
- **Contacto ocular:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Contacto dérmico:** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado y aplicar emoliente.
- **Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Evitar la reanimación boca a boca. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
- **Ingestión:** Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito.

#### Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Puede causar irritación, enrojecimiento dolor y visión borrosa.
- **Contacto dérmico:** Causa irritación a la piel. Los síntomas incluyen enrojecimiento, picazón y dolor.
- **Inhalación:** La inhalación de altas concentraciones de vapores puede causar irritación de las vías respiratorias con dolor de garganta, tos, dificultad para respirar, dolores de cabeza, náuseas, mareos, apatía, narcosis y pérdida del conocimiento.
- **Ingestión:** Puede producir dolor abdominal, náuseas. La aspiración en los pulmones puede producir daño pulmonar grave y es una emergencia médica. Así mismo produce trastornos gastrointestinales, ulceración.

#### Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** Puede tener efecto narcótico.
- **Antídotos conocidos:** No disponible

### Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Agua en forma de rocío, espuma para alcohol, polvo químico seco o CO<sub>2</sub>.
- **Productos peligrosos por combustión:** Monóxido de carbono y dióxido de carbono.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/h/HEXANO.pdf>

## Ficha de seguridad hexano 3/6.

Para emergencias o casos donde los niveles de exposición no son conocidos, use un cubra toda la cara, de presión positiva.

- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Con una herramienta que no haga chispa, coloque en un recipiente adecuado para su eliminación. Use agua pulverizada para dispersar el gas / vapor. Retirar todas las fuentes de ignición. Absorber el derrame con un absorbente, no con materiales combustibles como tierra, arena o vermiculita. No use materiales combustibles como el serrín. Proporcionar ventilación. Una espuma supresora de vapor puede ser utilizado para reducir los vapores. El rocío de agua puede reducir el vapor, pero no previene la ignición en espacios cerrados

### Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto. Quitarse la ropa y el equipo protector contaminados antes de entrar en los comedores. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Lea las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Manipular alejado de fuentes de ignición y calor.
- **Condiciones de almacenamiento:** Lugares ventilados, frescos, secos y señalizados. Temperatura adecuada 20-25°C Almacenar en botellas de vidrio, en un bien ventilado; alejado de fuentes de ignición y calor. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados. Inspeccione periódicamente las áreas de almacenamiento para detectar daños y fugas en los contenedores. Almacenar los contenedores por debajo del nivel de los ojos en caso de ser posible.

### Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

#### Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	500 (ppm)
STEL	1000 (ppm)

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** En caso de formarse vapores/aerosoles, usar equipo respiratorio adecuado. Filtro A. Filtro
- **Equipo de protección ocular:** Gafas de seguridad para químicos a prueba de polvo o salpicaduras con lente de policarbonato y visor contra salpicaduras.  
**Equipo de protección dérmica:** Use ropa protectora impermeable, incluyendo botas, guantes, bata de laboratorio, delantal o monos, según proceda, para evitar el contacto de la piel.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/h/HEXANO.pdf>

Ficha de seguridad hexano 4/6.

<b>Punto de fusión</b>	-95 ° C
<b>Punto de ebullición</b>	68,5 ° C
<b>Punto de inflamación</b>	-23° C
<b>Tasa de evaporación</b>	No disponible
<b>Límites de explosión</b>	Inferior: 1,2%V/V, superior: 7,7% %V/V
<b>Presión de vapor a 20°C</b>	130 mm Hg
<b>Densidad relativa de vapor (aire=1)</b>	3
<b>Densidad relativa (agua=1)</b>	0,66 g/ mL
<b>Solubilidad en agua a 22 °C</b>	2,9 g en 100 mL
<b>Solubilidad en otros disolventes</b>	No disponible
<b>Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)</b>	No disponible
<b>Temperatura de autoinflamación</b>	224 ° C
<b>Temperatura de descomposición</b>	No disponible
<b>Peligro de explosión</b>	Por encima de punto de inflamación, las mezclas de aire-vapor son explosivas dentro de límites inflamables indicados anteriormente. Moderado riesgo de explosión y de incendio peligroso cuando se expone al calor, chispas o llamas.
<b>Viscosidad a 20°C</b>	0,31 mPa·s

**Sección 10. Estabilidad y reactividad**

- **Reactividad:** Combustible.
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales.
- **Incompatibilidad:** Reactivo con agentes oxidantes, ácidos orgánicos, trisulfuro de hidrógeno, ácidos inorgánicos fuertes.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** CO, CO<sub>2</sub>.

**Sección 11. Información toxicológica**

- **Toxicidad agua:** Compuesto contaminante del agua
- **Irritaciones cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** No.
- **Carcinogenicidad:** No.
- **Toxicidad para la reproducción:** Sí.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** Sistema nervioso central.
- **Peligro por aspiración:** Sí.

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/h/HEXANO.pdf>.

## Ficha de seguridad hexano 5/6.

### Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** Compuesto contaminante del agua.
- **Toxicidad para peces:** Test EC50(mg/L) : Peces (Leuciscus Idus) = 4480 mg/L ; Clasificación : Muy tóxico.
- **Persistencia y degradabilidad:** Este compuesto se biodegrada con facilidad. Sin embargo, a largo plazo, los productos de degradación pueden surgir. Los productos de degradación son menos tóxicos que el producto mismo.
- **Potencial de bioacumulación:** No se acumula en el cuerpo, es fácilmente excretado o transformado.
- **Movilidad en el suelo:** Se propaga en el entorno mediante agua.
- **Otros efectos adversos:** No disponible

### Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado en forma apropiada y aprobada. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar la gestión de residuos. Deseche el envase y el contenido no utilizado de acuerdo con los requisitos establecidos en la reglamentación vigente.

### Sección 14. Información relativa al transporte

- **N° ONU:** 1208
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Etiqueta roja con la leyenda de inflamable, con nivel de inflamabilidad de 3. No transporte con sustancias explosivas, gases venenosos, sustancias que pueden experimentar combustión espontánea, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, radiactivas, ni sustancias con riesgo de incendio.
- **Riesgos ambientales:** El producto no es considerado peligroso para el ambiente
- **Precauciones especiales:** No transporte con sustancias explosivas, ni con fuentes de ignición

### Sección 15. Información sobre la reglamentación

Los desechos de los productos químicos están regulados por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el transporte de los mismos está regulado por el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE). Este producto es considerado precursor según la Lista 3 del artículo 51 del Reglamento General a la Ley Sobre Estupefacientes, Sustancias Psicotrópicas, Drogas de Uso no Autorizado, Legitimación de Capitales y Actividades Conexas (Decreto N°31684 -MP-MSP-H-COMEX-S).

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/h/HEXANO.pdf>.

## Ficha de seguridad hexano 6/6.

Sección 16. Otras informaciones
<p><b>Frases R:</b></p> <p>R 11: Fácilmente inflamable. R 20: Nocivo por inhalación R 21: Nocivo en contacto con la piel R 36/38: Irrita los ojos y la piel R 41: Riesgo de lesiones oculares graves. R 62: Posible riesgo de perjudicar la fertilidad. R 51/53: Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar efectos adversos plazo de duración en el medio acuático. R 65: Nocivo: puede causar daño pulmonar si se ingiere. R 67: La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.</p>
<p><b>Frases S:</b></p> <p>S 7: Manténgase el recipiente bien cerrado. S 2: Manténgase fuera del alcance de los niños S 16: Conservar alejado de fuentes de ignición. S 36/37: Úsense indumentaria adecuada y protección guantes. S 45: En caso de accidente o de malestar, buscar atención médica inmediatamente (mostrar la etiqueta si es posible). S 61: Evítese su liberación al medio ambiente. Consulte las instrucciones especiales / hojas de seguridad. S 62: En caso de ingestión no provocar el vómito: acuda inmediatamente al médico y muéstrele este envase o etiqueta.</p>
<p>La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales.</p> <p>La información de esta Hoja de Seguridad está basada en los conocimientos actuales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.</p> <p>La información presentada en esta ficha de seguridad fue compilada por Rodrigo Muñoz Arrieta y revisada por José Ángel Rodríguez Corrales como parte del Proyecto de Gestión de Reactivos y Desechos Químicos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química.</p>
<p><b>Fecha de preparación de la hoja de seguridad:</b> 28 de agosto de 2010. <b>Versión:</b> 1.1 <b>Modificaciones respecto a versión anterior:</b> 9 de julio de 2013. <b>Versión:</b> 1.2 <b>Modificaciones respecto a versión anterior:</b> 20 de abril del 2016.</p>

Fuente: [Sitio WEB]. [Consultado el 10, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/h/HEXANO.pdf>.

## 20. Lipasa: Aspergillus Niger.

### Ficha de seguridad lipasa: Aspergillus Niger

DK an A.Enzyme JP Company



**LIPASA XX SPLIT 25 L**®  
*Esterasa*

La *Lipasa XX Split 25L* es una enzima Esterasa (E.C.3.1.1.3-Triacylglycerol Acylhidrolasa), de aspecto líquido, producida mediante fermentación sumergida de un microorganismo (*T. Lanuginosus*) modificado genéticamente. La proteína enzimática, no modificada genéticamente, se separa del organismo de producción y luego es purificada.

La enzima es de un color amarillo de tenue a oscuro con ligero olor a fermentación. La característica de color no es un indicador de la actividad enzimática y puede cambiar de lote a lote de producción.

Tiene diversos usos, entre ellos en procesamiento de papel, en formulaciones para tratamientos de aguas con presencia de grasas de origen animal o vegetal, elaboración de detergentes. Tiene alta capacidad para degradar aceites provenientes de cebos industriales, aceites de palma y coco y otros de origen vegetal.

**Declaración de Ingredientes.**  
Enzima Lipasa, Conservante Proxel, Propilenglicol y/o sorbitol USP como estabilizantes.

Solubilidad	Soluble en Agua
Color	Amarillo hasta ámbar tenue
sp. Gr	N / A
Actividad	Mín. 3,030 FIP/g
Forma	Líquido de olor típico

**Niveles de Uso Sugeridos**

Se sugiere el uso de 300 a 600 gramos de *Lipasa XX Split 25L* por tonelada métrica de aceite como sustrato.

El uso de *Lipasa XX Split 25L* en otras aplicaciones, sugiere una evaluación preliminar con niveles de uso que van desde 0,2 % a 1,0 % sobre el peso de sustrato que contenga el material a procesar.

En formulaciones para detergentes, use de 0,1 a 0,8 % sobre la base detergente final.

En esta aplicación, debe incorporarse a la mezcla cuando el detergente se encuentre estabilizado en términos de pH. No se recomienda incorporar simultáneamente con agentes que puedan causar su inactivación o con elevados valores de pH.

### Additives for Industry



Es necesario evaluar el uso de la *Lipasa XX Split 25L* observando el desempeño y resultado finales, hasta encontrar la dosis con resultado óptimo.

La estabilidad del producto en detergentes, es mayor cuando se usan Propilenglicol o sorbitol o derivados del ácido bórico tales como boratos, para las formulaciones líquidas.

En todo caso la mejor estabilidad se logra con el diluyente apropiado.

#### Efecto de la Temperatura

El rango efectivo de temperatura está entre los 30 ° C y los 40 ° C.

#### Efecto del pH

Optimo de pH : 7.5  
Rango efectivo de pH : 5.0 a 8.0.  
Estabilidad al pH : 7.0 a 10.0

#### Manejo

Evite atomización o formación de aerosoles finos del producto concentrado. Una repetida inhalación del aerosol puede causar sensibilización y reacciones de tipo alérgico en individuos sensibles. Si se ingiere debe acudir al médico inmediatamente.

#### Empaque, Almacenamiento / Vida útil

El envase comercial de nuestro producto es el bidón plástico por 20 kilos neto; otras presentaciones están disponibles para volúmenes inferiores o superiores al estándar. El producto ha sido formulado para mantener una estabilidad óptima. Almacénese a 10 ° C preferiblemente, en su envase original. Se recomienda refrigeración. Puede resultar necesario aumentar la dosis si la enzima ha experimentado un almacenamiento prolongado en condiciones adversas, incluyendo humedad o temperatura altas.

La pérdida de actividad en condiciones frescas y secas, puede ser inferior al 10 % en un año. Si se almacena a 10 ° C o por debajo, la vida útil en almacenamiento puede extenderse y la pérdida de actividad enzimática puede ser inferior al 5 % en un año.

♦♦

Las datos señalados en esta ficha técnica, son de carácter orientativo y se ofrecen de buena fe, pero no implican garantía expresa de nuestra parte ni del fabricante, ya que el manejo dado por cada usuario o las condiciones de uso de cada consumidor en particular, se encuentran fuera de nuestro control.

**Proenzimas S.A.** garantiza que la actividad enzimática dada por el método es la anunciada en la ficha técnica, pero no se hace responsable por los resultados de tratamientos efectuados con la enzima.

Fuente: Laboratorio Braquim Colombia proveedor de lipasa Aspergillus Niger.

**Anexo B. BROCHURES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.**

pH-metro BP3001 TRANS INSTRUMENTS.

<b>3. SPECIFICATION:</b>			
<b>Range</b>	0 to 14 pH	±1999mV	0 to 90°C
<b>Resolution</b>	0.01pH	0.1mV ~199.9 1mV ~1999	0.1°C
<b>Accuracy</b>	±0.02pH	±0.2mV ~199.9 ±2mV ~1999	±0.5°C
<b>Calibration</b>	5 point selectable		
<b>Operating voltage</b>	9 to 12VDC, min. 650mA		
<b>Operating temperature</b>	5 to 40°C		
<b>Storage temperature</b>	-20 to 60°C		
<b>Operating humidity</b>	Up to 95% RH		
<b>Meter size</b>	217 x 168 x 58mm		
<b>Package size</b>			
<b>Package weight</b>	2.1kg		

Fuente: TRANS INSTRUMENTS FOR THE PROFESSIONALS. Professional Benchtop pH meter BP3001. [Sitio WEB]. Singapore (Asia): Trans Instruments. [Consultado el 12, noviembre, 2019]. Disponible en: <http://www.transinstruments.com/media/catalogue/IM-BP3001-r6.pdf>

## Balanza analítica Pioneer 1/2.

InCal™ Modelo	PX125D	PX85	PX225D	PX124	PX224	PX323	PX523
<b>Calibración externa</b>				PX124/E	PX224/E	PX323/E	PX523/E
<b>Modelos aprobados*</b>	PX125DM	PX85M	PX225DM	PX124M	PX224M	PX323M	PX523M
Intervalo de verificación* e (g)	0,001		0,001		0,01		
Clase (Modelos aprobados)**	I			II			
Alcance máximo (g)	52/120	82	82/220	120	220	320	520
Legibilidad d (g)	0,00001/0,0001	0,00001	0,00001/0,0001	0,0001		0,001	
Repetibilidad std (g)	0,00002/0,0001	0,00002	0,00002/0,0001	0,0001		0,001	
Linealidad (g)	± 0,0001		± 0,0002		± 0,002		
Tiempo de estabilización (s)	10		4		2		
Deriva de sensibilidad (PPM/K)	± 0,8		± 3				
Peso mín. típico (g) (USP, u=0,10 %, k=2)	20 mg		200 mg		2 g		
Peso mín. optimizado (g) (USP, u=0,10 %, k=2) SRP ≤ 0,41d**	9 mg		82 mg		0,82 g		
Unidades de pesaje	gramo, miligramo, mesghal, momme, Newton, onza, pennyweight, baht, quilate, grano, libra, tael de Hong Kong, tael de Singapur, tael de Taiwán, tical, tola, onza troy, personalizado (1)						
Unidades de pesaje, Modelos aprobados	g, mg, ct						
Aplicaciones de pesaje	Pesaje básico, conteo de piezas, pesaje porcentual, pesaje de animales, determinación de la densidad						
Tamaño del platillo Ø	80 mm		90 mm		120 mm		
Requisitos de potencia	Entrada de fuente de alimentación: 100 – 240V – 200mA 50 – 60Hz 12 – 18VA Salida de fuente de alimentación: 12 VDC 0,5A						
Carcasa de la base (an. x pr. x al)	209 x 321 x 309 mm						
Comunicación	RS232, USB						
Rango de temperatura de funcionamiento	10 °C to 30 °C						
Peso neto	4,5 kg						
Peso del paquete	7 kg						
Dimensiones del embalaje (an. x pr. x al)	507 x 387 x 531 mm						

\*Todos los modelos aprobados son de calibración interna. \*\*Solo modelos aprobados. \*\*\*El valor de SRP es la desviación estándar para n pesajes reiterados (n≥10)

Fuente: MEGAPES. Pioneer™ Analytical. [Sitio WEB]. España: Megapes. [Consultado el 12, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://megapes.net/es/balanzas-analiticas-de-precision/160138-balanza-analitica-pioneer-analytical.html>.

## Balanza analítica Pioneer 2/2.

InCal™ Modelo	PX3202	PX5202	PX4201
Calibración externa	PX3202/E	PX5202/E	PX4201/E
Modelos aprobados*	PX3202M	PX5202M	PX4201M
Intervalo de verificación* e (g)	0,1		1
Clase (Modelos aprobados)**	II		
Alcance máximo (g)	3200	5200	4200
Legibilidad d (g)	0,01		0,1
Repetibilidad std (g)	0,01		0,1
Linealidad (g)	± 0,02		± 0,2
Tiempo de estabilización (s)	1 s		
Deriva de sensibilidad (PPM/K)	± 3		± 10
Peso mín. típico (g) (USP, u=0,10 %, k=2)	20 g		200 g
Peso mín. optimizado (g) (USP, u=0,10 %, k=2) SRP ≤ 0,41d**	8,2 g		82 g
Unidades de pesaje	gramo, miligramo, mesghal, momme, Newton, onza, pennyweight, baht, quilate, grano, libra, tael de Hong Kong, tael de Singapur, tael de Taiwán, tical, tola, onza troy, personalizado (1)		
Unidades de pesaje, Modelos aprobados	g, kg, ct		
Aplicaciones de pesaje	Pesaje básico, conteo de piezas, pesaje porcentual, pesaje de animales, determinación de la densidad		
Tamaño del platillo Ø	180 mm		
Requisitos de potencia	Entrada de fuente de alimentación: 100 – 240V – 200mA 50 – 60Hz 12 – 18VA Salida de fuente de alimentación: 12 VDC 0,5A		
Carcasa de la base (an. x pr. x al)	209 x 321 x 98 mm		
Comunicación	RS232, USB		
Rango de temperatura de funcionamiento	10 °C to 30 °C		
Peso neto	3,5 kg		
Peso del paquete	5 kg		
Dimensiones del embalaje (an. x pr. x al)	550 x 385 x 291 mm		

\*Todos los modelos aprobados son de calibración interna. \*\*Solo modelos aprobados. \*\*\*El valor de SRP es la desviación estándar para n pesajes reiterados (n≥10)

Fuente: MEGAPES. Pioneer™ Analytical. [Sitio WEB]. España: Megapes. [Consultado el 12, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://megapes.net/es/balanzas-analiticas-de-precision/160138-balanza-analitica-pioneer-analytical.html>.

Equipo de índice de refracción.

<b>Nombre del equipo:</b> Refractómetro sper scientific 300034
Equipado con iluminación integral para su escala de unidad externa.
Ideal para medir el índice de refracción de aceites, sólidos, polvos, pastas y films plásticos.
El equipo es suministrado con un termómetro de lectura digital.
Especificaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Doble escala: Índice de refracción (1.3000 - 1.7200) y escala de azúcar (0 - 95 % brix).</li><li>○ Precisión: 0,0005 nd (índice refractivo) y 0,25 % brix.</li><li>○ Ocular telescópico de 22 x, con ajuste de enfoque.</li><li>○ Doble escala de lectura iluminada y externa en el frente del equipo.</li><li>○ Termómetro de lectura digital (batería de 9 v). Sensor de molibdeno calibrado en fábrica. rango de 0 - 200 °c (0,1 °C de precisión).</li><li>○ Dos manijas laterales de ajuste de línea y de dispersión (0-60°). Entrada de luz y tubo de conexión (baño maría) para los dos prismas.</li><li>○ Alimentación eléctrica 240 v / 50 hz. tecla de apagado/encendido en la base.</li><li>○ Lámpara de tungsteno de 6 v / 2,1 w.</li><li>○ Incluye equipo de calibración (test de piezas de vidrio, frasco de alphabromonaphtalene y destornillador), tablas de conversión y dispersión, 2 lámparas de repuestos, 2 fusibles de repuestos, manual de instrucciones y funda protectora.</li><li>○ Tamaño de la caja 24 x 36 x 40cm (anc x alt x prof).</li><li>○ Peso: 7 kg.</li></ul>

Fuente: INSTRUMENTALIA. Refractómetro. [Sitio WEB]. Colombia: instrumentalía. [Consultado el 12, noviembre, 2019]. Disponible en: [http://www.instrumentalia.com.ar/main.php?pag=productos\\_in\\_lab&id=7967&pagina\\_menu=](http://www.instrumentalia.com.ar/main.php?pag=productos_in_lab&id=7967&pagina_menu=)

Planchas calentadoras con agitador magnético.

Ancho Plato (mm)	184
Capacidad de agitación	10 L
Frecuencia requerida (Hz)	50/60
Material del plato	Vidrio cerámico
Modelo	MS7-H550-S
Posiciones	1
Potencia calentamiento (W)	1000
Potencia de salida (W)	1.5
Profundidad Plato (mm)	184
RPM	0 - 1.500 rpm
Rango de temperatura (°C)	550
Tipo de agitación	Magnético
Voltaje requerido (V)	100-120/200-240

Fuente: LAB BRANDS. Agitador magnético con calentamiento MS7-H550-S. [Sitio WEB]. Colombia: Lab brands. [Consultado el 12, noviembre, 2019]. Disponible en: [http://www.labbrands.com/agitadores-magneticos-con-calentamiento/1131-agitador-magnetico-con-calentamiento-ms7-h550-s-lb-pro.html#data\\_sheet](http://www.labbrands.com/agitadores-magneticos-con-calentamiento/1131-agitador-magnetico-con-calentamiento-ms7-h550-s-lb-pro.html#data_sheet)

Rotaevaporador Heidolph.

Nombre del Equipo: Heidolph Rotaevaporadores modelo vapor Hei.VAP	
Especificaciones:	
	Requisitos eléctricos: 230 v / 50 / 60 Hz / 1200 w
	Altura (métrico): 430 mm
	Clasificación IP: 20
	Material: Baño calentamiento acero inoxidable
	Exactitud de temperatura: $\pm 1^{\circ}\text{C}$
	Vataje: 1400 W
	Anchura (métrico): 490 mm
	Tipo de producto: Rotavapor
	Rango de temperatura (métrico): de $20^{\circ}\text{C}$ a $210^{\circ}\text{C}$
	Dimensiones: 395x490x430 mm
	Capacidad calorífica (métrico): 1300 W
	Hertz: 50/60 Hz
	Longitud (métrico): 395 mm
	Max Tem (métrico): de $20^{\circ}\text{C}$ a $210^{\circ}\text{C}$
	Voltaje: 230 v
	Peso (métrico): 16 kg
Velocidad: de 20 a 280 rpm	
Temporizador: Si	

Fuente: FISCHER SCIENTIFIC. Rotaevaporador Heidolph, modelo valor Hei-VAP. [Sitio WEB]. [Consultado el 12, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.fishersci.es/shop/products/hei-vap-value-model-rotary-evaporators-6/p-8011804>

## Centrifuga 1-16

Nombre del Equipo: Centrifuga de laboratorio 1-16	
Especificaciones:	
	Potencia: 170 w
	Capacidad máxima: 36x 2,0 mL
	Velocidad de giro mínima: 200 $\text{min}^{-1}$
	Supresión de interferencias: EN 61326
	Dimensiones: 271 x 310 x 418 mm
	Altura con la cubierta abierta: 527 mm
	Peso sin rotor: 13
	Energía cinética máxima: 5176 Nm
	Ruido max. Durante funcionamiento: 59 dB
	Aceleración máxima: 13 segundos
	Desaceleración mínima: 13 segundos.
	Rango de temperatura ajustable: -10 + 40 °C
Temperatura mínima del rotor: $\leq 4^{\circ}\text{C}$ en 15000 $\text{min}^{-1}$	

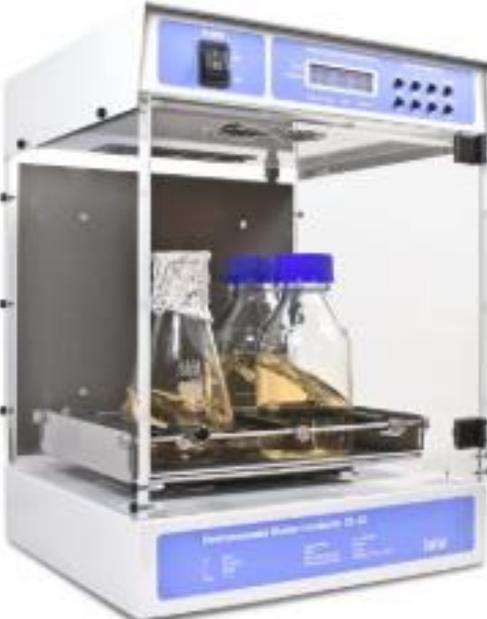
Fuente: PCE Inst. Centrifuga de laboratorio 1-16. [Sitio WEB]. [Consultado el 12, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/instrumentos-laboratorios/equipamiento-laboratorio.htm>.

Horno de mufla.

Nombre del Equipo: Banco-top resistencia horno de mufla 1200 °C	
Especificaciones:	
	Marca: Xinyoo
	Número de modelo: SX2-1-12TP
	Lugar de origen: Henan, China
	Precisión de la temperatura: $\pm 1^{\circ}\text{C}$
	Aplicación: Tratamiento térmico de laboratorio incineración sinterización.
	Max. Temperatura: 1200 °C
	Temperatura: 1100 °C
	Tamaño de la cámara: 100 x 100 x 100 mm
	Control de temperatura: 31 ~ 50 segmentos programables y PID auto
	Estructura del horno: Doble Shell con ventilador de refrigeración.
Elementos de calefacción: Alambre de resistencia de alta calidad	
Material de cámara_ Fibra cerámica.	

Fuente: Alibaba Global Trade Starts Here. Horno de mufla 1200°C. [Sitio WEB]. [Consultado el 13, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/laboratory-electric-bench-top-resistance-muffle-furnace-1200c-degree-60048778952.html>.

Incubadora con shaker.

Nombre del Equipo: Incubadora con shaker orbital ES-20/60	
Especificaciones:	
	Intervalo control velocidad: -250 rpm
	Intervalo de ajuste de temperatura: $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ... $+ 80^{\circ}\text{C}$
	Intervalo control temperatura: $10^{\circ}\text{C}$ por encima de la temperatura ambiente.
	Resolución de ajuste de temperatura: $0.1^{\circ}\text{C}$ .
	Estabilidad de temperatura: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
	Carga máxima: 8 kg.
	Órbita: 20 mm.
	Ajuste de tiempo digital: 1 min-96 horas
	Pantalla: LCD, 2 x 16 caracteres
	Tiempo de funcionamiento continuo máximo: 30 días
	Dimensiones generales: 590 x 525 x 510 mm
	Dimensiones de la cámara interna: 460 x 350x 400 mm
	Peso: 41.1 kg
	Tensión normal: 230 v, 50/60 Hz o 120 v, 50/60 Hz
Consumo eléctrico: (230 v/120 v) 450 w (2 A) / 450 W (4.5 A)	

Fuente: Global lab, equipamiento para laboratorios. Incubadora con shaker orbital ES-20/60. [Sitio WEB]. [Consultado el 13, noviembre, 2019]. Disponible en: [https://www.globallab.com.ar/incubadora\\_shaker-2/](https://www.globallab.com.ar/incubadora_shaker-2/)

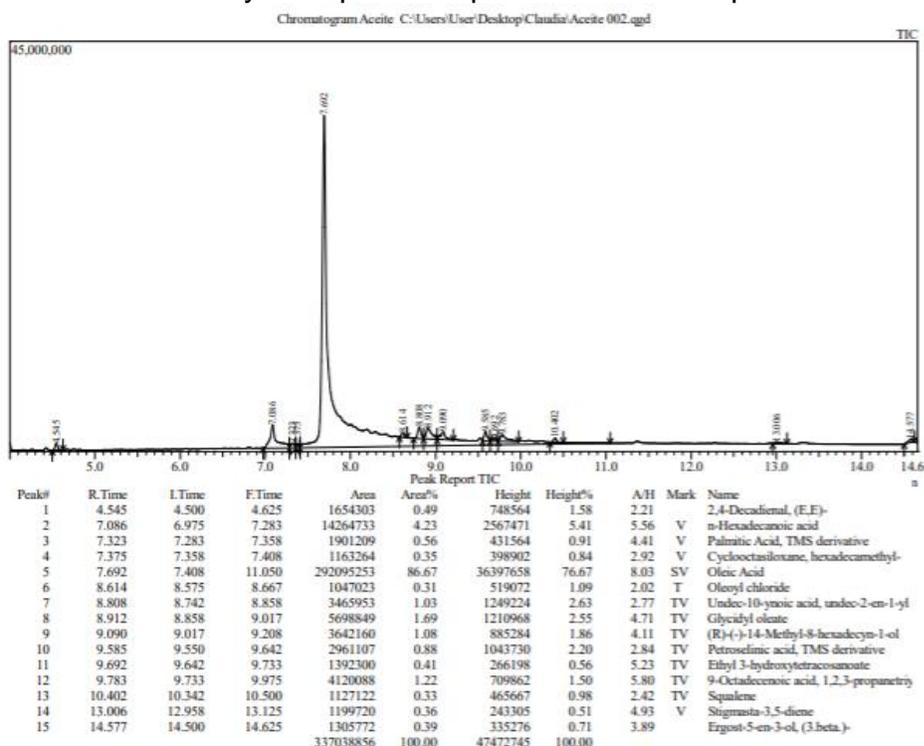
Cromatógrafo de gases espectrómetro de masas.

Nombre del Equipo: GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu	
Especificaciones:	
	Marca: Shimadzu
	Número de catálogo: GCMS – TQ8040
	Rango de temperatura: 320 / 350 °C
	Método de ionización: EI, PCI, NCI
	Analizador de masas: triple cuadrado
	Resolución: 0.5- 3.0 $\mu$
	Rango de masa: 10 – 1.090 m/z
	Velocidad de escaneo: $\geq 20.000 \mu$ / segundo
	Referencia de columna: 30 metros
	0.25 mmID
	0.25 $\mu$ mDF
	Cat. # 221-75954-30
Serial # 1431031	

Fuente: Biocompare. The Buyer's Guide for Life Scientists. GCMS-TQ8040 Triple Quad GC-MS / MS de Shimadzu. [Sitio WEB]. [Consultado el 13, noviembre, 2019]. Disponible en: <https://www.biocompare.com/12542-GC-MS-Systems/2760285-GCMS-TQ8040-Triple-Quad-GC-MS-MS/>

## Anexo C. CROMATOGRAMA Y ESPECTRO DE MASAS PARA LA MUESTRA DE ACU.

Cromatograma de la muestra de ACU 1/6 por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



### Method

[Comment]

— Analytical Line 1 —

[AOC-20i+s]  
 # of Rinses with Presolvent :3  
 # of Rinses with Solvent(post) :3  
 # of Rinses with Sample :3  
 <Plunger Speed(Suction) :High  
 L:Viscosity Comp. Time :0.2 sec  
 RPlunger Speed(Injection) :High  
 BSyringe Insertion Speed :High  
 IInjection Mode :Normal  
 #Pumping Times :5  
 Inj. Port Dwell Time :0.3 sec  
 Terminal Air Gap :No  
 #Plunger Washing Speed :High  
 #Washing Volume :6uL  
 Syringe Suction Position :0.0 mm  
 Syringe Injection Position :0.0 mm  
 Solvent Selection :All A,B,C

[GC-2010]  
 Column Oven Temp. :100.0 °C  
 Injection Temp. :250.00 °C  
 Injection Mode :Split  
 Flow Control Mode :Linear Velocity  
 Pressure :68.8 kPa  
 Total Flow :21.0 mL/min  
 Column Flow :0.95 mL/min  
 Linear Velocity :36.3 cm/sec  
 Purge Flow :1.0 mL/min

Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de la muestra de ACU 2/6 por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.

```

HSplit Ratio      :20.0
SHigh Pressure Injection :OFF
CCarrier Gas Saver  :OFF
ISplitter Hold    :OFF
Oven Temp. Program
Rate              Temperature(°C)   Hold Time(min)
-                -                -
30.00            100.0                1.00
4                300.0                7.00

<- Ready Check Heat Unit >-
  Column Oven      : Yes
  SPL1             : Yes
  MS               : Yes
~<- Ready Check Detection(FTD/BID) >-
Li<- Ready Check Baseline Drift >-
R<- Ready Check Injection Flow >-
B  SPL1 Carrier   : Yes
H  SPL1 Purge     : Yes
<- Ready Check APC Flow >-
<- Ready Check Detector APC Flow >-
External Wait     : No
Equilibrium Time  : 3.0 min
:
[GC Program]

```

```

H[GCMS-TQ8040]
S<- IonSourceTemp      : -250.00 °C
C<- Interface Temp.   : -250.00 °C
I<- Solvent Cut Time   : -4.00 min
  Detector Gain Mode  : Relative to the Tuning Result
  Detector Gain       : -0.91 kV +0.00 kV
  Threshold           : 0
  Acquire Data without Using CID Gas(Q3Scan) : ON
4

```

```

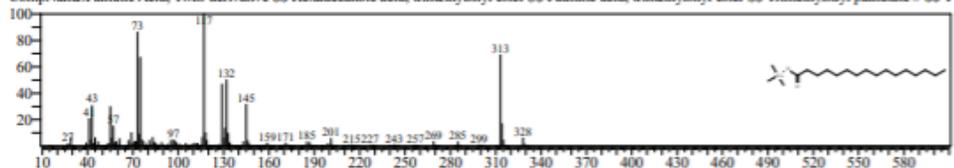
[MS Table]
--Group 1 - Event 1--
Compound Name      :
Start Time        : -4.00min
End Time          : -14.67min
L<- Acq. Mode      : -Q3 Scan
R<- Event Time     : -0.500sec
B<- Scan Speed     : -1250
I<- Start m/z      : -40.00
  End m/z          : -600.00
  Q1 Resolution    : -
  Q3 Resolution    : -
4
Sample Inlet Unit  : -GC

```

```

[MS Program]
Use MS Program     : OFF
Hit#:1 Entry:15b414 Library:NIS114.lib
SI:81 Formula:C19H40O2Si CAS:55520-89-3 MolWeight:328 RefIndex:1987
CompName:Palmitic Acid, TMS derivative SS Hexadecanoic acid, trimethylsilyl ester SS Palmitic acid, trimethylsilyl ester SS Trimethylsilyl palmitate @ SS T

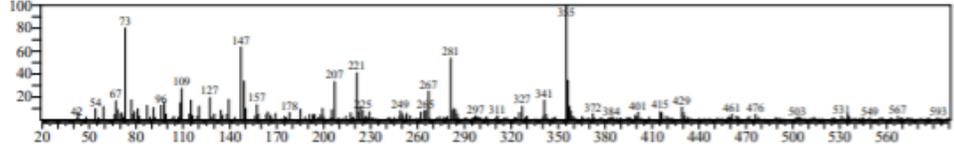
```



```

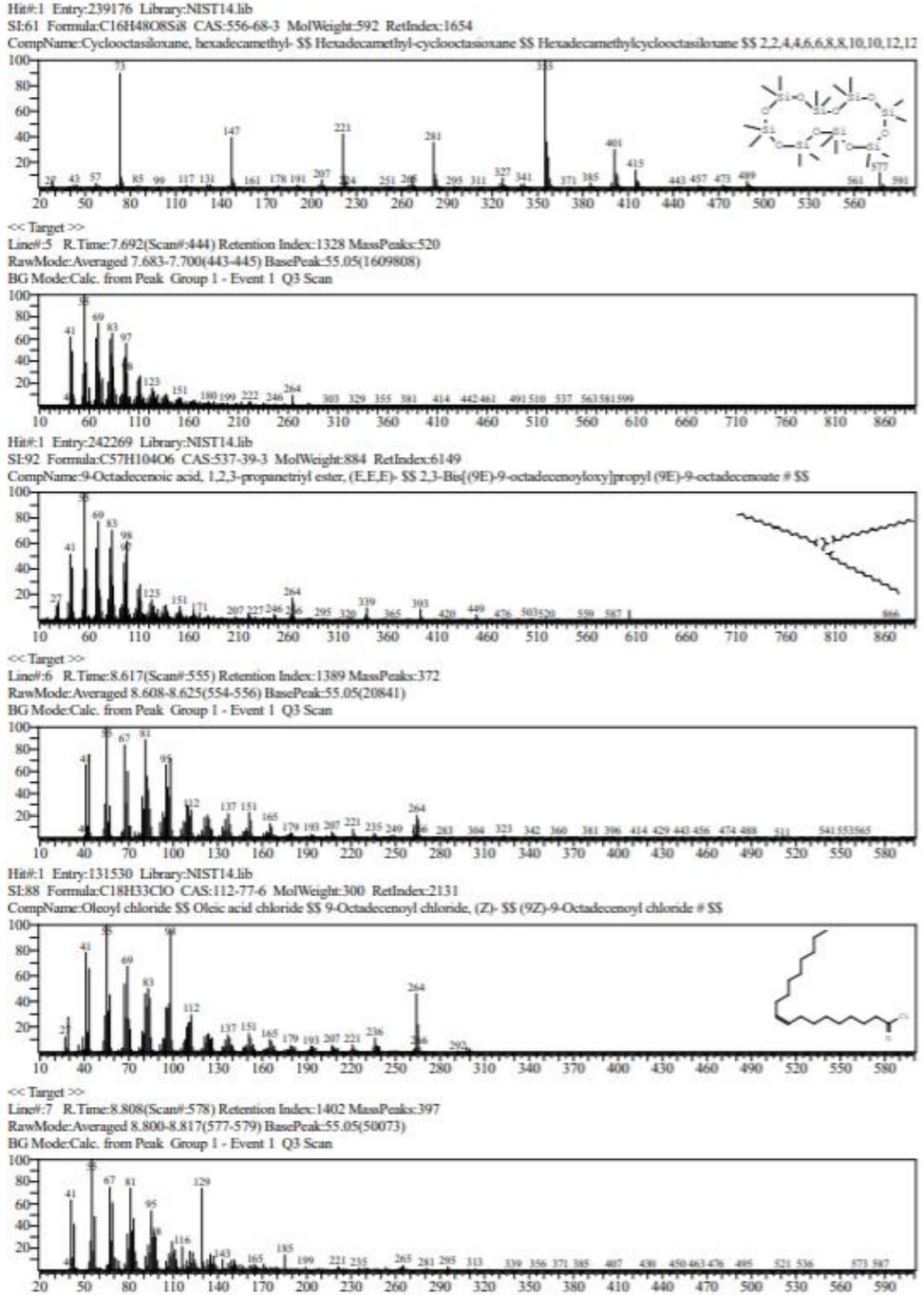
<< Target >>
Line#:4 R-Time:7.375(Scan#:406) Retention Index:1307 MassPeaks:299
RawMode:Averaged 7.367-7.383(405-407) BasePeak:355.10(965)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Q3 Scan

```



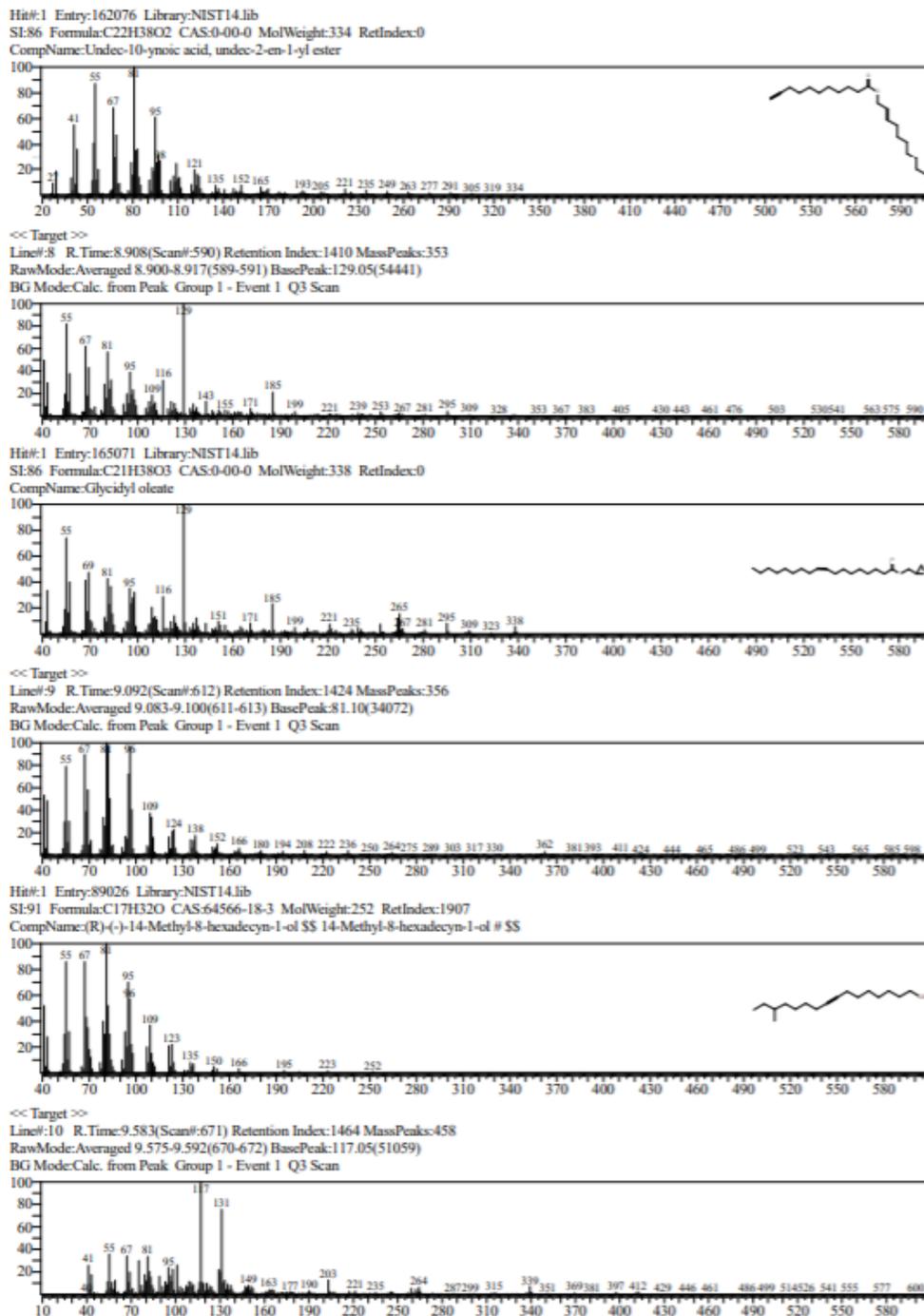
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de la muestra de ACU 3/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



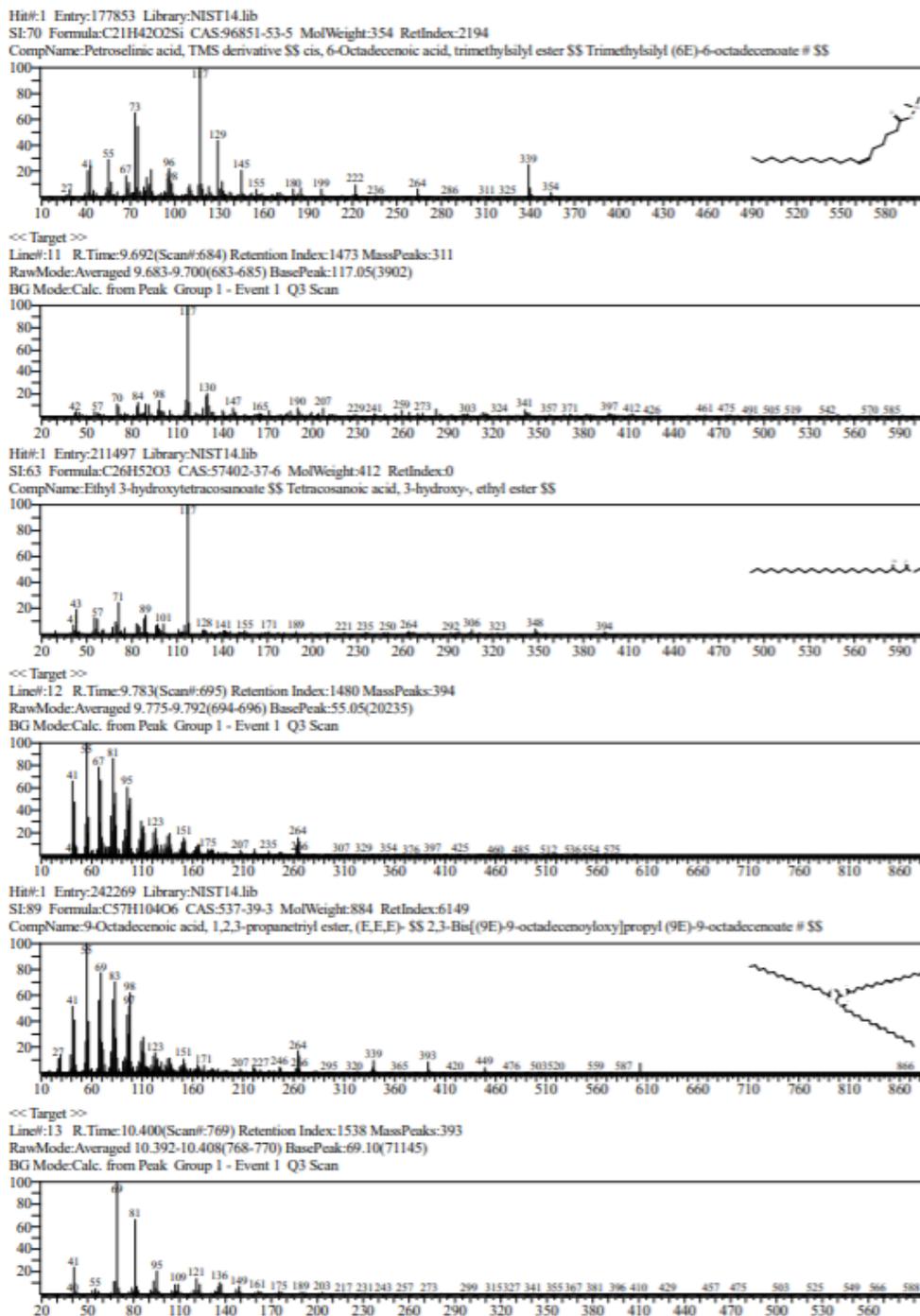
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de la muestra de ACU 4/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



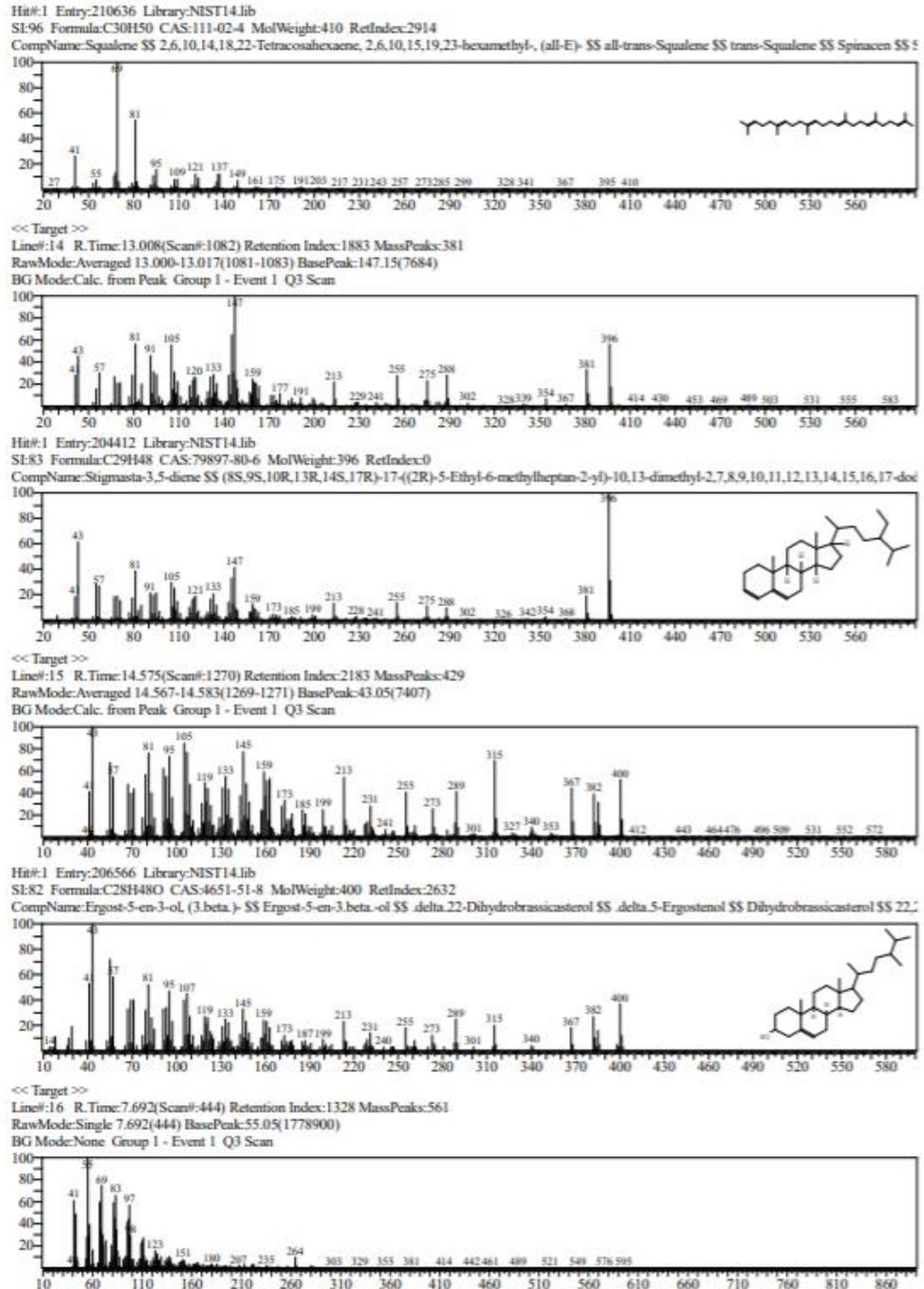
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de la muestra de ACU 5/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



Fuente: elaboración propia.

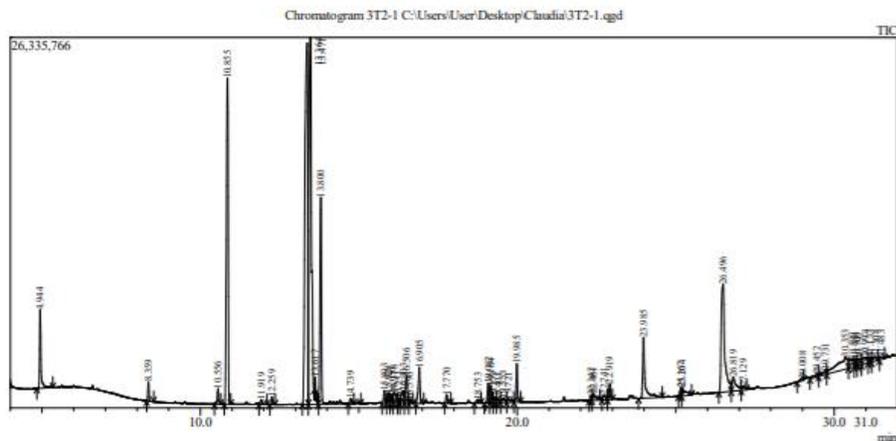
Cromatograma de la muestra de ACU 6/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



Fuente: elaboración propia.

## Anexo D. CROMATOGRAMA Y ESPECTRO DE MASAS PARA LOS ESTERES METÍLICOS Y ÁCIDOS GRASOS DEL LUBRICANTE POR DOBLE TRANSESTERIFICACIÓN.

Cromatograma de esteres metílicos por doble transesterificación 1/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name																																				
1	4.944	4.842	5.342	16272773	2.30	5571282	4.05	2.92	SV	1,3-Propanediol, 2-ethyl-2-(hydroxymethyl) tetradecanoate																																				
2	8.359	8.308	8.525	3040333	0.43	1369684	1.00	2.22		9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)																																				
3	10.556	10.442	10.642	3364650	0.48	1114500	0.81	3.02		Hexadecanoic acid, methyl ester																																				
4	10.855	10.758	10.958	87307565	12.34	23176602	16.85	3.77		(Z)-Methyl heptadec-9-enoate																																				
5	11.919	11.850	12.100	1406396	0.20	335444	0.24	4.19	V	Heptadecanoic acid, methyl ester																																				
6	12.259	12.192	12.358	1498252	0.21	541797	0.39	2.77		9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, me																																				
7	13.364	13.217	13.408	164714568	23.28	25709672	18.69	6.41	V	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)																																				
8	13.471	13.408	13.725	149677842	21.16	26083739	18.96	5.74	SV	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester																																				
9	13.617	13.583	13.675	2713549	0.38	1186229	0.86	2.29	T	Methyl stearate																																				
10	13.800	13.725	15.067	48164803	6.81	14725902	10.71	3.27	SV	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester																																				
11	14.739	14.667	14.850	1448363	0.20	383374	0.28	3.78	TV	Cyclopropanoic acid, 2-[[2-[(2-cyanoethyl)oxy]ethyl]oxy]propanoate																																				
12	15.803	15.733	15.875	3200549	0.45	929112	0.68	3.44	V	9,12-Octadecadienoic acid, 2-[[2-[(2-cyanoethyl)oxy]ethyl]oxy]propanoate																																				
13	15.928	15.875	15.983	2387066	0.34	766019	0.56	3.12	V	Cyclopropanoic acid, 2-[[2-[(2-cyanoethyl)oxy]ethyl]oxy]propanoate																																				
14	16.050	15.983	16.083	2393408	0.34	668535	0.49	3.58	V	9,12-Octadecadienyl chloride, (Z,Z)																																				
15	16.118	16.083	16.225	4861564	0.69	789442	0.57	6.16	V	2-Hydroxy(Z)-9-pentadecenoic acid, propyl ester																																				
16	16.251	16.225	16.300	1267976	0.18	359768	0.26	3.52	V	Hexadecanoic acid, 1-(hydroxymethyl) ester																																				
17	16.403	16.300	16.442	5453045	0.77	905412	0.66	6.02	V	13-Docosenoic acid, methyl ester, (Z)																																				
18	16.506	16.442	16.575	8384157	1.19	1977996	1.44	4.24	V	14,17-Octadecadienoic acid, methyl ester																																				
19	16.596	16.575	16.717	1035581	0.15	285421	0.21	3.63	V	Methyl 18-methylnonadecanoate																																				
20	16.905	16.800	17.050	9628554	1.36	2570030	1.87	3.75	V	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]trien-1-ol, 2,3,4,4a,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117,118,119,120,121,122,123,124,125,126,127,128,129,130,131,132,133,134,135,136,137,138,139,140,141,142,143,144,145,146,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172,173,174,175,176,177,178,179,180,181,182,183,184,185,186,187,188,189,190,191,192,193,194,195,196,197,198,199,200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,210,211,212,213,214,215,216,217,218,219,220,221,222,223,224,225,226,227,228,229,230,231,232,233,234,235,236,237,238,239,240,241,242,243,244,245,246,247,248,249,250,251,252,253,254,255,256,257,258,259,260,261,262,263,264,265,266,267,268,269,270,271,272,273,274,275,276,277,278,279,280,281,282,283,284,285,286,287,288,289,290,291,292,293,294,295,296,297,298,299,300,301,302,303,304,305,306,307,308,309,310,311,312,313,314,315,316,317,318,319,320,321,322,323,324,325,326,327,328,329,330,331,332,333,334,335,336,337,338,339,340,341,342,343,344,345,346,347,348,349,350,351,352,353,354,355,356,357,358,359,360,361,362,363,364,365,366,367,368,369,370,371,372,373,374,375,376,377,378,379,380,381,382,383,384,385,386,387,388,389,390,391,392,393,394,395,396,397,398,399,400,401,402,403,404,405,406,407,408,409,410,411,412,413,414,415,416,417,418,419,420,421,422,423,424,425,426,427,428,429,430,431,432,433,434,435,436,437,438,439,440,441,442,443,444,445,446,447,448,449,450,451,452,453,454,455,456,457,458,459,460,461,462,463,464,465,466,467,468,469,470,471,472,473,474,475,476,477,478,479,480,481,482,483,484,485,486,487,488,489,490,491,492,493,494,495,496,497,498,499,500,501,502,503,504,505,506,507,508,509,510,511,512,513,514,515,516,517,518,519,520,521,522,523,524,525,526,527,528,529,530,531,532,533,534,535,536,537,538,539,540,541,542,543,544,545,546,547,548,549,550,551,552,553,554,555,556,557,558,559,560,561,562,563,564,565,566,567,568,569,570,571,572,573,574,575,576,577,578,579,580,581,582,583,584,585,586,587,588,589,590,591,592,593,594,595,596,597,598,599,600,601,602,603,604,605,606,607,608,609,610,611,612,613,614,615,616,617,618,619,620,621,622,623,624,625,626,627,628,629,630,631,632,633,634,635,636,637,638,639,640,641,642,643,644,645,646,647,648,649,650,651,652,653,654,655,656,657,658,659,660,661,662,663,664,665,666,667,668,669,670,671,672,673,674,675,676,677,678,679,680,681,682,683,684,685,686,687,688,689,690,691,692,693,694,695,696,697,698,699,700,701,702,703,704,705,706,707,708,709,710,711,712,713,714,715,716,717,718,719,720,721,722,723,724,725,726,727,728,729,730,731,732,733,734,735,736,737,738,739,740,741,742,743,744,745,746,747,748,749,750,751,752,753,754,755,756,757,758,759,760,761,762,763,764,765,766,767,768,769,770,771,772,773,774,775,776,777,778,779,780,781,782,783,784,785,786,787,788,789,790,791,792,793,794,795,796,797,798,799,800,801,802,803,804,805,806,807,808,809,810,811,812,813,814,815,816,817,818,819,820,821,822,823,824,825,826,827,828,829,830,831,832,833,834,835,836,837,838,839,840,841,842,843,844,845,846,847,848,849,850,851,852,853,854,855,856,857,858,859,860,861,862,863,864,865,866,867,868,869,870,871,872,873,874,875,876,877,878,879,880,881,882,883,884,885,886,887,888,889,890,891,892,893,894,895,896,897,898,899,900,901,902,903,904,905,906,907,908,909,910,911,912,913,914,915,916,917,918,919,920,921,922,923,924,925,926,927,928,929,930,931,932,933,934,935,936,937,938,939,940,941,942,943,944,945,946,947,948,949,950,951,952,953,954,955,956,957,958,959,960,961,962,963,964,965,966,967,968,969,970,971,972,973,974,975,976,977,978,979,980,981,982,983,984,985,986,987,988,989,990,991,992,993,994,995,996,997,998,999,1000	0.15	285421	0.21	3.63	V	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]trien-1-ol, 2,3,4,4a,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117,118,119,120,121,122,123,124,125,126,127,128,129,130,131,132,133,134,135,136,137,138,139,140,141,142,143,144,145,146,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172,173,174,175,176,177,178,179,180,181,182,183,184,185,186,187,188,189,190,191,192,193,194,195,196,197,198,199,200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,210,211,212,213,214,215,216,217,218,219,220,221,222,223,224,225,226,227,228,229,230,231,232,233,234,235,236,237,238,239,240,241,242,243,244,245,246,247,248,249,250,251,252,253,254,255,256,257,258,259,260,261,262,263,264,265,266,267,268,269,270,271,272,273,274,275,276,277,278,279,280,281,282,283,284,285,286,287,288,289,290,291,292,293,294,295,296,297,298,299,300,301,302,303,304,305,306,307,308,309,310,311,312,313,314,315,316,317,318,319,320,321,322,323,324,325,326,327,328,329,330,331,332,333,334,335,336,337,338,339,340,341,342,343,344,345,346,347,348,349,350,351,352,353,354,355,356,357,358,359,360,361,362,363,364,365,366,367,368,369,370,371,372,373,374,375,376,377,378,379,380,381,382,383,384,385,386,387,388,389,390,391,392,393,394,395,396,397,398,399,400,401,402,403,404,405,406,407,408,409,410,411,412,413,414,415,416,417,418,419,420,421,422,423,424,425,426,427,428,429,430,431,432,433,434,435,436,437,438,439,440,441,442,443,444,445,446,447,448,449,450,451,452,453,454,455,456,457,458,459,460,461,462,463,464,465,466,467,468,469,470,471,472,473,474,475,476,477,478,479,480,481,482,483,484,485,486,487,488,489,490,491,492,493,494,495,496,497,498,499,500,501,502,503,504,505,506,507,508,509,510,511,512,513,514,515,516,517,518,519,520,521,522,523,524,525,526,527,528,529,530,531,532,533,534,535,536,537,538,539,540,541,542,543,544,545,546,547,548,549,550,551,552,553,554,555,556,557,558,559,560,561,562,563,564,565,566,567,568,569,570,571,572,573,574,575,576,577,578,579,580,581,582,583,584,585,586,587,588,589,590,591,592,593,594,595,596,597,598,599,600,601,602,603,604,605,606,607,608,609,610,611,612,613,614,615,616,617,618,619,620,621,622,623,624,625,626,627,628,629,630,631,632,633,634,635,636,637,638,639,640,641,642,643,644,645,646,647,648,649,650,651,652,653,654,655,656,657,658,659,660,661,662,663,664,665,666,667,668,669,670,671,672,673,674,675,676,677,678,679,680,681,682,683,684,685,686,687,688,689,690,691,692,693,694,695,696,697,698,699,700,701,702,703,704,705,706,707,708,709,710,711,712,713,714,715,716,717,718,719,720,721,722,723,724,725,726,727,728,729,730,731,732,733,734,735,736,737,738,739,740,741,742,743,744,745,746,747,748,749,750,751,752,753,754,755,756,757,758,759,760,761,762,763,764,765,766,767,768,769,770,771,772,773,774,775,776,777,778,779,780,781,782,783,784,785,786,787,788,789,790,791,792,793,794,795,796,797,798,799,800,801,802,803,804,805,806,807,808,809,810,811,812,813,814,815,816,817,818,819,820,821,822,823,824,825,826,827,828,829,830,831,832,833,834,835,836,837,838,839,840,841,842,843,844,845,846,847,848,849,850,851,852,853,854,855,856,857,858,859,860,861,862,863,864,865,866,867,868,869,870,871,872,873,874,875,876,877,878,879,880,881,882,883,884,885,886,887,888,889,890,891,892,893,894,895,896,897,898,899,900,901,902,903,904,905,906,907,908,909,910,911,912,913,914,915,916,917,918,919,920,921,922,923,924,925,926,927,928,929,930,931,932,933,934,935,936,937,938,939,940,941,942,943,944,945,946,947,948,949,950,951,952,953,954,955,956,957,958,959,960,961,962,963,964,965,966,967,968,969,970,971,972,973,974,975,976,977,978,979,980,981,982,983,984,985,986,987,988,989,990,991,992,993,994,995,996,997,998,999,1000	0.15	285421	0.21	3.63	V	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]trien-1-ol, 2,3,4,4a,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100	0.15	285421	0.21	3.63	V	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]trien-1-ol, 2,3,4,4a,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100	0.15	285421	0.21	3.63	V	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]trien-1-ol, 2,3,4,4a,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100	0.15	285421	0.21	3.63	V	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]trien-1-ol, 2,3,4,4a,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100	0.15	285421	0.21	3.63	V	Tricyclo[20.8.0.0(7

Cromatograma de esteres metílicos por doble transesterificación 2/6 por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.

Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
				707436102	100.00	137547204	100.00			

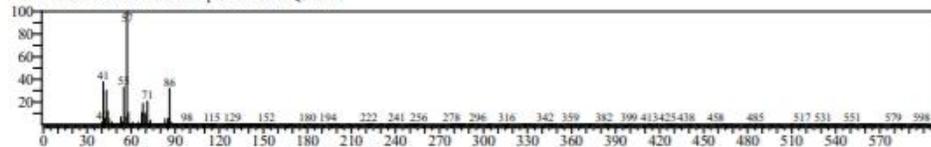
Library

<< Target >>

Line# 1 R.Time: 4.942(Scan#: 114) Retention Index: 1136 MassPeaks: 231

RawMode: Averaged 4.933-4.950(113-115) BasePeak: 57.05(1002323)

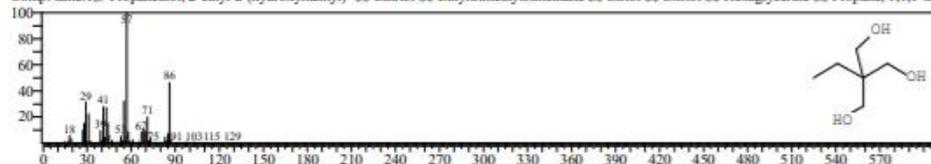
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Q3 Scan



Hit#: 1 Entry: 6241 Library: NIST14s.lib

SI: 96 Formula: C6H14O3 CAS: 77-99-6 MolWeight: 134 RetIndex: 1261

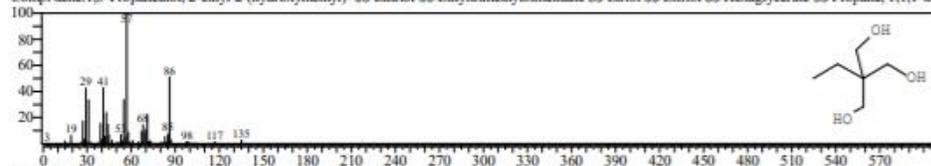
CompName: 1,3-Propanediol, 2-ethyl-2-(hydroxymethyl)- SS Eitriol SS Ethyltrimethylolmethane SS Eitriol SS Eitriol SS Hexaglycerine SS Propene, 1,1,1-tris



Hit#: 2 Entry: 9104 Library: NIST14s.lib

SI: 95 Formula: C6H14O3 CAS: 77-99-6 MolWeight: 134 RetIndex: 1261

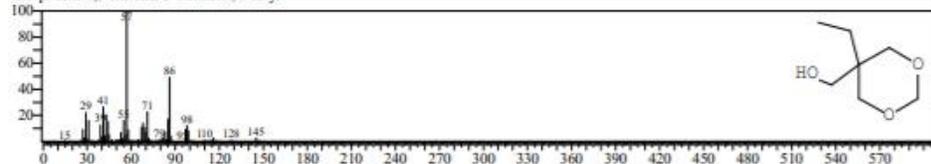
CompName: 1,3-Propanediol, 2-ethyl-2-(hydroxymethyl)- SS Eitriol SS Ethyltrimethylolmethane SS Eitriol SS Eitriol SS Hexaglycerine SS Propene, 1,1,1-tris



Hit#: 3 Entry: 14015 Library: NIST14s.lib

SI: 90 Formula: C7H14O3 CAS: 5187-23-5 MolWeight: 146 RetIndex: 1174

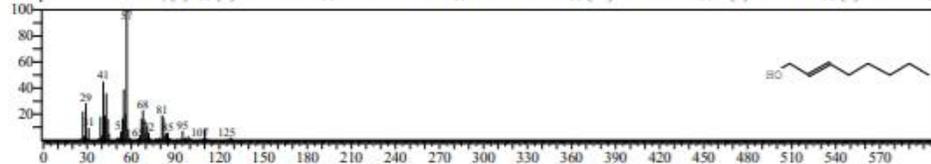
CompName: 1,3-Dioxane-5-methanol, 5-ethyl-



Hit#: 4 Entry: 7476 Library: NIST14s.lib

SI: 87 Formula: C8H16O CAS: 18409-17-1 MolWeight: 128 RetIndex: 1067

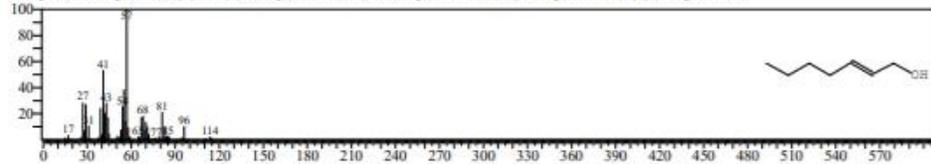
CompName: 2-Octen-1-ol, (E)- SS (E)-2-Octen-1-ol SS trans-2-Octen-1-ol SS trans-2-Octenol SS (2E)-2-Octen-1-ol SS 2-(E)-Octen-1-ol SS (E)-2-Octenol SS



Hit#: 5 Entry: 3429 Library: NIST14s.lib

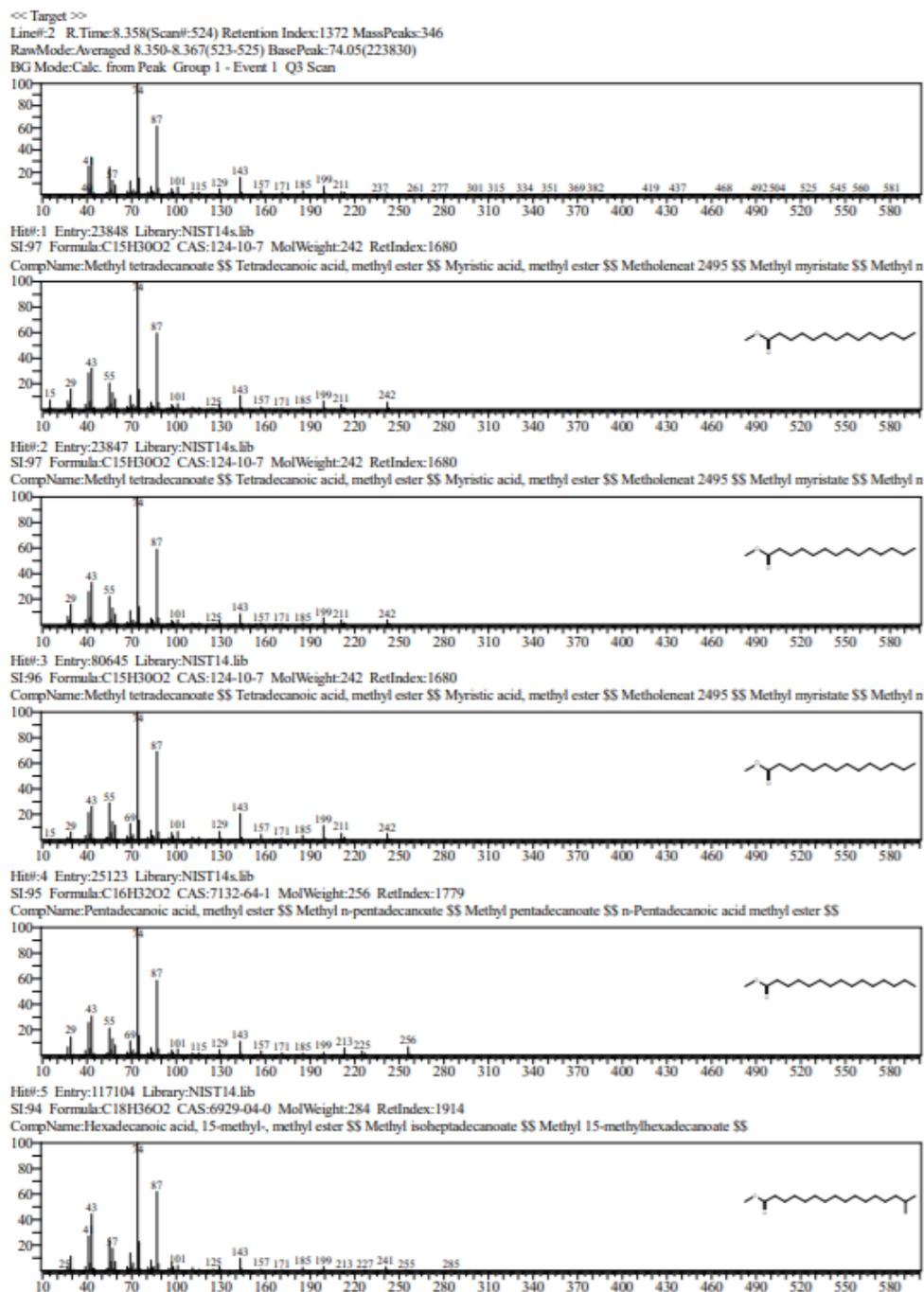
SI: 87 Formula: C7H14O CAS: 33467-76-4 MolWeight: 114 RetIndex: 968

CompName: 2-Hepten-1-ol, (E)- SS (E)-2-Hepten-1-ol SS trans-2-Hepten-1-ol SS (2E)-2-Hepten-1-ol SS (E)-2-Heptenol SS



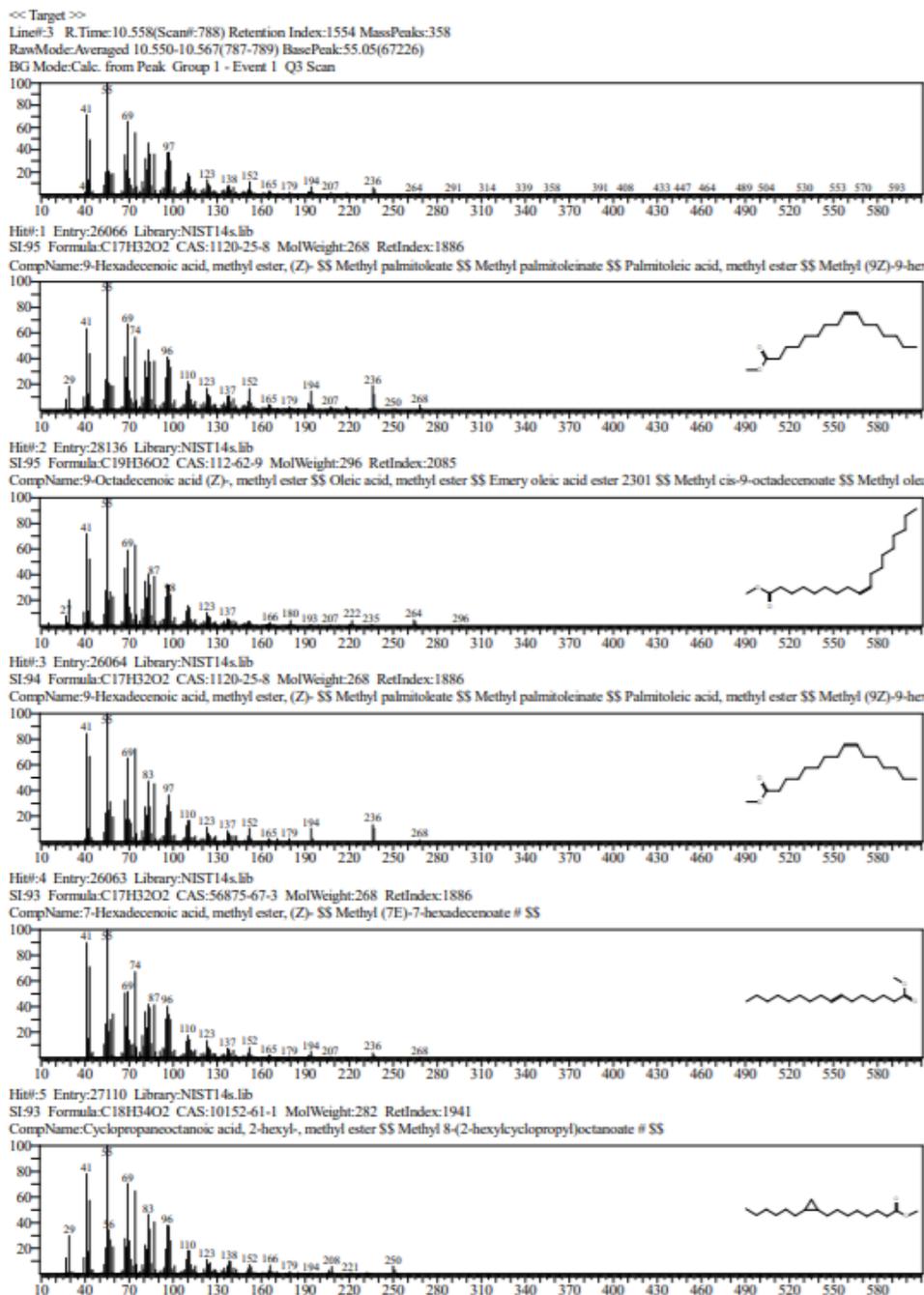
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por doble transesterificación 3/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



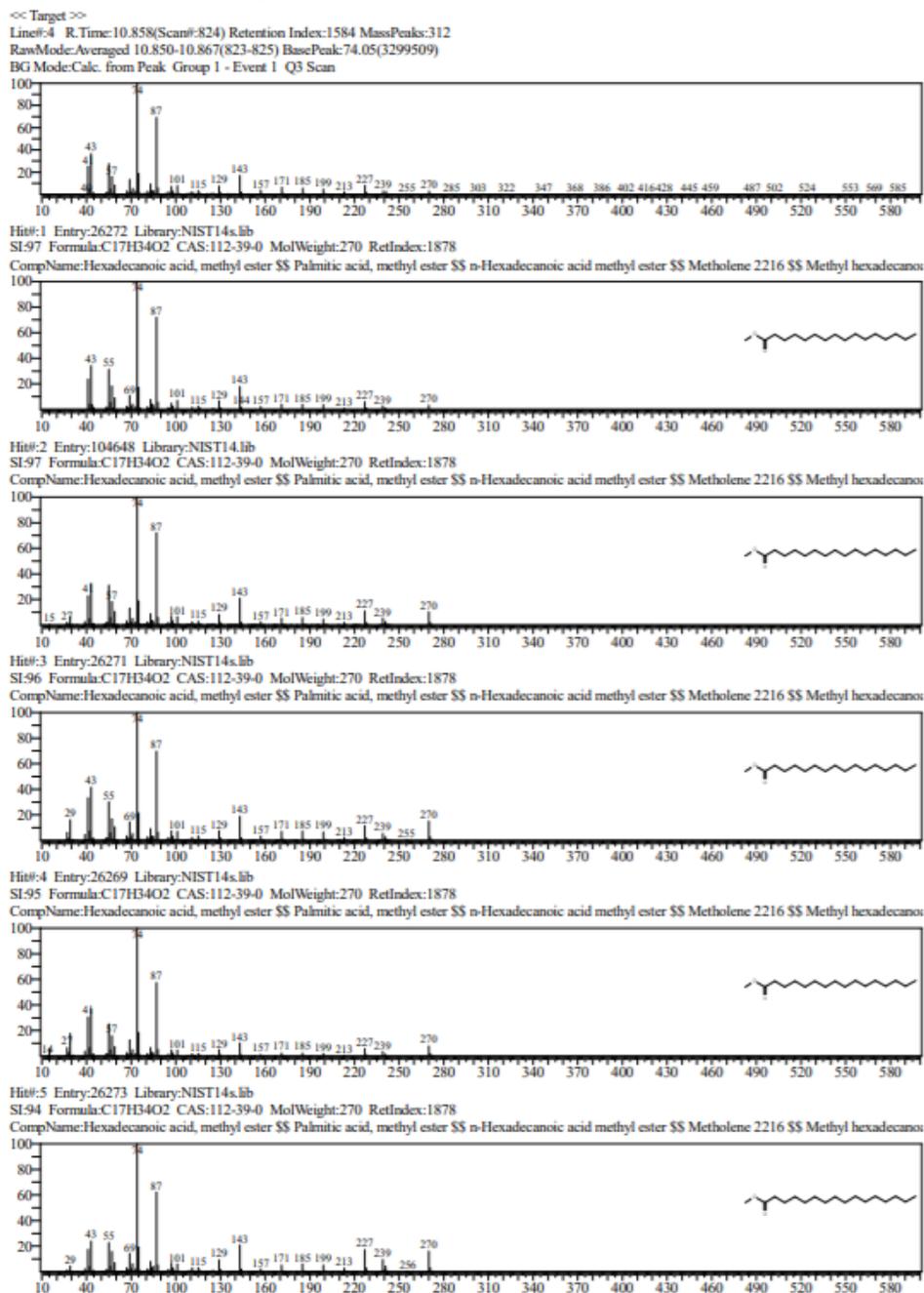
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por doble transesterificación 4/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



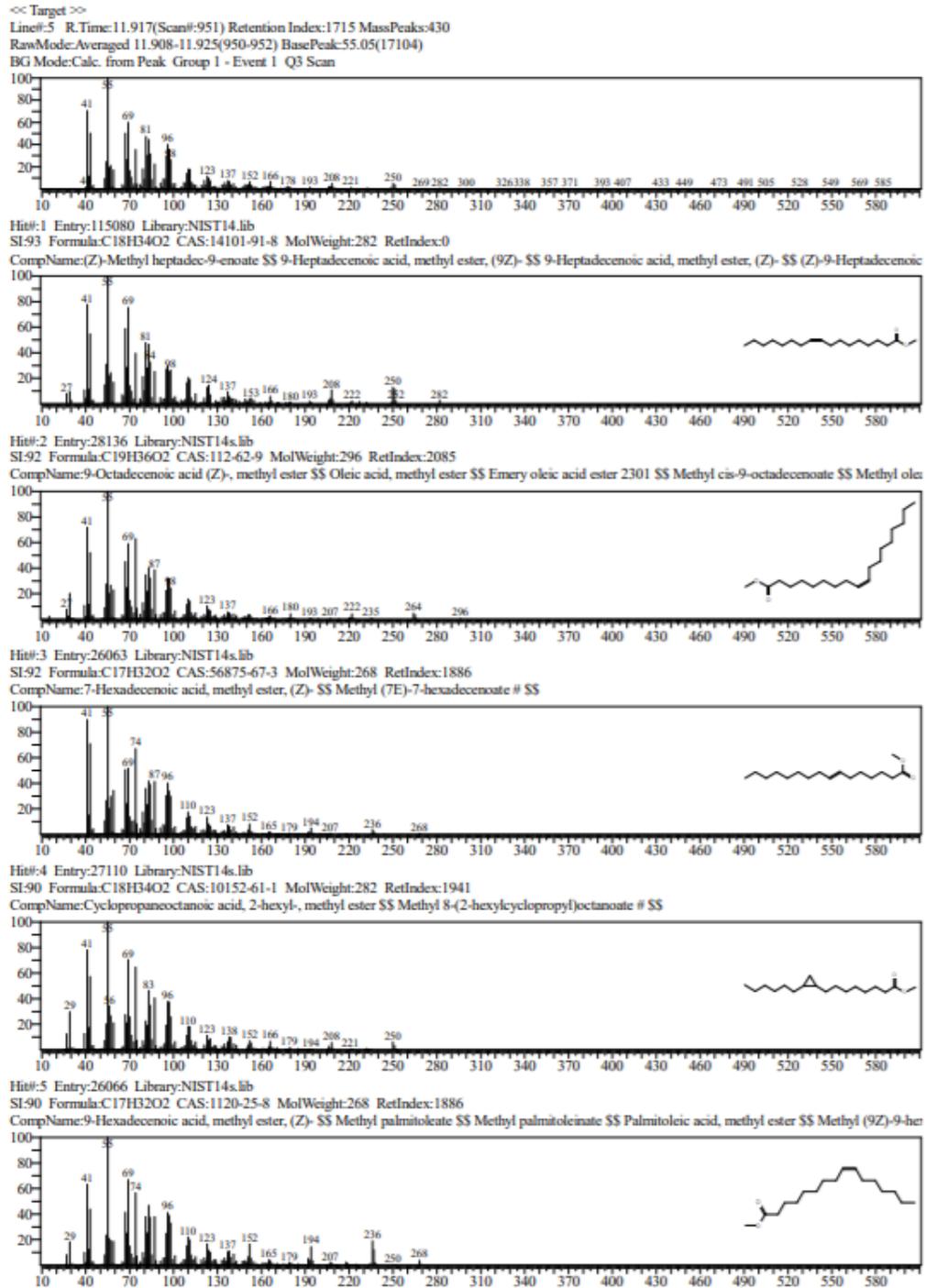
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por doble transesterificación 5/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



Fuente: elaboración propia.

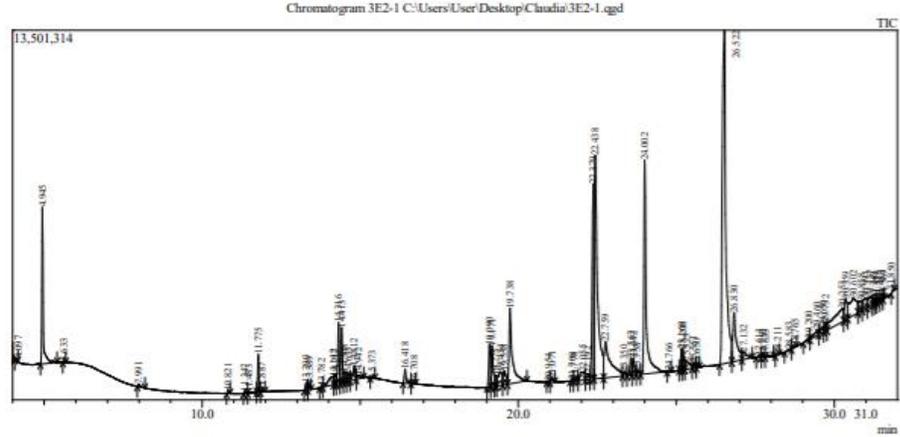
Cromatograma de esteres metílicos por doble transesterificación 6/6 por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



Fuente: elaboración propia.

# Anexo E. CROMATOGRAMA Y ESPECTRO DE MASAS PARA LOS ESTERES METÁLICOS Y ÁCIDOS GRASOS DEL LUBRICANTE POR HIDROLISIS ENZIMÁTICA.

Cromatograma de esteres metálicos por hidrolisis enzimática 1/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



Peak#	R.Time	L.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	4.097	4.067	4.167	199342	0.05	68952	0.10	2.89		Octanoic acid
2	4.945	4.883	5.408	17408160	4.14	5715206	8.16	3.05	S	1,3-Propenediol, 2-ethyl-2-(hydroxyn
3	5.633	5.592	5.683	141567	0.03	64345	0.09	2.20		alpha-Acetylbutyrolactone
4	7.991	7.942	8.192	420964	0.10	102397	0.15	4.11		Octanoic acid, 2-butyl ester
5	10.821	10.767	10.883	308284	0.07	120330	0.17	2.56		Hexadecanoic acid, methyl ester
6	11.347	11.300	11.442	344828	0.08	94583	0.14	3.65		Eicosanoic acid
7	11.483	11.442	11.717	271752	0.06	33996	0.05	7.99	V	9-Octadecenoic acid, 1,2,3-propanetri
8	11.775	11.717	11.842	3758278	0.89	1384874	1.98	2.71	V	Hexadecanoic acid, ethyl ester
9	11.887	11.842	11.983	246067	0.06	65071	0.09	3.78	V	9-Octadecenal, (Z)-
10	13.290	13.225	13.342	752270	0.18	263142	0.38	2.86		9,12-Octadecadienoic acid, methyl es
11	13.389	13.342	13.450	647428	0.15	228992	0.33	2.83	V	9-Octadecenoic acid (Z), methyl este
12	13.782	13.717	13.817	191351	0.05	52182	0.07	3.67		Methyl stearate
13	14.142	13.817	14.158	3559061	0.85	300055	0.43	11.86	V	Cyclopropanecarboxylic acid, 2-hexyl-
14	14.217	14.158	14.242	1532571	0.36	307232	0.44	4.99	V	1,3-Dimethyl-4-(tetramethyl-1,3,2-dii
15	14.316	14.242	14.367	7752965	1.84	2229835	3.18	3.48	V	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-
16	14.413	14.367	14.475	6795460	1.62	2015903	2.88	3.37	V	Ethyl 9-hexadecanoate
17	14.508	14.475	14.575	1995129	0.47	393896	0.56	5.07	V	(E)-9-Octadecenoic acid ethyl ester
18	14.633	14.575	14.683	1639001	0.39	256611	0.37	6.39	V	11,14,17-Eicosatrienoic acid, methyl-
19	14.812	14.683	14.875	3168853	0.75	526392	0.75	6.02	V	Octadecanoic acid, ethyl ester
20	14.942	14.875	15.117	1366038	0.32	133706	0.19	10.21	V	3-Tetradecanoyl carnitine
21	15.373	15.317	15.467	124101	0.03	27355	0.04	4.54		E-11-Hexadecenal
22	16.418	16.350	16.608	2028389	0.48	515483	0.74	3.93		Glycidyl palmitate
23	16.708	16.608	16.758	102589	0.02	17635	0.03	5.82	V	Glycidyl palmitate
24	19.090	19.008	19.133	5695979	1.36	1563403	2.23	3.64		1,8,11-Heptadecatriene, (Z,Z)-
25	19.171	19.133	19.250	6276049	1.49	1499546	2.14	4.19	V	Glycidyl oleate
26	19.275	19.250	19.325	1664564	0.40	392297	0.56	4.24	V	Cyclohexanecarboxylic acid, undec-1
27	19.434	19.325	19.508	4561954	1.09	501995	0.72	9.09	V	Petroselinic acid, TMS derivative
28	19.558	19.508	19.658	3274690	0.78	502052	0.72	6.52	V	Glycidyl palmitate
29	19.738	19.658	20.275	19437561	4.63	2753628	3.93	7.06	V	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hyd
30	20.954	20.900	21.008	153947	0.04	44492	0.06	3.46		Heptadecanoic acid, ethyl ester
31	21.071	21.008	21.158	621316	0.15	156994	0.22	3.96	V	Ascorbyl Palmitate
32	21.708	21.642	21.750	267619	0.06	58553	0.08	4.57	V	Cyclohexene, 4-(4-ethylcyclohexyl)-1
33	21.778	21.750	21.883	294949	0.07	65598	0.09	4.50	V	5,5-Dimethyl-1,3-dioxane-2-ethanol,
34	22.055	21.892	22.125	3012797	0.72	288577	0.41	10.44		9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, Th
35	22.192	22.125	22.267	1720114	0.41	211983	0.30	8.11	V	Oleic Acid, (Z)-, TMS derivative
36	22.379	22.267	22.400	29170097	6.94	7120039	10.17	4.10	V	Bicyclo[10.1.0]tridec-1-ene
37	22.438	22.400	22.700	55596010	13.23	8163537	11.66	6.81	V	9-Octadecenoic acid (Z), 2,3-dihydr
38	22.759	22.700	23.300	18488565	4.40	1324536	1.89	13.96	V	Octadecanoic acid, 10-methyl-, methy
39	23.350	23.300	23.442	928621	0.22	126952	0.18	7.31	V	4-Trifluoromethylbenzoic acid, 2-ethy
40	23.562	23.442	23.600	2703952	0.64	632464	0.90	4.28	V	9,12-Octadecadienyl chloride, (Z,Z)
41	23.642	23.600	23.742	3085998	0.73	603420	0.86	5.11	V	1,2-Dodecanediol
42	23.758	23.742	23.867	855564	0.20	161607	0.23	5.29	V	Hexanoic acid, pentadecyl ester
43	24.002	23.867	25.092	39416698	9.38	7817932	11.17	5.04	SV	Hexadecanoic acid, 2-(octadecyloxy)
44	24.766	24.708	24.842	167179	0.04	48479	0.07	3.45	T	Eicosanoic acid, 2-(acetyloxy)-1-(ac
45	25.169	25.092	25.183	2241971	0.53	768727	1.10	2.92		9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, Th
46	25.206	25.183	25.275	2942944	0.70	777498	1.11	3.79	V	Decyl sulfide
47	25.325	25.275	25.500	2827089	0.67	295664	0.42	9.56	V	7-Tetradecen-1-ol, (E)-, TMS derivati
48	25.551	25.500	25.633	898531	0.21	172503	0.25	5.21	V	Stearic acid, TBDMS derivative
49	25.650	25.633	25.733	177180	0.04	56562	0.08	3.13	V	Methyl 10-oxo-8-decanoate
50	26.522	26.367	26.758	96367342	22.93	12172717	17.39	7.92		9-Octadecenoic acid, 1,2,3-propanetri

Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 2/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.

Peak#	R.Time	L.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
51	26.830	26.758	27.075	14153765	3.37	1786696	2.55	7.92	V	Hexadecane, 1-(ethoxyloxy)-
52	27.132	27.075	27.400	2697814	0.64	285552	0.41	9.45	V	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, 2-8
53	27.614	27.525	27.683	265090	0.06	47053	0.07	5.63	V	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]trioctane, 1
54	27.750	27.683	27.808	109840	0.03	18524	0.03	5.93	V	d-Glucitol, 1-S-hexyl-1-thio-
55	27.833	27.808	28.075	189242	0.05	28482	0.04	6.64	V	2(1H)-Naphthalenone, octahydro-4,4;
56	28.211	28.133	28.258	237993	0.06	56401	0.08	4.22	V	Lanosterol
57	28.583	28.425	28.642	254531	0.06	28293	0.04	9.00	V	2-Isopropenyl-5-methyl-6-hepten-1-ol
58	28.765	28.642	28.808	246871	0.06	48220	0.07	5.12	V	1-Hydroxy-3-(octanoyloxy)propan-2-
59	29.200	29.017	29.225	556524	0.13	64766	0.09	8.59	V	Cyclohexanol, 2-(2-ethylhexyl)-
60	29.460	29.225	29.508	2066755	0.49	214957	0.31	9.61	V	Ergost-5-en-3-ol, (3.beta.)-
61	29.650	29.508	29.667	1553053	0.37	177507	0.25	8.75	V	3-Hexadecanol
62	29.732	29.667	29.767	1482199	0.35	300996	0.43	4.92	V	Stigmasterol
63	30.253	29.767	30.292	10887666	2.59	490389	0.70	22.20	V	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]trioctane, 1
64	30.359	30.292	30.425	4836992	1.15	774470	1.11	6.25	V	gamma-Sitosterol
65	30.602	30.425	30.750	10472130	2.49	658067	0.94	15.91	V	8-Hexadecenal, 14-methyl-, (Z)-
66	30.858	30.750	30.883	3067937	0.73	372220	0.53	8.24	V	Cyclohexane, 1,1,2-trimethyl-3,5-bis(
67	30.991	30.883	31.042	3517466	0.84	392971	0.56	8.95	V	Eicosanoic acid, 2-((1-oxohexadecyl)
68	31.137	31.042	31.200	2941542	0.70	349904	0.50	8.41	V	Octanoic acid, 4-pentadecyl ester
69	31.242	31.200	31.275	915724	0.22	205212	0.29	4.46	V	Adamantane-1-(3,3-dichloropropyl)-1
70	31.317	31.275	31.350	718774	0.17	161717	0.23	4.44	V	(+)-5-(1-Acetoxy-1-methylethyl)-2-n
71	31.375	31.350	31.450	696027	0.17	142658	0.20	4.88	V	11-Tetradecen-1-ol, (E)-
72	31.483	31.450	31.542	411421	0.10	86867	0.12	4.74	V	E-11-Hexadecen-1-ol acetate
73	31.569	31.542	31.592	144035	0.03	52193	0.07	2.76	V	10-Undecenoic acid, butyl ester
74	31.850	31.800	31.892	232366	0.06	67296	0.10	3.45	V	Oxirane, hexadecyl-
				420257585	100.00	70011339	100.00			

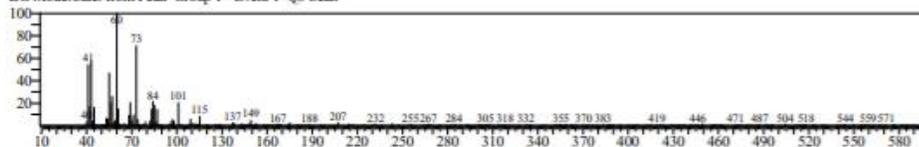
Library

<< Target >>

Line# 1 R.Time:4.100(Scan#:13) Retention Index:1066 MassPeaks:266

RawMode:Averaged 4.092-4.108(12-14) BasePeak:60.00(8555)

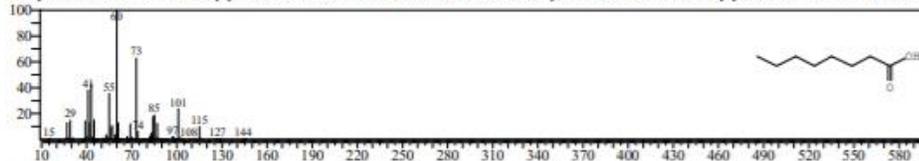
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1 Q3 Scan



Hit#: 1 Entry:13284 Library:NIST14.lib

SI:89 Formula:C8H16O2 CAS:124-07-2 MolWeight:144 RetIndex:1173

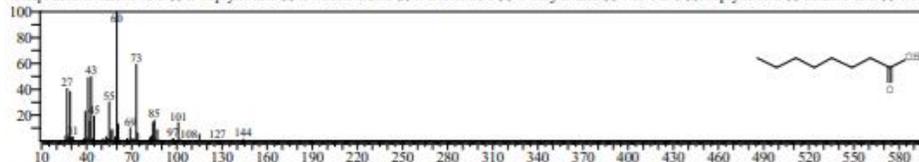
CompName:Octanoic acid SS n-Caprylic acid SS n-Octanoic acid SS n-Octoic acid SS n-Octylic acid SS Neo-Fat 8 SS Caprylic acid SS Enantiac acid SS Octyl



Hit#: 2 Entry:8171 Library:NIST14s.lib

SI:88 Formula:C8H16O2 CAS:124-07-2 MolWeight:144 RetIndex:1173

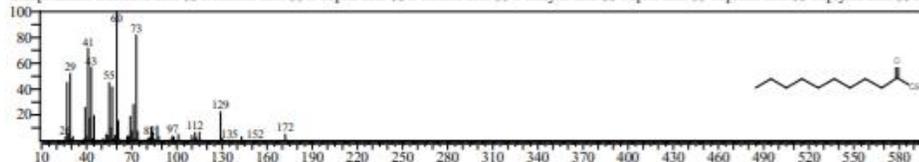
CompName:Octanoic acid SS n-Caprylic acid SS n-Octanoic acid SS n-Octoic acid SS n-Octylic acid SS Neo-Fat 8 SS Caprylic acid SS Enantiac acid SS Octyl



Hit#: 3 Entry:13647 Library:NIST14s.lib

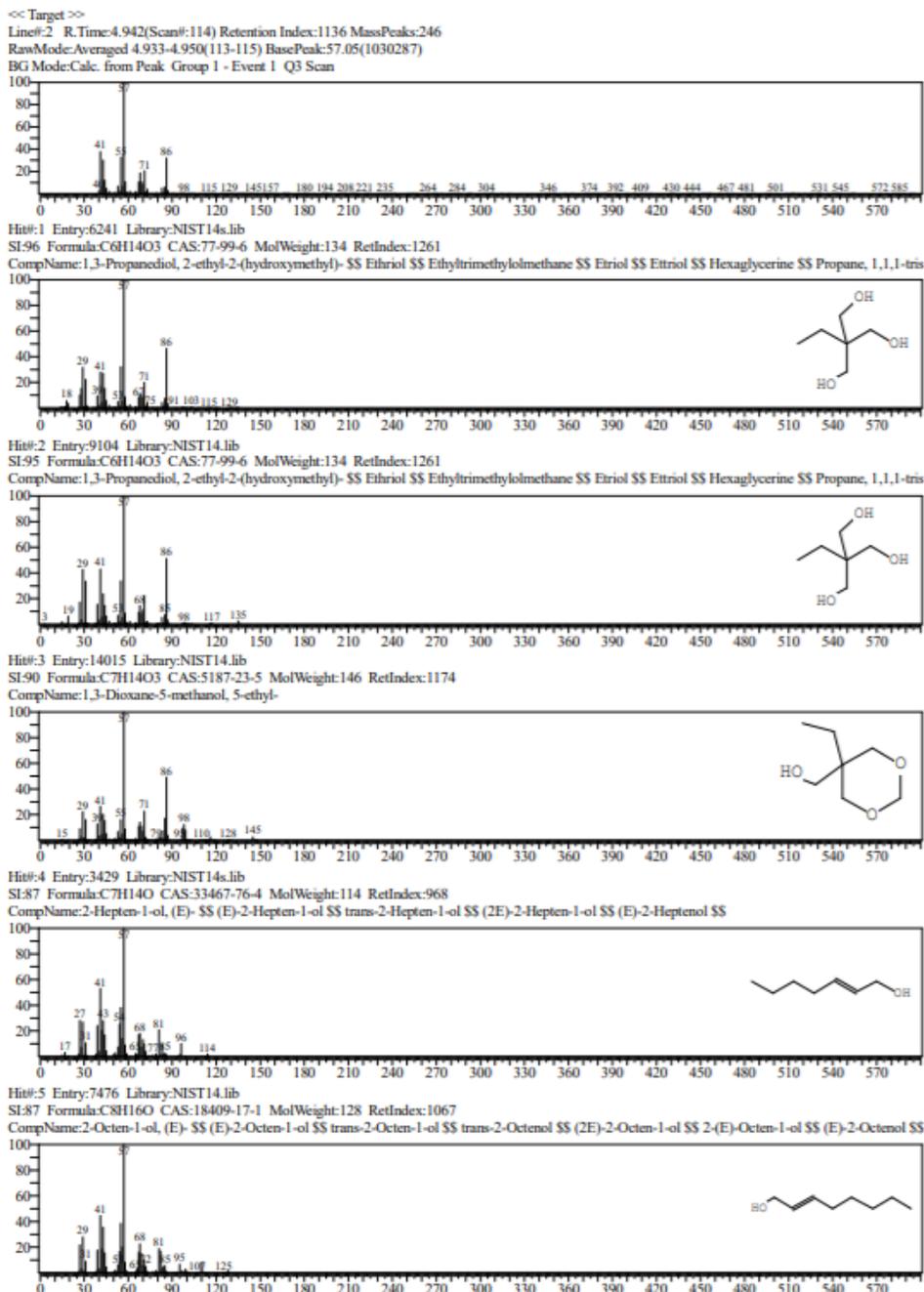
SI:87 Formula:C10H20O2 CAS:334-48-5 MolWeight:172 RetIndex:1372

CompName:n-Decanoic acid SS Decanoic acid SS n-Capric acid SS n-Decoic acid SS n-Decylic acid SS Capric acid SS Caprinic acid SS Caprynic acid SS De



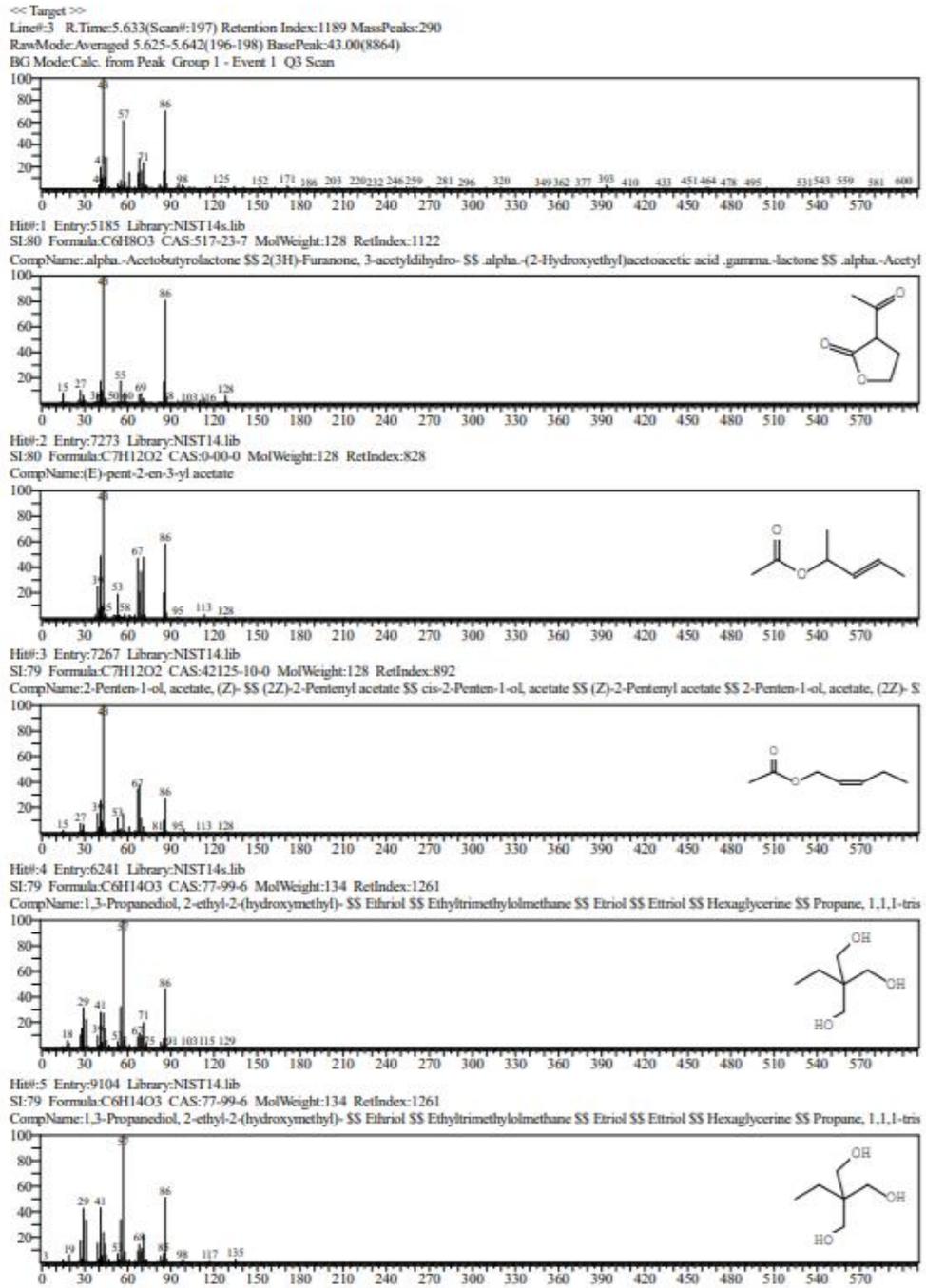
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 3/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



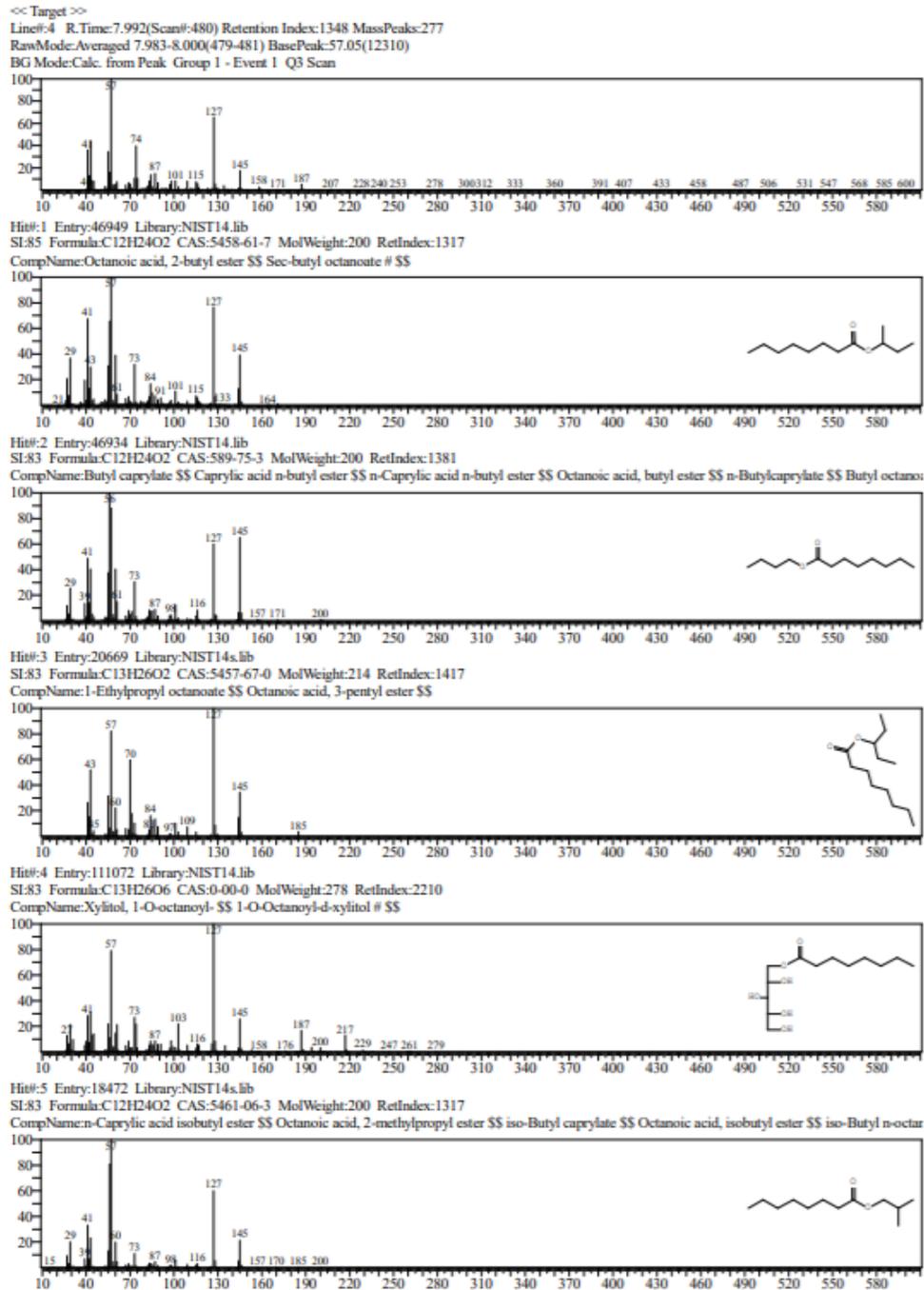
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 4/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



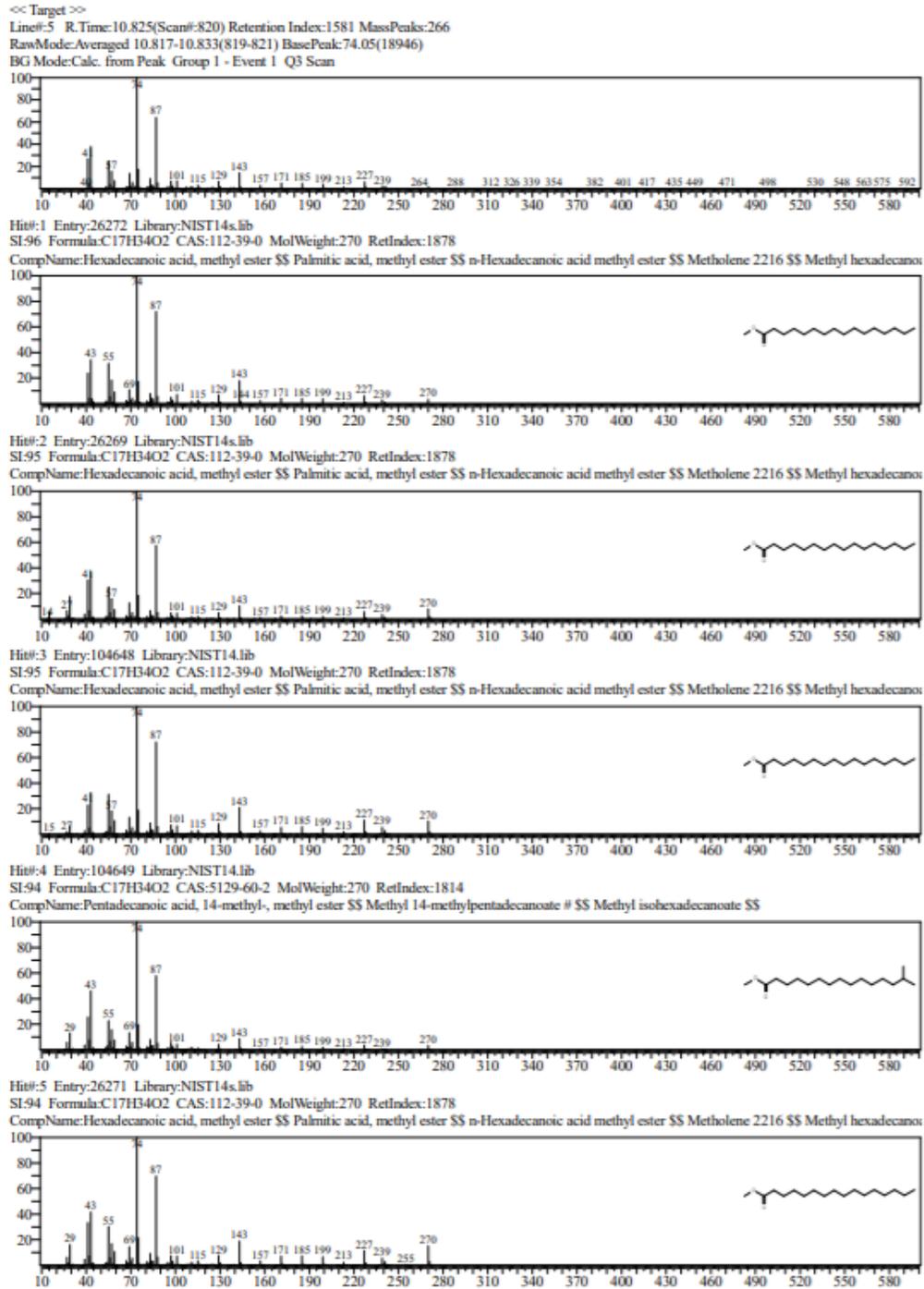
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 5/6 por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



Fuente: elaboración propia.

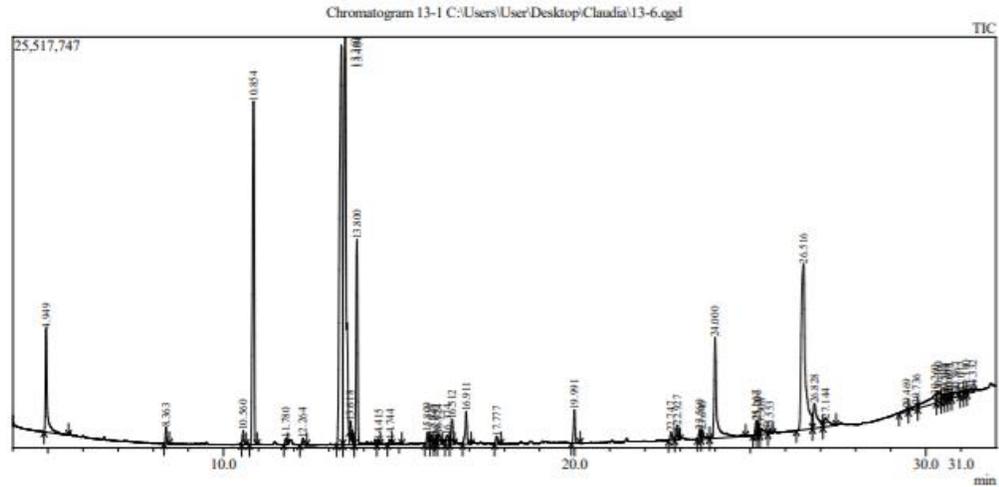
Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 6/6 por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



Fuente: elaboración propia.

## Anexo F. CROMATOGRAMA Y ESPECTRO DE MASAS PARA LOS ESTERES METÁLICOS Y ÁCIDOS GRASOS DEL LUBRICANTE FINAL.

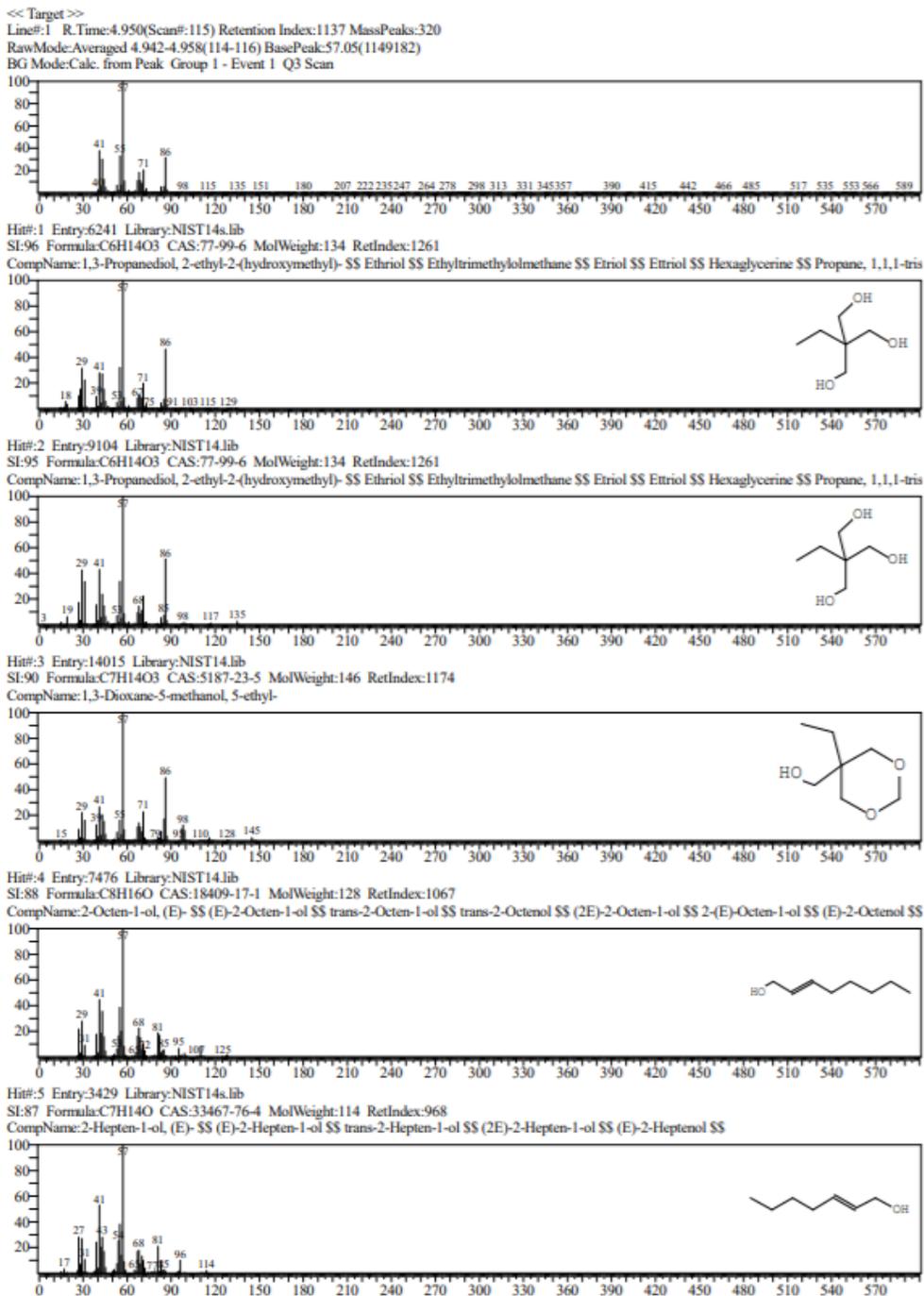
Cromatograma de esteres metilicos del lubricante final 1/6 por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



Peak#	R.Time	L.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	4.949	4.892	5.592	22769191	3.52	6448134	4.92	3.53	S	1,3-Propanediol, 2-ethyl-2-(hydroxymethyl) tetradecanoate
2	8.363	8.308	8.467	2299367	0.36	1018332	0.78	2.26		9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)
3	10.560	10.517	10.642	2332084	0.36	875939	0.67	2.66	V	Hexadecanoic acid, methyl ester
4	10.854	10.742	10.958	76233052	11.79	21309964	16.26	3.58	V	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-Heptadecanoic acid, methyl ester
5	11.780	11.717	11.833	1309852	0.20	406865	0.31	3.22		9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-Heptadecanoic acid, methyl ester
6	12.264	12.175	12.375	1295988	0.20	417822	0.32	3.10		9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-me
7	13.360	13.217	13.400	139138114	21.53	24805270	18.93	5.61	V	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)
8	13.464	13.400	13.725	134507956	20.81	25319847	19.32	5.31	SV	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (E)
9	13.618	13.583	13.675	2063711	0.32	893284	0.68	2.31	T	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (E)
10	13.800	13.725	15.075	40147687	6.21	12722004	9.71	3.16	SV	Methyl stearate
11	14.415	14.367	14.467	1044190	0.16	330024	0.25	3.16	TV	Ethyl Oleate
12	14.744	14.667	14.800	1066613	0.17	299227	0.23	3.56	TV	Methyl 9-cis,11-trans-octadecadienoate
13	15.809	15.733	15.883	2457160	0.38	720863	0.55	3.41	V	Cyclopropanoic acid, 2-[2-[(2Z)-9,12-Octadecadienyl]chloride, (Z,Z)
14	15.935	15.883	15.992	1805807	0.28	588265	0.45	3.07	V	Cyclopropanoic acid, 2-[2-[(2Z)-9,12-Octadecadienyl]chloride, (Z,Z)
15	16.057	15.992	16.083	1744807	0.27	545629	0.42	3.20	V	Oxiranoic acid, 3-octyl-, methyl ester
16	16.124	16.083	16.233	3915710	0.61	626759	0.48	6.25	V	13-Docosenoic acid, methyl ester, (Z)
17	16.374	16.308	16.442	3068400	0.47	546778	0.42	5.61	V	Methyl 18-methylnonadecanoate
18	16.512	16.442	16.575	6229781	0.96	1505613	1.15	4.14	V	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]triacotane, 1
19	16.911	16.808	17.050	7372219	1.14	2009119	1.53	3.67	V	Docosanoic acid, methyl ester
20	17.777	17.717	17.900	1785755	0.28	486577	0.37	3.67	V	Methyl 18-methylnonadecanoate
21	19.991	19.908	20.158	6285647	0.97	2086092	1.59	3.01	V	bis((2E)-Dec-2-en-1-yloxy)(dimethyl)acetylene
22	22.747	22.675	22.850	2016262	0.31	498959	0.38	4.04	V	Methyl 18-methylnonadecanoate
23	22.927	22.850	23.000	3075147	0.48	919587	0.70	3.34	V	1,2-Dodecanediol
24	23.560	23.492	23.600	2025099	0.31	588371	0.45	3.44	V	Hexadecane, 1-(ethenyl)-
25	23.640	23.600	23.842	2447525	0.38	521402	0.40	4.69	V	9,12-Octadecadienyl chloride, (Z,Z)
26	24.000	23.842	24.867	31809945	4.92	6250502	4.77	5.09	SV	1,2-Dodecanediol
27	25.167	25.075	25.192	2949546	0.46	879764	0.67	3.35	V	Hexadecane, 1-(ethenyl)-
28	25.206	25.192	25.275	3036940	0.47	884468	0.67	3.43	V	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, TV
29	25.308	25.275	25.500	3205530	0.50	355068	0.27	9.03	V	Decanoic acid, dodecyl ester
30	25.553	25.500	25.642	1058652	0.16	184100	0.14	5.75	V	3-Trifluoromethylbenzoic acid,10-undecanoic acid, TBDMS derivative
31	26.516	26.308	26.775	83714643	12.95	10304477	7.86	8.12	V	Stearic acid, TBDMS derivative
32	26.828	26.775	27.067	12516095	1.94	1521598	1.16	8.23	V	9-Octadecenoic acid, 1,2,3-propanetriol, 1-(ethenyl)-
33	27.144	27.067	27.442	5528304	0.86	510495	0.39	10.83	V	Hexadecane, 1-(ethenyl)-
34	29.469	29.233	29.500	1933160	0.30	182592	0.14	10.59	V	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, 2-hydroxy-5-en-3-ol, (3.beta.)-
35	29.736	29.500	29.767	2789557	0.43	271431	0.21	10.28	V	Ergost-5-en-3-ol, (3.beta.)-
36	30.260	29.767	30.300	10552172	1.63	525031	0.40	20.10	V	Stigmaterol
37	30.360	30.300	30.442	4479660	0.69	684131	0.52	6.55	V	13-Tetradec-11-yn-1-ol
38	30.508	30.442	30.542	2368080	0.37	398048	0.30	5.95	V	.gamma.-Sitosterol
39	30.608	30.542	30.633	2034980	0.31	364255	0.28	5.59	V	4-Aza-5-thiatriacyclo[5.2.1.0(3,7)]decane
40	30.675	30.633	30.733	2009862	0.31	344299	0.26	5.84	V	cis-9,10-Epoxyoctadecan-1-ol
41	30.867	30.733	30.925	3293683	0.51	282470	0.22	11.66	V	Cyclohexanol, 2-methylhexan-3-(1-methyl)-
42	31.017	30.975	31.083	1487852	0.23	239269	0.18	6.22	V	1-Hepatriacontanol
43	31.140	31.083	31.175	1224917	0.19	239022	0.18	5.12	V	Docosanoic acid, 1,2,3-propanetriol ester
44	31.332	31.175	31.367	1950976	0.30	154641	0.12	12.62	V	butanoic acid, 2-ethyl-, 2-(acetyl)oxy
				646381678	100.00	131066387	100.00			Diethylmalonic acid, monochloride, 3

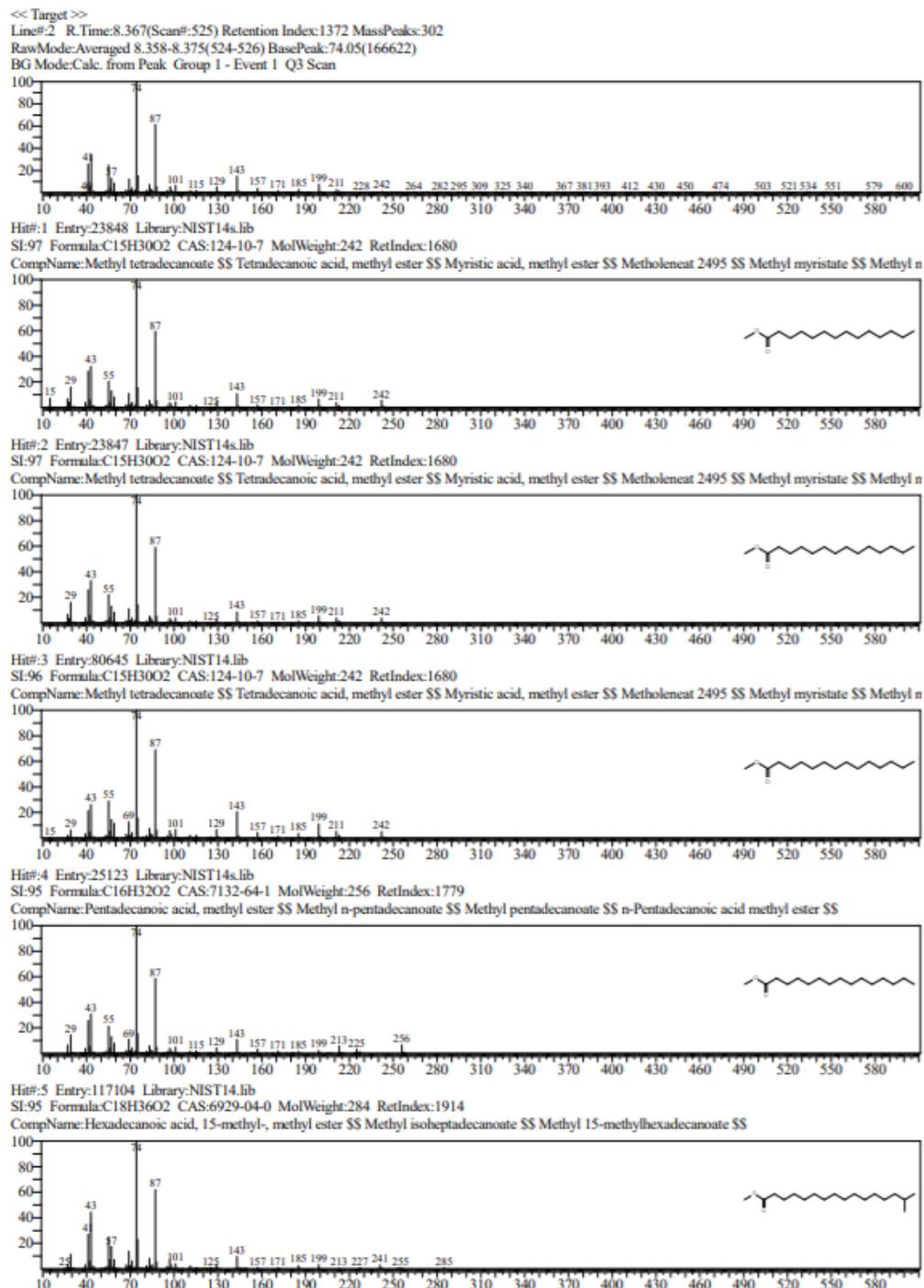
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 2/6 por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



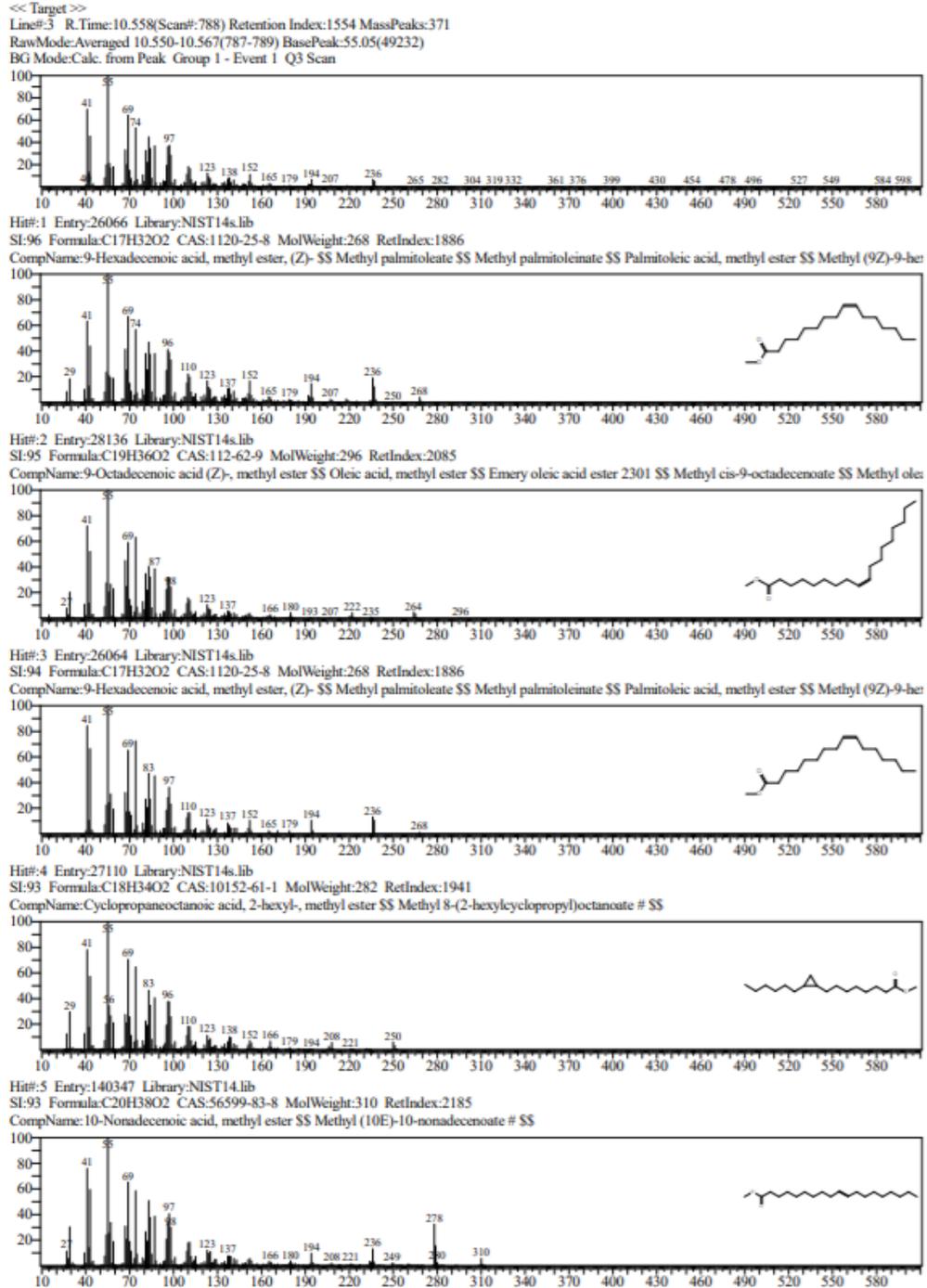
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 3/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



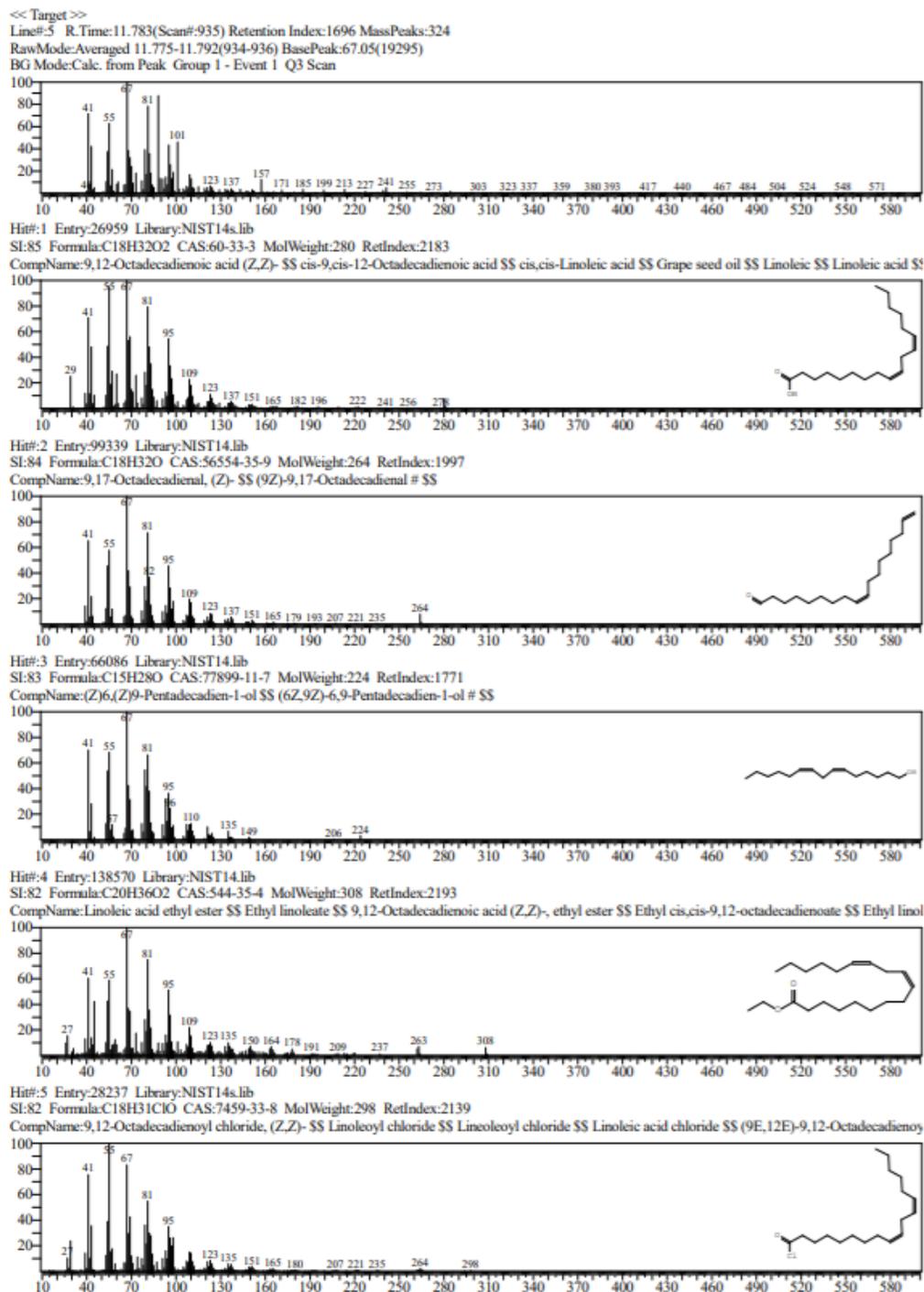
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 4/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



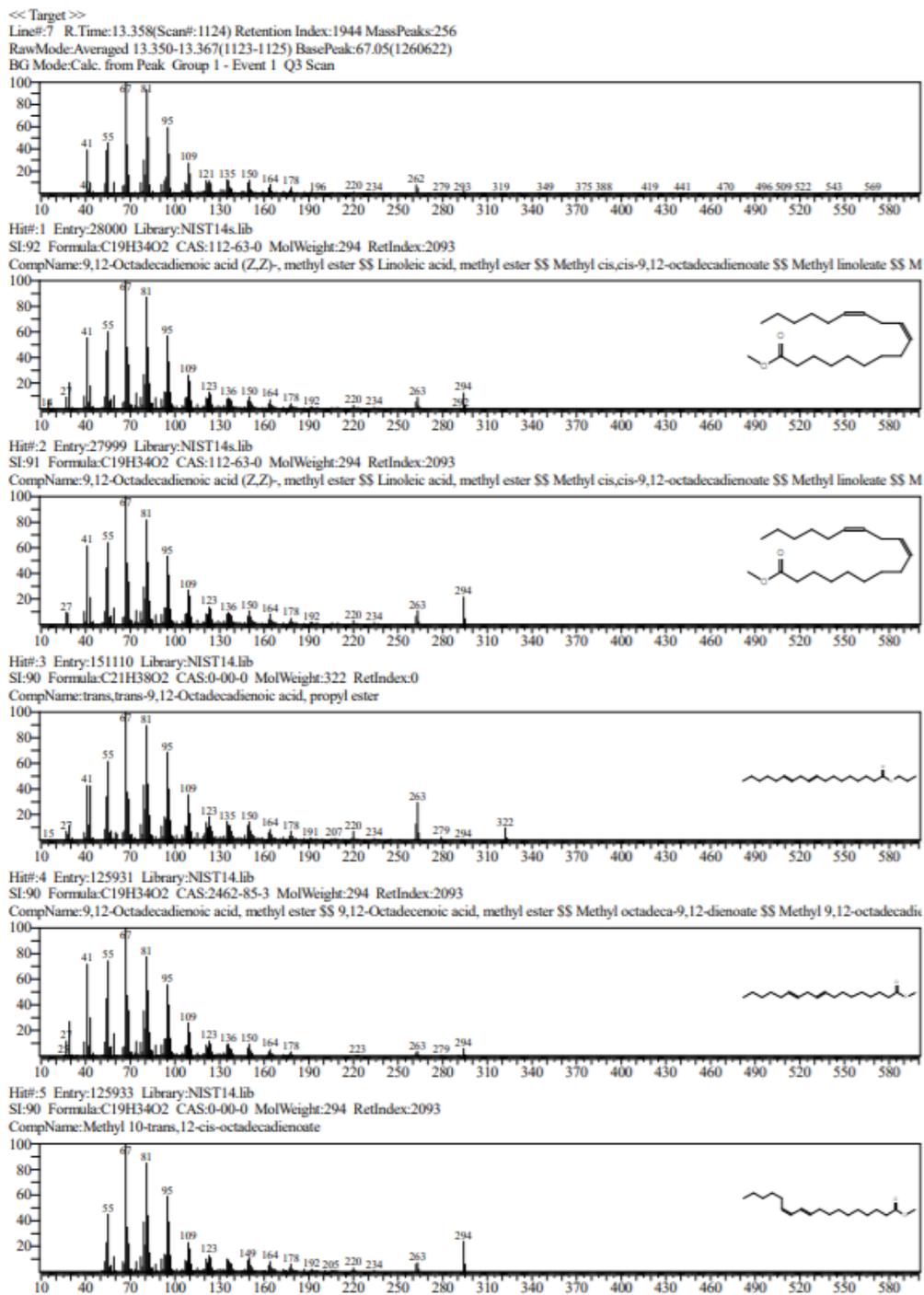
Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 5/6, por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase líquida.



Fuente: elaboración propia.

Cromatograma de esteres metílicos por hidrolisis enzimática 6/6 por medio de un cromatógrafo gases masas GCMS – TQ8040 Triple Quad GC-MS Shimadzu, columna SH-RXI-5SIL MS de 30 m de L por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor en la fase liquida.



Fuente: elaboración propia.

## Anexo G. DILIGENCIAMIENTO ENCUESTAS CRITERIOS.

Encuesta criterios diligencia por panel de expertos 1/4.



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
TRABAJO DE GRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



Nombre: William Moreno Rios Día: 21/10/2019  
Profesión: Ingeniero Químico

Objetivo: establecer los criterios más influyentes para la determinación de un tipo de lubricante de origen vegetal siendo este el producto de interés del proyecto de grado "Evaluación del proceso para la obtención de un biolubricante partiendo de residuos de aceites de cocina"

### ENCUESTA DIRIGIDA A LA COMUNIDAD

Indique con una x la opción que más se adecue con su criterio.

Recuerde que 5 es el más relevante y 1 el menos apreciable

¿Qué criterios considera usted que son indispensables para la elaboración de un biolubricante?	1	2	3	4	5
Composición				X	
Rendimiento					X
Viscosidad					X
Filtrabilidad					X
Estabilidad térmica					X
Estabilidad oxidativa					X
Estabilidad de cizallamiento					X
Biodegradabilidad				X	
Fluidez				X	
Color				X	
Volatilidad					X
Inflamabilidad		X			
Miscibilidad en agua	X				
Cantidad de espumante		X			
Otros, ¿Cuáles?	Compatibilidad con otros productos lubricantes, esto ayuda para cuando se quiere sustituir un lubricante en la industria por otro				

Elaborado por: Xicli Dayan Pinzón Duarte y Gabriela Alejandra León Fonseca

Fuente. elaboración propia.

Encuesta criterios diligencia por panel de expertos 2/4.



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
TRABAJO DE GRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



Nombre: Maitha Cecilia Acosta Moreno Día: 18/09/2019  
Profesión: Ing. Química, Msc.

Objetivo: establecer los criterios más influyentes para la determinación de un tipo de lubricante de origen vegetal siendo este el producto de interés del proyecto de grado "Evaluación del proceso para la obtención de un biolubricante partiendo de residuos de aceites de cocina"

**ENCUESTA DIRIGIDA A LA COMUNIDAD**

Indique con una x la opción que más se adecue con su criterio.

Recuerde que 5 es el más relevante y 1 el menos apreciable

¿Qué criterios considera usted que son indispensables para la elaboración de un biolubricante?	1	2	3	4	5
Composición				X	
Rendimiento			X		
Viscosidad					X
Filtrabilidad			X		
Estabilidad térmica					X
Estabilidad oxidativa					X
Estabilidad de cizallamiento					X
Biodegradabilidad					X
Fluidez					X
Color		X			
Volatilidad					X
Inflamabilidad					X
Miscibilidad en agua				X	
Cantidad de espumante			X		
Otros, ¿Cuáles?					

Elaborado por: Karol Dayan Pinzón Duarte y Gabriela Alejandra León Fonseca

Fuente. elaboración propia.

Encuesta criterios diligencia por panel de expertos 3/4.



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
TRABAJO DE GRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



Nombre: Diego Francisco Cifuentes Galindez Día: 16/09/2019  
Profesión: Químico

Objetivo: establecer los criterios más influyentes para la determinación de un tipo de lubricante de origen vegetal siendo este el producto de interés del proyecto de grado "Evaluación del proceso para la obtención de un biolubricante partiendo de residuos de aceites de cocina"

**ENCUESTA DIRIGIDA A LA COMUNIDAD**

Indique con una x la opción que más se adecue con su criterio.

Recuerde que 5 es el más relevante y 1 el menos apreciable

¿Qué criterios considera usted que son indispensables para la elaboración de un biolubricante?	1	2	3	4	5
Composición				X	
Rendimiento					X
Viscosidad				X	
Filtrabilidad				X	
Estabilidad térmica					X
Estabilidad oxidativa					X
Estabilidad de cizallamiento				X	
Biodegradabilidad					X
Fluidez				X	
Color			X		
Volatilidad				X	
Inflamabilidad					X
Miscibilidad en agua			X		
Cantidad de espumante			X		
Otros, ¿Cuáles?					

Scanned with  
Elaborado por: Karol Dayan Pinzón Duarte y Gabriela Alejandra León Fonseca

Fuente: elaboración propia.

Encuesta criterios diligencia por panel de expertos 4/4.



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
TRABAJO DE GRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



Nombre: Ana María Gómez Ortiz Día: 18/09/2019

Profesión: Química

Objetivo: establecer los criterios más influyentes para la determinación de un tipo de lubricante de origen vegetal siendo este el producto de interés del proyecto de grado "Evaluación del proceso para la obtención de un biolubricante partiendo de residuos de aceites de cocina"

#### ENCUESTA DIRIGIDA A LA COMUNIDAD

Indique con una x la opción que más se adecue con su criterio.

Recuerde que 5 es el más relevante y 1 el menos apreciable

¿Qué criterios considera usted que son indispensables para la elaboración de un biolubricante?	1	2	3	4	5
Composición					X
Rendimiento				X	
Viscosidad				X	
Filtrabilidad					X
Estabilidad térmica					X
Estabilidad oxidativa					X
Estabilidad de cizallamiento				X	
Biodegradabilidad					X
Fluidez				X	
Color			X		
Volatilidad					X
Inflamabilidad					X
Miscibilidad en agua					X
Cantidad de espumante					
Otros, ¿Cuáles?					

Scanned with  
Elaborado por: Karol Dayan Pinzón Duarte y Gabriela Alejandra León Fonseca

Fuente: elaboración propia.

## Anexo H. Diligenciamiento encuesta industria

Encuesta industria diligencia por panel de expertos.

Criterios	Tipo de lubricante																Otros? Cuáles?								
	Lubricante automotriz		Lubricante Químico		Tratamiento de Metales		Procesamiento de Alimentos		Textiles		Generación de energía		Inyección de petróleo		Minería		Industria costera								
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
Importancia																									
Composición			X				X								X										
Rendimiento																									
Viscosidad	X										X				X		X								
Filtrabilidad													X		X										
Estabilidad térmica																									
Estabilidad oxidativa	X				X						X				X		X								
Estabilidad de cizallamiento	X										X														
Biodegradabilidad													X		X		X								
Fluidez															X										
Color									X																
Volatilidad			X										X												
Inflamabilidad					X																				
Miscibilidad en agua																									
Cantidad de espumante																									
Materia Prima																									
Origen materia prima																									
Otros	Aprobado FDA (Tipo H1)						X																		
							X																		

Fuente: elaboración propia.

## Anexo I. PROTOCOLO ANÁLISIS VISCOSIDAD LUBRICANTES PETROBRAS.

Procedimiento determinación viscosidad en lubricantes 1/9.



### ANEXO W. PROTOCOLO ANALISIS VISCOSIDAD LUBRICANTES

#### 1. ALCANCE.

Este método de ensayo define el procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática de líquidos opacos y transparentes, que puedan ser manejados como líquidos a la temperatura del ensayo, utilizando un viscosímetro automático. De acuerdo con lo presentado en la norma ASTM D445-18.

#### 2. MATERIALES A ENSAYAR.

Productos de petróleo líquidos, tanto transparentes como opacos, con viscosidades cinemáticas entre 0.2 mm<sup>2</sup>/s a 300 000 mm<sup>2</sup> /s a 100°C y ..... a 40°C.

Líquidos para los cuales principalmente el esfuerzo cortante y las velocidades de corte son proporcionales (comportamiento de flujo newtoniano).

#### 3. PARÁMETROS O VARIABLES A DETERMINAR

##### 3.1. Viscosidad Dinámica

Se simboliza como ( $\eta$ ) y se define como la resistencia a fluir o la deformación de un material transfiriendo momento de manera constante en un tiempo determinado o fuerzas de corte externas.

##### 3.2. Viscosidad Cinemática.

Es la relación de la viscosidad dinámica y la densidad de un material a la misma presión y temperatura. Además de relacionar el momento de movimiento y momento estacionario se simboliza como ( $\nu$ )

#### 4. APARATOS Y EQUIPOS.

##### 4.1. Viscosímetro Herzog HVM 472.

Es un instrumento de medida destinado a determinar la viscosidad cinemática de acuerdo a la ASTM D 445, con un control de temperatura entre 20°C y 150°C y una exactitud de esta temperatura de <100°C:  $\pm 0.01^\circ\text{C}$ ; >100°C:  $\pm 0.03^\circ\text{C}$ .

La descripción detallada y el diagrama del equipo se encuentran en el manual del equipo disponible en la intranet.

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

Procedimiento determinación viscosidad en lubricantes 2/9.



Fig. 1. Viscosímetro Herzog HVM 472

**4.2. Ultrasonido**

**4.3. Viales**

**5. REACTIVOS Y MATERIALES**

**5.1. Solventes de limpieza**

Xilol, bencina, u otra sustancia capaz de limpiar y remover completamente las muestras del tubo y se evapore a la temperatura del baño con la ayuda con la bomba de succión.

NOTA: No limpiar con soda cáustica, ácido fluorhídrico, mezcla sulfocromica, ya que estas sustancias atacan químicamente al tubo y el equipo.

**5.2. Patrones y materiales de referencia**

Los patrones y material de referencia deben se aceites claros y brillante, deben estar libres de partículas además de tener un comportamiento característicamente newtoniano.

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación viscosidad en lubricantes 3/9.



Para la verificación de los viscosímetros se usan los estándares de viscosidad S20, S200 Y S600. Marca Cannon.

**Tabla 1. Viscosidades cinemáticas de materiales de referencia**

Viscosity Standard Conforming to ASTM Standards <sup>a</sup>	Approximate Kinematic Viscosity, mm <sup>2</sup> /s					
	At -40°C	At 20°C	At 25°C	At 40°C <sup>b</sup>	At 50°C	At 100°C <sup>b</sup>
S3	80	4.6	4.0	2.9	...	1.2
S6	...	11	8.9	5.7	...	1.8
S20	...	44	34	18	...	3.9
S60	...	170	120	54	...	7.2
S200	...	640	450	180	...	17
S600	...	2400	1600	520	280	32
S2000	...	8700	5600	1700	...	75
S6000	...	37 000	23 000	6700	...	...
S30000	...	...	81 000	23 000	11 000	...

### 6. CONDICIONES AMBIENTALES REQUERIDAS.

El equipo debe estar en una superficie plana, nivelada y estable, debe estar alejado de corrientes de aire que afecten la estabilidad de la temperatura programada.

### 7. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

- Toda persona que ingrese a las áreas de ensayo debe utilizar bata de laboratorio, gafas y guantes, en caso de ser necesario tapabocas o máscara de gases, al igual que cualquier otro implemento o medida de seguridad que el analista indique deba tomarse.
- El solvente de limpieza puede ser inflamable y peligroso para la salud, ver hoja de seguridad antes de usarse.
- Disponer los solventes y los materiales de desecho en el recipiente de residuos ubicado en el área del Laboratorio.

### 8. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Un equipo automático mide el tiempo para que un volumen fijo de muestra fluya bajo gravedad a través del capilar de un viscosímetro calibrado, a una temperatura controlada y conocida. La viscosidad cinemática es el producto del tiempo de flujo medido y la constante de calibración del viscosímetro.

#### 8.1. Recepción, almacenamiento y preparación de la muestra.

El Analista de Laboratorio debe:

- 8.1.1. Inspeccionar la muestra verificando que:

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación viscosidad en lubricantes 4/9.



- Se pueda realizar este procedimiento teniendo en cuenta el alcance y los materiales a ensayar especificados en los numerales 1 y 2.
- La cantidad de muestra necesaria para la realización del ensayo es al menos 40mL de muestra por repetición.
- Los recipientes que contienen la muestra no deben ser reutilizados.
- La muestra es fluida y permite ser succionada.
- La muestra es soluble en un disolvente adecuado para la limpieza del capilar.
- La muestra es homogénea (no suspensiones, ni emulsiones y sin burbujas).
- Comprobar la compatibilidad de la muestra con los materiales del aparato.

### 8.2. Preparación del ensayo.

8.2.1. Encender el equipo, usando el botón rojo de encendido ubicado en la parte superior frontal del equipo.

8.2.2. Encender el computador e ingresar al software HLIST, usuario (Admin); password (Admin)

8.2.3. Limpiar el viscosímetro:

8.2.3.1. Verificar que tubo se encuentre sin muestra.

8.2.3.2. Dar click derecho sobre una de las imágenes de los capilares.

8.2.3.3. Ingresar a <Measurment Left o Measurment Right>

8.2.3.4. Ingresar a < Initialite >

8.2.3.5. Dar click en <Do Cleaning>

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación viscosidad en lubricantes 5/9.



Fig. 4. Como introducir la muestra en el equipo

8.4.4. Automáticamente el equipo solicitará los datos de la muestra. Ingrese los datos de la muestra.

HVM472-1 Right / 40,00 °C  
1,7-234 mm<sup>2</sup>/s

Test Material  
 Ref. Material: Lub Oil Light

Sample-No.: Light oil [Incr.]

Reference Sample: [ ]

Operator: Ron Run Test

Start as <5>  Priority Start <<

Material | Extended | Capillary

Conditions | Cleaning

Test Conditions  
Equilibration Time: 5 min : 0 s  
Equilibration Time 2: 4 min : 0 s  
Max. Number of Flowtimes: 4  
Tolerance for Flowtimes: 0,2 %

Options  
 Dynamic Equilibration  
 Do Max. Flowtimes  
 Calculate VI  
 Polymer (K-Value, rel. Visco)

Corrections  
 Energy (Hagenbach)  Gravity

Sample Changer  
 Preheat Beaker

Preheating  
Min. Preheat Time: 0 min : 0 s

Fig. 5. Recuadro para inserción de datos de la muestra y condiciones de análisis

8.4.5. El equipo determinará automáticamente la viscosidad de la muestra. Al terminar el análisis, el resultado se verá reflejado en una tabla resultados y se ingresa dando click en <Results DB>.

Nota

8.4.6. Retirar la muestra de la bandeja de muestras.

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación viscosidad en lubricantes 6/9.



Fig. 5. Cómo retirar la bandeja de muestras analizadas.

### 9. CÁLCULO DE RESULTADOS.

El valor de viscosidad cinemática obtenido debe expresarse con cuatro (4) cifras significativas, [mm<sup>2</sup>/s].

El equipo realiza los cálculos automáticamente de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\vartheta = Ct$$

$\vartheta$  = viscosidad cinemática

$C$  = constante de calibración del tubo

$t$  = tiempo en segundos de la distancia recorrida del fluido

### 10. REGISTRO DE DATOS.

Los datos primarios, resultados del ensayo, se registran en:

- SAP, cuando las muestras correspondan a control de calidad de producción.
- Informes de Servicio de Laboratorio, cuando las muestras correspondan a servicios externos.

### 11. RESPONSABLES

Son responsables de la implementación de este procedimiento el Jefe de Laboratorio y el Analista de Laboratorio.

### 12. CRITERIOS Y/O REQUISITOS PARA APROBACIÓN Y RECHAZO DE LOS RESULTADOS

Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación viscosidad en lubricantes 7/9.

	<b>PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD CINEMATICA DE LÍQUIDOS TRANSPARENTES Y OPACOS UTILIZANDO UN EQUIPO DE VISCOSIDAD AUTOMÁTICO HERZOG SEGÚN ASTM D 445- 18</b>
---	---

### 12.1. Repetibilidad

Se aprueban los resultados de una muestra si la diferencia entre los resultados sucesivos obtenidos por el mismo operario, con el mismo equipo, bajo condiciones de operación similares, en la operación normal y correcta del método de ensayo es menor:

Tabla 2. Repetibilidad del método

Aceite Básico a 40°C	0,0101X ;(1,01 %)
Aceite Básico a 100 °C	0,0085X ;(0,85 %)
Lubricantes a 40°C	0,0074X ;(0,74 %)
Lubricantes a 100°C	0,0084X ;(0,84 %)
Lubricantes a 150°C	0,0056X ;(0,56 %)
Ceras de petróleo 100°C	0,0141X <sup>1,2</sup>
Combustible residual a 80°C	0,013(X + 8)
Combustible residual a 100°C	0,08088X ;(8,08 %)
Combustible residual a 50°C	0,07885X ;(7,88 %)
Aditivos a 100°C	0,00192X <sup>1,1</sup>
Gasoleo 40°C	0,0043(X+1)
Combustible para aviación a -20 °C	0,007X ;(0,7 %)
Queroseno, diesel , biodiesel, y mezclas de biodiesel a 40°C	0,0056X ;(0,56 %)
Lubricantes en servicio a 40°C	0,000233X <sup>1,722</sup>
Lubricantes en servicio a 100°C	0,001005X <sup>1,4633</sup>

### 12.2. Reproducibilidad

La diferencia entre dos resultados de pruebas individuales e independientes, obtenidos por diferentes operadores que utilizan diferentes equipos en material de prueba idéntico, en el funcionamiento normal y correcto del método de prueba, superará el valor dado en un solo caso en veinte pruebas. A continuación se muestra la reproducibilidad y los rangos aplicables:

Tabla 3. Reproducibilidad del método

Aceite Básico a 40°C	0,0136X ;(1,36%)
Aceite Básico a 100 °C	0,0190 X ;(1,90%)
Lubricantes a 40°C	0,0122 X ;(1,22%)
Lubricantes a 100°C	0,0138 X ;(1,38%)
Lubricantes a 150°C	0,018 X ;(1,8%)
Ceras de petróleo 100°C	0,0366 X <sup>1,2</sup>
Combustible residual a 80°C	0,04(X +8)
Combustible residual a 100°C	0,1206X ;(12,06%)

Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

Procedimiento determinación viscosidad en lubricantes 8/9.

	<b>PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD CINEMATICA DE LIQUIDOS TRANSPARENTES Y OPACOS UTILIZANDO UN EQUIPO DE VISCOSIDAD AUTOMÁTICO HERZOG SEGÚN ASTM D 445- 18</b>
---	---

Combustible residual a 50°C	0,08461X ;(8,46%)
Aditivos a 100°C	0,00862X <sup>1,1</sup>
Gasoleo 40°C	0,0082(X+1)
Combustible para aviación a -20 °C	0,019X ;(1,9%)
Queroseno, diesel , biodiesel, y mezclas de biodiesel a 40°C	0,0224X (2,24 %)
Lubricantes en servicio a 40°C	0,000594 X <sup>1,722</sup>
Lubricantes en servicio a 100°C	0,003361 X <sup>1,4633</sup>

13. IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE ENSAYO NO CONFORME.

A continuación se encuentra la identificación de errores que pueden darse durante la recepción de la muestra, la preparación del ensayo, la ejecución del ensayo, y el análisis de los datos, que pueden provocar el reporte de datos no confiables (trabajo de ensayo no conforme).

Tabla 4. Puntos críticos del ensayo.

ERROR	CORRECCION	RESPONSABLE
No realizar calibraciones, mantenimientos y verificaciones periódicas al equipo.	Realizar la verificación del equipo con materiales de referencia estándar, si el equipo no registra el valor esperado solicitar el mantenimiento y calibración del equipo y colocar el equipo fuera de servicio hasta que estos servicios sean realizados. Cualquier muestra a trabajarse en este periodo de tiempo debe ser rechazada o trabajarse por otro método para determinar la densidad, informando previamente al cliente por medio del Jefe de Laboratorio.	Analista del Laboratorio
Daño de partes o de la totalidad del equipo.	Si el daño afecta la operatividad y/o la confianza del equipo, solicitar el mantenimiento y calibración del equipo y colocar el equipo fuera de servicio hasta que estos servicios sean realizados. Cualquier muestra a trabajarse en este periodo de tiempo debe ser rechazada o trabajarse por otro método para determinar la densidad, informando previamente al cliente por medio del Jefe de Laboratorio.	Analista del Laboratorio
Condiciones de almacenamiento para los materiales de referencia certificados y para la sustancia de control interno utilizada por el Laboratorio fuera de los límites establecidos en sus hojas de seguridad, fichas técnicas y certificados de análisis.	Realizar el procedimiento de ensayo con los materiales que hayan estado fuera de los límites establecidos y verificar si existe alguna desviación con resultados esperados y los valores registrados en los cuadros de control. En caso de existir descartar los materiales y solicitar la compra de nuevos materiales para las verificaciones del equipo.	Analista del Laboratorio
Recepción de una muestra muy oscura, que no permita asegurar la ausencia de burbujas; con una presión de vapor mayor a 100kPa y/o una viscosidad que no permita su ingreso al equipo.	Informar al Jefe de Laboratorio para que se ofrezca otro método de ensayo de determinación de densidad para el tipo de muestra.	Analista del Laboratorio.

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación viscosidad en lubricantes 9/9.

	<b>PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD CINEMATICA DE LIQUIDOS TRANSPARENTES Y OPACOS UTILIZANDO UN EQUIPO DE VISCOSIDAD AUTOMÁTICO HERZOG SEGÚN ASTM D 445- 18</b>
---	---

Limpiar el equipo con un solvente inadecuado que pueda afectar los materiales del equipo	Realizar la verificación del equipo de ser posible, en caso que la desviación sea muy grande solicitar el mantenimiento y calibración al proveedor.	Analista del Laboratorio
Condiciones ambientales que no permiten la realización del ensayo: Vibraciones fuertes, radiación directa del sol, humedad atmosférica mayor al 50%, atmosfera de gas corrosivo y campos eléctricos o magnéticos fuertes.	Suspender el ensayo, y programar el ensayo cuando no se presenten estas condiciones ambientales, si la suspensión afecta el tiempo de entrega de los resultados, informar al Jefe de Laboratorio para que sea informado el cliente.	Analista del Laboratorio
Realizar el ensayo con el capilar de medición sucia.	Limpiar el capilar del equipo con solvente de limpieza y <u>secar</u> , repetir la medición y la limpieza dos veces más para verificar que el valor reportado si sea el correcto.	Analista del Laboratorio
Viscosidad <u>cinemat</u> ica de material de referencia y/o de la sustancia para el control interno del Laboratorio fuera de los límites permitidos.	Realizar nuevamente la verificación, si el equipo no registra el valor esperado: <ul style="list-style-type: none"> <li>- solicitar el mantenimiento y calibración del equipo y colocar el equipo fuera de servicio hasta que estos servicios sean realizados.</li> <li>- revisar todos los ensayos realizados entre intervalos de verificación del ensayo; y en caso de que se dude de la validez de los resultados obtenidos en estos: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Reprocesar las muestras</li> <li>o Informar al cliente que los datos suministrados no son conformes y que se emitirá un nuevo informe (en caso de que se pueda repetir la medición), si no informar al cliente que no es confiable la información realizando la respectiva devolución de lo cancelado por el cliente.</li> </ul> </li> <li>- Cualquier muestra a trabajarse en este periodo de tiempo debe ser rechazada o trabajarse por otro método informando previamente al cliente <u>por medio del Jefe de Laboratorio</u>.</li> </ul>	Analista del Laboratorio
Utilizar una muestra de ensayo no homogénea.	Homogenizar la muestra por medio de agitación vigorosa y desgasificar por medio de un baño de ultrasonido.	Analista del Laboratorio
Presencia de burbujas en la muestra al momento de realizar el ensayo	Terminar el ensayo, descartar los resultados y volver a llenar el tubo capilar. En caso de no ser posible, informar al cliente por medio del Jefe de Laboratorio que la muestra no es adecuada para el ensayo, ofrecer otro método.	Analista del Laboratorio
Ocurrencia de uno de los mensajes de error del equipo	Ver Manual de Equipo, y solicitar mantenimiento del equipo al proveedor.	Analista del Laboratorio
Resultados que no cumplen el criterio de aprobación y rechazo del ensayo	Reprocesar las muestras. En caso de no obtenerse resultados repetibles informar al cliente por medio del Jefe de Laboratorio para establecer las medidas a seguir.	Analista del Laboratorio

### 14. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

- Norma ASTM D445 - 18: Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity).
- Norma ASTM D446 – 12: Standard Specifications and Operating Instructions for Glass Capillary Kinematic

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## ANEXO J. PROTOCOLO ANÁLISIS POUR POINT LUBRICANTES PETROBRAS.

### Procedimiento determinación pour point en lubricantes 1/9.



#### 1. ALCANCE.

Este método de ensayo cubre la determinación del punto de fluidez de productos derivados del petróleo mediante un medidor automático de punto de fluidez. De acuerdo con lo presentado en la norma ASTM D 5950-14.

#### 2. MATERIALES A ENSAYAR.

Este método de ensayo se aplica para productos derivados del petróleo con puntos de fluidez entre  $-66^{\circ}\text{C}$  y  $+51^{\circ}\text{C}$ .

#### 3. PARÁMETROS O VARIABLES A DETERMINAR

##### 3.1. Punto de Fluidez (Pour Point)

Se define como punto de fluidez en productos derivados del petróleo, la temperatura más baja a la que se observa el movimiento de la muestra, bajo las condiciones descritas en este procedimiento.

#### 4. APARATOS Y EQUIPOS.

##### 4.1. Medidor Automático de Punto de Fluidez

Para la determinación del punto de fluidez se utiliza el equipo automático de marca ISL. Este equipo realiza el ensayo de acuerdo con el procedimiento de la norma ASTM D5950.

La descripción detallada y el diagrama del equipo se encuentran en el manual del equipo disponible en la intranet.

##### 4.2. Recipiente de Prueba - Tubo de Punto Fluidez

Tubo de vidrio cilíndrico transparente, fondo plano,  $34\pm 0.5\text{mm}$  diámetro exterior,  $1.4\pm 0.15\text{mm}$  espesor de pared,  $120\pm 0.5\text{mm}$  altura, grosor del fondo  $2.4\text{mm}$  máximo, marcado con una línea para indicar la altura de la muestra  $54\pm 0.5\text{mm}$  por encima del fondo interior.

##### 4.3. Baño de Ultrasonido

#### 5. REACTIVOS Y MATERIALES

##### 5.1. Solventes de limpieza

- Xilol
- Jabón Desengrasante

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación pour point en lubricantes 2/9.



### 5.2. Patrones y materiales de referencia

- Material de Referencia Certificado Pour Point. Marca PAC. Referencia 01000-852-51
- Material de Referencia Certificado Pour Point. Marca PAC. Referencia 01000-852-52

### 5.3. Sustancia para el control interno

El Laboratorio realiza la verificación del equipo con aceite lubricante Top Turbo 15W40.

### 6. CONDICIONES AMBIENTALES REQUERIDAS.

No se requieren condiciones específicas para el desarrollo del ensayo.

### 7. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

- Disponer los materiales de desecho en el recipiente de residuos ubicado en el área del Laboratorio.
- Toda persona que ingrese a las áreas de ensayo debe utilizar bata de laboratorio, gafas y guantes, en caso de ser necesario tapabocas o máscara de gases, al igual que cualquier otro implemento o medida de seguridad que el analista indique deba tomarse.

### 8. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

La muestra de prueba se inserta en el equipo de punto de fluidez automático. Después de comenzar el programa, la muestra se enfría de acuerdo con el perfil de enfriamiento listado en la Tabla 1 y se examina a intervalos de 3°C. La temperatura más baja a la que el equipo automático detecta el movimiento de la muestra, se muestra como el punto de fluidez.

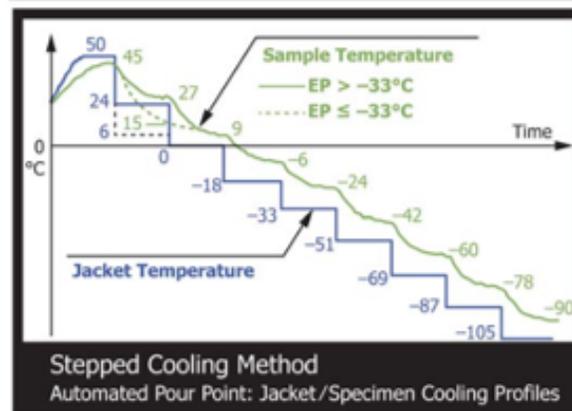
Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

Procedimiento determinación pour point en lubricantes 3/9.



Tabla 1. Perfil de enfriamiento de la chaqueta del equipo (jacket) y la muestra (specimen).

Specimen Temperature, °C	Jacket Temperature, °C
+27 > = ST > +9	0 ± 0.5
+9 > = ST > -6	-18 ± 0.5
-6 > = ST > -24	-33 ± 0.5
-24 > = ST > -42	-51 ± 0.5
-42 > = ST > -60	-69 ± 0.5
-60 > = ST > -78	-87 ± 0.5



8.1. Recepción, almacenamiento y preparación de la muestra.

El Analista de Laboratorio debe:

8.1.1. Inspeccionar la muestra verificando que:

- Se pueda realizar este procedimiento teniendo en cuenta el alcance y los materiales a ensayar especificados en los numerales 1 y 2.
- La cantidad de muestra necesaria para la realización del ensayo es al menos 50 mL de muestra por repetición.
- Los recipientes que contienen la muestra no deben ser reutilizados, no deben ser envases de productos alimenticios y no deben permitir que el material volátil pueda difundirse a través de las paredes o que se presenten fugas.

8.1.2. Una vez en el área de trabajo, se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones para la manipulación de la muestra:

8.1.2.1. Las muestras muy viscosas pueden calentarse hasta que estén razonablemente fluidas antes de ser transferidas al tubo de punto de fluidez; sin embargo, ninguna muestra debe ser calentada más de lo absolutamente necesario. La temperatura máxima a la que se puede calentar la muestra y transferir al tubo de punto de fluidez es 70 °C.

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación pour point en lubricantes 4/9.



### PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FLUIDEZ DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO (MÉTODO AUTOMÁTICO) DE ACUERDO CON NORMA ASTM D5950

8.1.2.2. Para algunos tipos de muestras, como los aceites lubricantes viscosos que son propensos a tener aire atrapado o burbujas de gas presentes en la muestra, poner la muestra en un baño ultrasónico sin el calentador encendido durante 5 min.

#### 8.2. Preparación del ensayo.

8.2.1. Verificar que el equipo se encuentre ubicado sobre una superficie plana y estable, con el voltaje seleccionado adecuado a la red eléctrica del laboratorio (110 V).

8.2.2. Limpie y seque la termocupla, la celda de medición y el recipiente de prueba utilizando solventes de limpieza.

8.2.3. Si la carcasa del equipo estuviera sucia, limpiarla con un paño de limpieza con etanol o agua tibia; puede utilizarse un solvente suave.

8.2.4. Encender el equipo, usando el botón de encendido ubicado en la parte trasera del equipo, y seleccionar el idioma de trabajo usando las teclas ubicadas debajo del display.

#### 8.3. Verificación Semestral del equipo

8.3.1. Realizar el procedimiento descrito en el numeral 8.5. a una muestra de referencia certificada. El error en la medición para esta muestra deberá estar dentro de los límites establecidos en el certificado de análisis del material de referencia. En caso de que el punto de fluidez no esté dentro de los límites es necesario verificar el funcionamiento del equipo, solicitar su mantenimiento y calibración.

#### 8.4. Verificación Mensual del equipo

8.4.1. Realizar el procedimiento descrito en el numeral 8.5. con la sustancia para el control interno. El punto de fluidez obtenido, deberá cumplir con los criterios de aprobación y rechazo que se encuentran en definidos en la carta de control del equipo. En caso de que el punto de fluidez no esté dentro de los límites es necesario verificar el funcionamiento del equipo, solicitar su mantenimiento y calibración.

#### 8.5. Determinación de los parámetros o variables.

8.5.1. Agitar suavemente la muestra para homogenizar.

8.5.2. Llenar el tubo de punto de fluidez con la muestra de tal manera que la parte inferior del menisco quede exactamente en la marca de llenado. Si se ha agregado mucha muestra en el tubo, remover el exceso usando una jeringa o un dispositivo similar. No debe agregarse material sólido. Eliminar cualquier burbuja o espuma que se encuentre sobre la superficie de la muestra y mantener el nivel requerido.

8.5.3. Colocar alrededor del tubo de punto de fluidez un anillo de corcho y ubicarlo en la celda de medición del equipo. Ver Fig. 1.

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación pour point en lubricantes 5/9.



Fig.1. Anillo de corcho sobre la celda de medición.

8.5.4. Introducir el sensor de temperatura, ubicado en la tapa de la celda de medición, en el tubo de punto de fluidez, asegurándose que la tapa encaje con la rosca de la celda. Ajustar la tapa hasta que quede completamente hermética.

8.5.5. Ingresar al equipo los datos listados en la Tabla 2. Para esto:

8.5.5.1. Oprimir las teclas ubicadas en la parte inferior del panel de control para modificar cada parámetro y moverse con las flechas <◀>, <▶>, <▲> y <▼> para introducir los valores solicitados. Para confirmar la información introducida presione <Ent>.

Tabla 2. Parámetros a ingresar al equipo.

EP	Punto de Fluidez esperado (°C). Se debe ingresar el punto de fluidez esperado que sea un múltiplo de 3°C.
Sample	Especificar el nombre o número de lote de la muestra a ensayar. Ej: 2000045216
Prog.	D5950

Nota: Las especificaciones de los programas (Prog.) se encuentran en el Manual del equipo

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación pour point en lubricantes 6/9.

	PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FLUIDEZ DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO (MÉTODO AUTOMÁTICO) DE ACUERDO CON NORMA ASTM D5950
---	--

8.5.6. Una vez ingresadas las especificaciones, oprimir la opción <start now> para que comience la determinación del punto de fluidez.

8.5.7. En este punto, el instrumento monitoreará la muestra de prueba con el detector óptico, ajustando la temperatura de la chaqueta al primer nivel de temperatura (según la Tabla 1) y midiendo la temperatura de la muestra. El instrumento cambiará automáticamente la temperatura de la chaqueta de acuerdo con la temperatura de la muestra (de acuerdo con la Tabla 1). El tiempo para mover la temperatura de la chaqueta de un nivel al siguiente nivel inferior no debe exceder los 200s, para temperaturas de la chaqueta de hasta -52 ° C\*. El instrumento comenzará a inclinar la muestra de la manera prescrita cuando la temperatura de la muestra sea 9 ° C más alta que el punto de fluidez esperado. Si la muestra fluye durante el movimiento de inclinación, no se alcanza el punto de fluidez y la chaqueta regresa a la posición vertical. La prueba continuará hasta que la chaqueta esté en una posición horizontal completa y el detector no detecte ningún movimiento de la muestra durante 5 s. Esta temperatura, el punto de congelamiento, más 3 ° C es el punto de fluidez de la muestra (ver Fig. 2).

\* Para temperaturas más bajas de la chaqueta, el tiempo para pasar de uno el nivel de temperatura de la chaqueta a otro no debe exceder los 300 s.

8.5.8. Una vez el equipo encuentra el punto de fluidez, el equipo comenzará a recalentar la muestra. Registre el resultado como el punto de fluidez sin ninguna corrección.

8.5.9. Cuando equipo alcance la temperatura ambiente, retirar el tubo de ensayo y limpiar el equipo según lo descrito en el numeral 8.2.

### 9. CÁLCULO DE RESULTADOS.

El resultado reportado por el equipo automático corresponde al punto de fluidez, no es necesario realizar ninguna corrección.

### 10. REGISTRO DE DATOS.

Los datos primarios, resultados del ensayo, se registran en:

- SAP, cuando las muestras correspondan a control de calidad de producción.
- Informes de Servicio de Laboratorio, cuando las muestras correspondan a servicios externos.

### 11. RESPONSABLES

Son responsables de la implementación de este procedimiento el Jefe de Laboratorio y el Analista de Laboratorio.

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación pour point en lubricantes 7/9.

	<b>PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FLUIDEZ DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO (MÉTODO AUTOMÁTICO) DE ACUERDO CON NORMA ASTM D5950</b>
---	---

### 12. CRITERIOS Y/O REQUISITOS PARA APROBACIÓN Y RECHAZO DE LOS RESULTADOS

#### 12.1. Repetibilidad

Se aprueban los resultados de una muestra si la diferencia entre los resultados sucesivos y obtenidos por el mismo operario, con el mismo equipo, bajo condiciones de operación constantes, con dispositivos de medida de temperatura de ensayo idéntico, en la operación normal y correcta del método de ensayo es menor a: 3.9 °C.

#### 12.2. Reproducibilidad

La diferencia entre dos resultados de pruebas individuales e independientes, obtenidos por diferentes operadores que utilizan diferentes equipos en material de prueba idéntico, en el funcionamiento normal y correcto del método de prueba, no superará el valor de: 6.1 °C.

### 13. IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE ENSAYO NO CONFORME.

A continuación, se encuentra la identificación de errores que pueden darse durante la recepción de la muestra, la preparación del ensayo, la ejecución del ensayo, y el análisis de los datos, que pueden provocar el reporte de datos no confiables (trabajo de ensayo no conforme).

ERROR	CORRECCION	RESPONSABLE
No realizar calibraciones, mantenimientos y verificaciones periódicas al equipo.	Realizar la verificación del equipo con materiales de referencia estándar, si el equipo no registra el valor esperado solicitar el mantenimiento y calibración del equipo y colocar el equipo fuera de servicio hasta que estos servicios sean realizados. Cualquier muestra a trabajarse en este periodo de tiempo debe ser rechazada informando previamente al cliente por medio del Jefe de Laboratorio.	Analista del Laboratorio
Daño de partes o de la totalidad del equipo.	Si el daño afecta la operatividad y/o la confianza del equipo, solicitar el mantenimiento y calibración del equipo y colocar el equipo fuera de servicio hasta que estos servicios sean realizados. Cualquier muestra a trabajarse en este periodo de tiempo debe ser rechazada informando previamente al cliente por medio del Jefe de Laboratorio.	Analista del Laboratorio
Condiciones de almacenamiento para los materiales de referencia certificados y para la sustancia de control interno utilizada por el Laboratorio fuera de los límites establecidos en sus hojas de seguridad, fichas técnicas y certificados de análisis.	Realizar el procedimiento de ensayo con los materiales que hayan estado fuera de las condiciones ambientales requeridas y verificar si existe alguna desviación con resultados esperados y los valores registrados en los cuadros de control. En caso de existir descartar los materiales y solicitar la compra de nuevos materiales para las verificaciones del equipo.	Analista del Laboratorio
Realizar el ensayo con la el tubo de punto de fluidez sucio o con una limpieza realizada de forma inadecuada.	Limpiar el tubo de punto de fluidez y verificar que no tenga ninguna impureza ni residuos de muestras anteriores y que se encuentre totalmente seco y a temperatura ambiente antes de utilizarse.	Analista del Laboratorio

Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación pour point en lubricantes 8/9.

	<b>PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FLUIDEZ DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO (MÉTODO AUTOMÁTICO) DE ACUERDO CON NORMA ASTM D5950</b>
---	---

Punto de Fluidez del material de referencia y/o de la sustancia para el control interno del Laboratorio fuera de los límites permitidos.	Realizar nuevamente la verificación del equipo con materiales de referencia estándar nuevos, si el equipo no registra el valor esperado: <ul style="list-style-type: none"> <li>- solicitar el mantenimiento y calibración del equipo y colocar el equipo fuera de servicio hasta que estos servicios sean realizados.</li> <li>- Revisar todos los ensayos realizados entre intervalos de verificación del ensayo; y en caso de que se dude de la validez de los resultados obtenidos en estos:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>o Reprocesar las muestras</li> <li>o Informar al cliente que los datos suministrados no son conformes y que se emitirá un nuevo informe (en caso de que se pueda repetir la medición), si no informar al cliente que no es confiable la información.</li> </ul> </li> <li>- Cualquier muestra a trabajarse en este periodo de tiempo debe ser rechazada informando previamente al cliente por medio del Jefe de Laboratorio.</li> </ul>	Analista del Laboratorio
Ocurrencia de uno de los mensajes de error del equipo	Verificar en el manual del equipo.	Analista del Laboratorio
Puntos de fluidez fuera del rango establecido por la norma -66 °C y +51 °C	Informarle al cliente que no es posible reportarle un punto de fluidez y reportar que este está por debajo o por encima del rango de temperatura especificado dentro del alcance de la norma.	Analista del Laboratorio
Resultados que no cumplen el criterio de aprobación y rechazo del ensayo	Reprocesar las muestras. En caso de no obtenerse resultados repetibles solicitar mantenimiento y calibración del equipo.	Analista del Laboratorio

### 14. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

- Norma ASTM D5950 - 14: Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products (Automatic Tilt Method)
- Norma ASTM D97 - 17b: Test Method for Pour Point of Petroleum Products

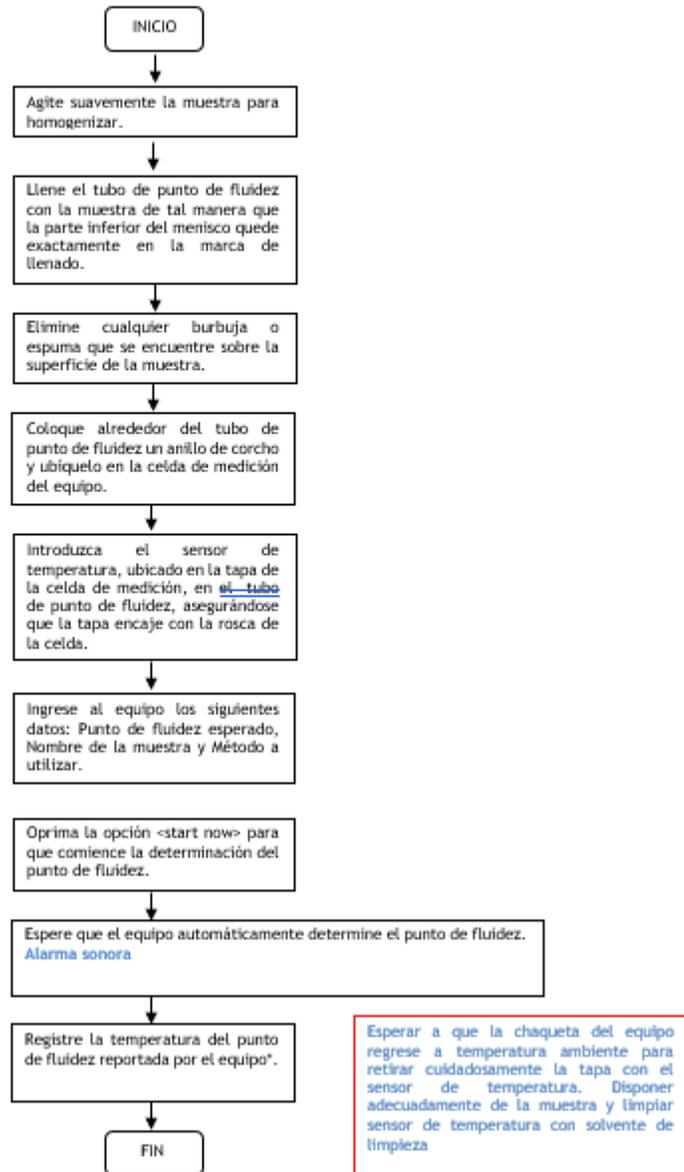
Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.

## Procedimiento determinación pour point en lubricantes 9/9.



### 15. ANEXOS

#### 15.1. Diagrama de Flujo



Fuente: Laboratorios Petrobras – sector lubricantes.